

**Permessi di prospezione
«d 1 B.P-.SP» e «d 1 F.P-.SP»**

Spectrum Geo Ltd.

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE**

SIA – Quadro di riferimento progettuale		SIA-PGT-001	Rev. 0
Elaborato: Ing. Federico Rossi	Data: 30-07-2011	Firma	
Verificato: Dott. Lanfranco Lodi	Data: 02-08-2011	Firma	
Approvato: David Rowlands	Data: 04-08-2011	Firma	

Indice

1. INTRODUZIONE	3
1.1 SCOPO E STRUTTURA DELLO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE	3
1.2 PROFILO DELLA SOCIETÀ PROPONENTE	4
1.3 INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO	7
1.4 OBIETTIVI E FINALITÀ DEL PROGETTO	10
2. QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE.....	19
2.1 MOTIVAZIONI DEL PROGETTO.....	19
2.2 STRUTTURA DEL PROGETTO	20
2.3 SCOPO DEL PROGETTO DI PROSPEZIONE GEOFISICA.....	25
2.4 CENNI SUL METODO DELLA SISMICA A RIFLESSIONE.....	25
2.5 METODOLOGIA DI INDAGINE.....	28
2.5.1 SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE CON AIR GUN	28
2.5.2 APPARATO DI ASCOLTO (IDROFONI - STREAMER)	35
2.6 ALTERNATIVE DI PROGETTO	38
2.6.1 ALTERNATIVE DI LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO.....	38
2.6.2 ALTERNATIVE DELLA TECNICA UTILIZZATA	39
2.6.3 ALTERNATIVE DELLA SORGENTE DI ENERGIA.....	39
2.7 PROGRAMMA DI ACQUISIZIONE SISMICA	42
2.8 PARAMETRI DI ACQUISIZIONE	52
2.8.1 PARAMETRI OPERATIVI PER IL PERMESSO DI PROSPEZIONE D 1 B.P-.SP.....	55
2.8.2 DIRETTIVITÀ DELLE CATENARIE - ARRAY CON 16 GUNS	59
2.8.3 PARAMETRI OPERATIVI PER IL PERMESSO DI PROSPEZIONE D 1 F.P-.SP.....	61
2.8.4 DIRETTIVITÀ DELLE CATENARIE - ARRAY CON 30 GUNS	67
2.9 CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ	69
2.10 PRINCIPALI IMPATTI ATTESI.....	71
2.11 MISURE DI MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI	72
2.11.1 LINEE GUIDA	72
2.11.2 LE PROCEDURE AMBIENTALI DELLA SPECTRUM	75
2.11.3 MISURE DI MITIGAZIONE ADOTTATE IN FASE DI PROGETTO.....	76
BIBLIOGRAFIA	79

ELABORATI CARTOGRAFICI

- Tav. 1 - Inquadramento generale delle aree di progetto - Scala 1:3.500.000
- Tav. 2 - Aree naturali protette marino-costiere. Permessi di prospezione "d 1 B.P-.SP" - Scala 1:1.000.000
- Tav. 3 - Aree naturali protette marino-costiere. Permessi di prospezione "d 1 FP-.SP" - Scala 1:1.000.000
- Tav. 4 - Riserva naturale marina "Isole Tremiti" - Scala 1:500.000
- Tav. 5 - Zone di Tutela Biologica istituite ai sensi della Legge 963/1965 - Scala 1:2.500.000
- Tav. 6 - Permessi di prospezione "d 1 B.P-.SP". Piano di posizione delle linee sismiche - Scala 1:1.000.000
- Tav. 7 - Permessi di prospezione "d 1 F.P-.SP". Piano di posizione delle linee sismiche - Scala 1:1.000.000

1. Introduzione

1.1 Scopo e struttura dello Studio di Impatto Ambientale

Il presente documento costituisce il Quadro di riferimento Progettuale dello Studio di Impatto Ambientale del Progetto "Permessi di prospezione d 1 B.P-.SP e d 1 F.P-.SP" proposto dalla Società Spectrum Geo Ltd. redatto ai sensi dell'art. 22 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. ed allegato all'istanza di VIA presentata al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Nelle more dell'emanazione di nuove norme tecniche in materia di valutazione ambientale, il presente documento è stato predisposto secondo quanto previsto dal DPCM 27.12.1988 recante norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale, tutt'ora in vigore ai sensi dell' art. 34, comma 1 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i..

Il Quadro di riferimento Progettuale descrive il progetto, le motivazioni alla base dell'iniziativa proposta e delle scelte progettuali adottate, i mezzi, le modalità operative, le risorse utilizzate, la tempistica, le misure e gli interventi, siano essi di natura strutturale o non strutturale (gestionale) previsti per mitigare e/o compensare gli eventuali squilibri indotti sull'ambiente.

Per consentire un efficace riscontro con quanto documentato nello Studio di Impatto Ambientale il testo è corredato dai riferimenti bibliografici utilizzati per la trattazione degli aspetti tecnici.

A corredo dello Studio di Impatto Ambientale sono state realizzate cartografie tematiche di inquadramento e di dettaglio su alcuni specifici aspetti elaborate in ambiente GIS utilizzando dati vettoriali prodotti dalla Società SPECTRUM (dati di progetto) e resi disponibili dalle competenti Autorità centrali (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione per la Protezione della Natura, Geoportale Nazionale, Ministero dello Sviluppo Economico); alcuni dati, non disponibili in formato vettoriale, sono stati elaborati in base a fonti ufficiali (decreti e altri atti normativi di settore).

1.2 Profilo della società proponente

La società Spectrum Geo Limited (Gruppo Spectrum ASA) svolge attività di servizi geofisici da oltre 25 anni ed è una delle maggiori società contrattiste internazionali che operano in mare per l'acquisizione, il trattamento e l'interpretazione di dati geofisici. La società si propone come un fornitore di servizi Multi-Client di livello mondiale, specializzato nell'elaborazione e l'interpretazione di dati geofisici in aree geologicamente complesse e caratterizzate da un basso responso sismico¹.

Gli uffici principali si trovano a Woking, nel Surrey (Regno Unito) a sud ovest di Londra e a Oslo in Norvegia dove, dal 2008, il Gruppo Spectrum ASA è quotato alla borsa locale (Oslo Axess Stock Exchange).

Nel resto del mondo, il Gruppo Spectrum è inoltre presente con i suoi uffici operativi al Cairo in Egitto, a Houston in USA, a Pechino in China, a Jakarta in Indonesia, a Perth in Australia ed a Singapore.

La Spectrum fornisce servizi di Seismic Imaging, di Marine Acquisition e Multi – Client per l'industria petrolifera in generale e per istituti di ricerca pubblici e privati.

*Seismic Imaging*²

La definizione "Seismic Imaging" può essere tradotta in italiano con "resa dell'immagine sismica". Ossia, il processo di elaborazione dei dati (Processing) attraverso l'uso di moderni programmi e tecniche di trattamento al fine di produrre "un'immagine sismica" di qualità del sottosuolo interessato dal rilievo sismico, anche se relativo ad aree caratterizzate da un responso sismico di bassa qualità.

Queste attività sono svolte dai geofisici della Spectrum, i quali elaborano presso i propri centri di calcolo in UK e presso tutte le sedi periferiche, dati sismici registrati in 2 e 3 dimensioni (2D e 3D) provenienti da tutte le aree del mondo, sia a terra che in mare, utilizzando tecniche di processing moderne e innovative, applicabili sia a dati nel dominio dei tempi che in quello delle profondità.

¹ <http://www.spectrumasa.com/about/corporate-vision-mission>

² <http://www.spectrumasa.com/services/seismic-imaging>

Marine Acquisition³

Il servizio di acquisizione marina comprende l'esecuzione di campagne di registrazione di dati geofisici marini in 2D e 3D attraverso l'impiego della nave di cui Spectrum è proprietaria, la GGS Atlantic. Questo mezzo navale di 52 m di lunghezza e 12,5 m di larghezza per una stazza lorda pari a 1151 GT (Gross Tonnage), è progettato per operare in sicurezza in tutti i mari del globo.

La GGS Atlantic, ha registrato dati di alta qualità in campagne eseguite per diversi clienti nelle acque di Trinidad e Tobago, Colombia, Golfo del Messico, India, Africa orientale e Medio Oriente.

Multi-Client⁴

I servizi Multi-Client si distinguono per avere un carattere di non esclusività, ossia sono realizzati sulla base di un progetto elaborato dalla Spectrum per la valorizzazione di nuovi bacini sedimentari o la rivalutazione di bacini sedimentari già oggetto di attività di ricerca e produzione di idrocarburi al fine di essere quindi resi disponibili ai clienti interessati.

In generale, i servizi Multi-Client comprendono diverse fasi che vanno dalla rielaborazione di dati geofisici eventualmente preesistenti (reprocessing), all'acquisizione di nuovi dati geofisici e relativa elaborazione, fino all'interpretazione dei dati geofisici e geologici, eseguita da esperti geofisici e tecnologi, per la predisposizione di rapporti geologico-strutturali finalizzati alla valutazione del potenziale geo-minerario di determinate aree o bacini, ubicati sia in terra che a mare.

Destinatari di questi studi di carattere non esclusivo, sono soprattutto le compagnie petrolifere. In molte parti del mondo tuttavia, il dipartimento Multi-Client della Spectrum ha spesso prestato i suoi servizi anche a Governi e Istituzioni locali, per la predisposizione di rapporti integrati e di materiale tecnico-scientifico divulgativo finalizzato alla promozione e alla valorizzazione delle potenziali risorse di idrocarburi.

³ <http://www.spectrumasa.com/services/marine-acquisition>

⁴ <http://www.spectrumasa.com/data/multi-client-case-studies>

L'esecuzione della campagna di prospezioni geofisiche prevista a seguito del rilascio dei permessi di prospezione in oggetto, rientra nell'ambito dei progetti "Multi-Client" che Spectrum intende fornire principalmente agli operatori petroliferi interessati o comunque a tutte le aziende o istituti di ricerca potenzialmente interessati ad acquisire la disponibilità di uno studio geologico di area vasta, eseguito utilizzando moderne tecniche di acquisizione e di trattamento dei dati e di avanzate tecnologie per l'interpretazione dei dati acquisiti.

Esperienza nel campo della prospezione geofisica marina

Riguardo le attività condotte dalla Spectrum nell'ambito dell'acquisizione di campagne geofisiche in mare con l'utilizzo del metodo della sismica a riflessione, si riporta di seguito l'elenco delle campagne di indagine più importanti condotti nel mondo⁵.

- Africa:
 - Angola - AN-75
 - Mauritania - S72/S73
 - Nigeria
- Asia-Pacifico:
 - Ashmore North PSTM Repro 2008
 - B1 85 PSTM Repro 2007
 - Central Bonaparte PSTM Repro 2008
 - East Dampier 2010
 - Fitzroy PSTM Repro 2007
 - Leveque PSTM Repro 2008
 - NWSR PSTM Repro 2009
 - Outershelf 2010
 - Petrel PSTM Repro 2008
 - Revive 2010
 - SWExmouth PSTM Repro 2008
 - West Bonaparte PSTM repro 2006
 - West Exmouth PSTM Repro 2010
- Isole Falkland:
 - South Atlantic Infill - FALK -95
 - Falkland SWAT-97
 - Falkland Regional - FALK-0x
- Groenlandia:
 - West Greenland - 1991
- Mediterraneo orientale:

⁵ <http://www.spectrumasa.com/data/multi-client-data-library>

- East Mediterranean - GL-93
- East Mediterranean - Leb-02
- Regional 75
- East Mediterranean 2000
- Mediterraneo occidentale:
 - West Mediterranean - Mid 70
 - West Mediterranean - SP-BAL01
- Nord America - Costa atlantica:
 - US Atlantic Coast – USGS
 - US Atlantic East Coast – MMS
- Nord America - Golfo del Messico:
 - Big Wave Gulf of Mexico Phase 1
 - US GOM MMS 2009
 - Big Wave Gulf of Mexico Phase 2
 - Big Wave Gulf of Mexico Phase 4
 - GOM Phase 2 Well Tie
- Norvegia e Islanda:
 - North Voering Basin and Norland Repo
 - Iceland, Dreki Area and Jan Mayen Repo
- Sud America:
 - Brazil - ESP/CMP 2000
 - Bahamas 2D
 - Trinidad and Tobago
- Asia meridionale:
 - Pakistan 1 – 1999
 - West Coast India - WC-2K2
 - Andaman Island 2010
- Regno Unito e Irlanda:
 - North Irish Rockall - INROCK-98
 - Porcupine Basin - PORC 97
 - Rockall Trough - NWUK95
 - Quad 9 - SG-88
 - West Shetland
 - South Irish Rockall - ISROCK-96
 - Liverpool/Colwyn Bay
 - Northern UK - NUK-98
 - Fourth Approaches - FA-91

1.3 Inquadramento generale del progetto

Il progetto si inquadra nelle attività previste nel Programma dei Lavori che il soggetto richiedente il rilascio di un titolo minerario da parte del Ministero dello

Sviluppo Economico (MSE) presenta in allegato all'atto della sottomissione dell'istanza di permesso.

Nel caso specifico, la società Spectrum, azienda che svolge attività di servizi geofisici principalmente per le compagnie petrolifere, ha sottoposto al MSE due istanze di Permesso di Prospezione, denominate «d 1 B.P-.SP» e «d 1 F.P-.SP», ubicate nel Mare Adriatico centrale e meridionale (Figura 1.1). Il programma dei lavori allegato a dette istanze, prevede esclusivamente l'esecuzione di rilevamenti geofisici mediante sismica a riflessione di tipo 2D.



Figura 1.1 – Localizzazione dei permessi di prospezione «d 1 B.P-.SP» e «d 1 F.P-.SP»

Le istanze di permesso di prospezione, presentate dalla Spectrum in data 11 gennaio 2011 secondo le norme vigenti in materia di rilascio di titoli minerari, sono

state pubblicate sul Bollettino Ufficiale degli Idrocarburi e delle Georisorse (BUIG) - Anno LV N. 2 del 28 Febbraio 2011⁶.

Come descritto più approfonditamente nel seguito, il permesso di prospezione rilasciato dal MSE si caratterizza per i seguenti aspetti:

- ha carattere non esclusivo, ossia i permessi di prospezione si possono estendere anche su aree per le quali sono già stati rilasciati titoli minerari;
- ha la durata di un anno entro il quale la società richiedente (la Spectrum nel caso in oggetto) deve realizzare il programma dei lavori;
- consente esclusivamente l'esecuzione di rilievi o studi geologici, geochimici e geofisici (quali quelli proposti dalla società Spectrum) ma non prevede, in nessun caso, la perforazione di pozzi, né finalizzati alla ricerca di idrocarburi né ad altro titolo identificabili;
- in nessun caso l'attribuzione dei permessi di prospezione può costituirsi quale titolo preferenziale ai fini di un'eventuale assegnazione delle medesime aree per scopi di ricerca di idrocarburi. E' opportuno sottolineare comunque che la ricerca di idrocarburi non rientra nei campi di attività della Spectrum.

Il progetto proposto ha carattere temporaneo, con una durata delle attività stimata in circa 3,5 mesi e non prevede la realizzazione di alcun manufatto sia a terra che in mare, permanente o temporaneo. Terminati i rilievi geofisici, la nave che ha compiuto le indagini procederà per altre destinazioni senza lasciare, né sul fondo del mare né in acqua, alcuna strumentazione, oggetto o altro manufatto.

Inoltre, le attività che la Spectrum intende condurre prevedono l'utilizzo di strumentazione posta a pochi metri al disotto della superficie del mare, senza che questa entri mai in contatto con il fondo marino.

Le aree comprese nelle istanze dei permessi di prospezione presentate dalla Spectrum sono pari rispettivamente a 14.128 Km² e 16.169 Km².

Dette aree si estendono interamente all'esterno delle zone di tutela dell'ambiente marino delimitate sulla base delle restrizioni alle attività di ricerca e coltivazione di idrocarburi imposte dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

⁶ <http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/unmig/buig/55-2/55-2.pdf>

La società Spectrum ha presentato istanza di avvio della procedura di Valutazione dell'Impatto Ambientale in quanto il progetto è compreso nell'Allegato II alla Parte Seconda del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. che, al punto 7), individua tra i progetti di competenza statale da assoggettare VIA le attività di "*Prospezione, ricerca e coltivazione di idrocarburi in mare*"; tale adempimento è espressamente richiamato anche dal MSE nell'ambito della notifica dell'istanza pubblicata sul BUIG (Anno LV N. 2 del 28 Febbraio 2011).

1.4 Obiettivi e finalità del progetto

Il progetto proposto dalla Spectrum e oggetto della presente procedura di VIA si propone come obiettivo l'esecuzione del Programma Lavori allegato alle istanze di permesso di prospezione denominate «d 1 B.P-.SP» e «d 1 F.P-.SP» presentate al competente Ministero dello Sviluppo Economico.

Il programma dei lavori prevede la registrazione di profili geofisici con la tecnica della sismica a riflessione 2D, per complessivi 8134 km di profili sismici.

L'area di progetto è compresa nei confini dei permessi di prospezione «d 1 B.P-.SP» e «d 1 F.P-.SP» ubicati rispettivamente nel Mare Adriatico centrale e meridionale (vedi Figura 1.2 e Figura 1.3).

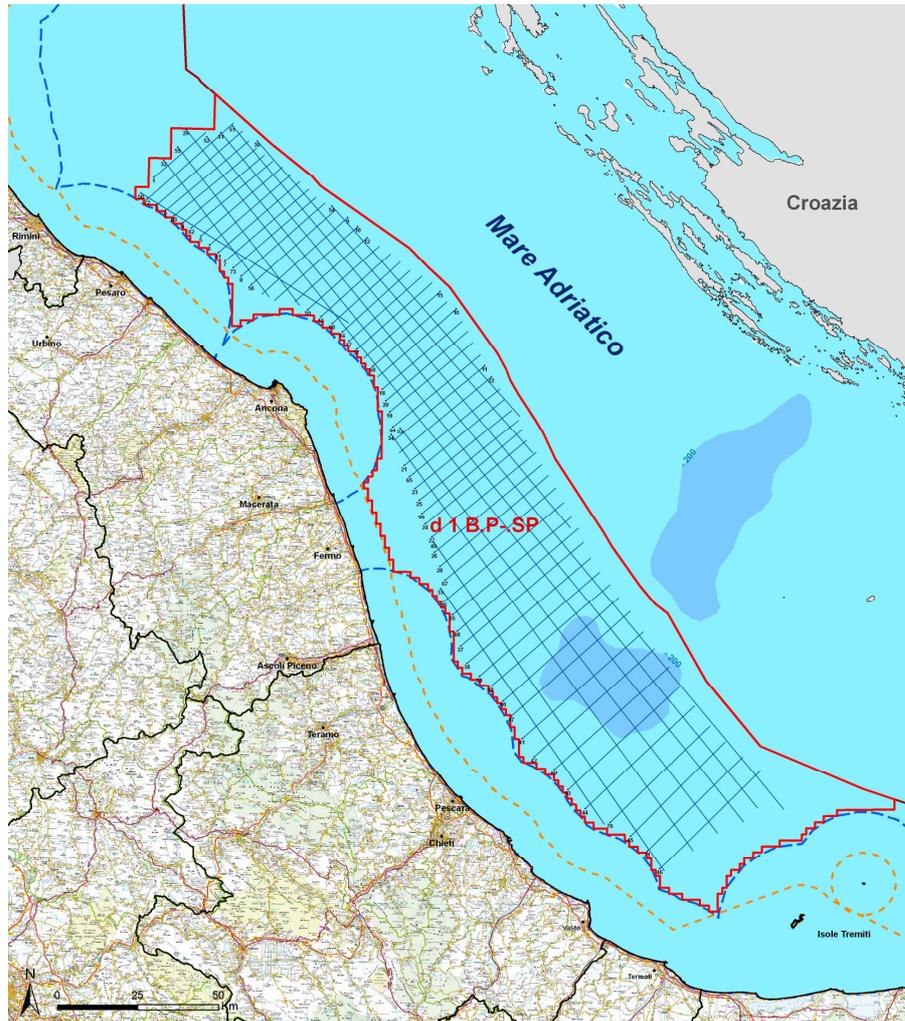


Figura 1.2 – Permesso di prospezione «d 1 B.P-.SP» - Carta di posizione e programma sismico

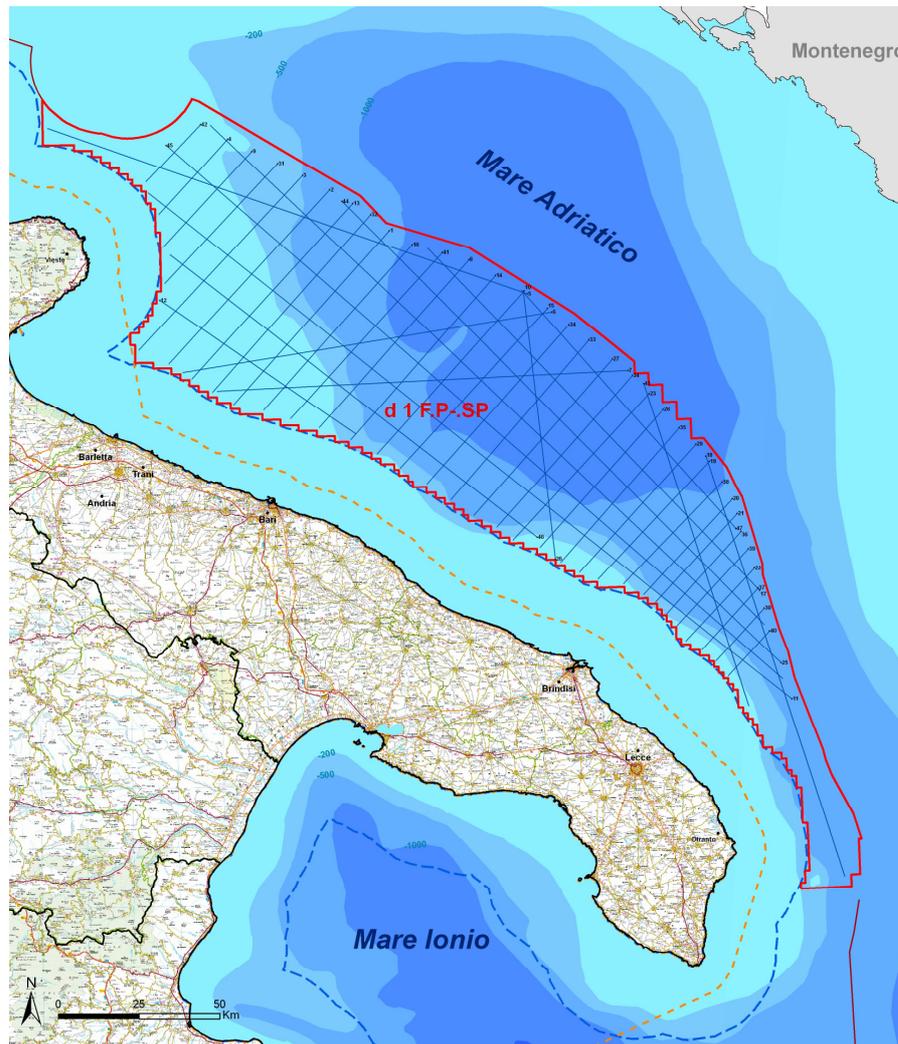


Figura 1.3 – Permesso di Prospezione «d 1 F.P.-SP»- Carta di posizione e programma sismico

Oltre alla fase di acquisizione di dati di sottosuolo attraverso l'impiego di metodi geofisici, il progetto "Multi Client Adriatico" è completato da una serie di altre attività che sono svolte interamente presso i centri di calcolo e gli uffici della Spectrum i quali, pur costituendosi quali attività connesse alla registrazione dei dati geofisici, in quanto competenti all'elaborazione ed alla interpretazione degli stessi, non prevedono l'esecuzione di alcuna ulteriore attività di campagna e pertanto sono esclusi dalle attività oggetto della procedura di VIA.

Il progetto di acquisizione geofisica costituisce quindi solo la fase operativa di un progetto più ampio con il quale la società Spectrum intende procedere alla realizzazione di un studio geologico-strutturale finalizzato a valorizzare il potenziale geo-minerario della zona adriatica centrale e meridionale.

Di seguito sono indicate le varie fasi dell'intero progetto "Multi Client Adriatico" secondo la sequenza con la quale queste sono state o saranno sviluppate:

- rielaborazione (reprocessing) dei dati geofisici preesistenti;
- definizione dei nuovi parametri di acquisizione per l'esecuzione della campagna sismica;
- esecuzione della campagna registrazione dei dati sismici;
- elaborazione (processing) dei nuovi dati registrati;
- interpretazione integrata dei dati geofisici, geologici e di sottosuolo;
- elaborazione di un rapporto sul potenziale geo-minerario dell'area oggetto di studio.

Finalità distintive del progetto: la scala di indagine

Con l'esecuzione del programma di rilievi geofisici con il metodo della sismica a riflessione, la società Spectrum intende acquisire dati geofisici a carattere regionale, di alta qualità e registrati con tecnologia moderna, destinati a integrare o sostituire la banca dati esistente costituita essenzialmente dai dati geofisici acquisiti negli anni '70 e '80 attraverso le cosiddette campagne di "sismica riconoscitiva"⁷ condotte dall'Agip per conto dell'allora Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato (oggi Ministero dello Sviluppo Economico).

Inoltre, i dati acquisiti dalla Spectrum potranno integrare i dati geofisici esistenti, registrati nel corso degli anni dalle diverse compagnie petrolifere nell'ambito dei programmi di ricerca di idrocarburi condotti nelle medesime aree oggi interessate dalle istanze di permesso di prospezione presentate dalla Spectrum.

Il programma di acquisizione sismica proposto dalla Spectrum non si propone tuttavia come un progetto destinato a realizzare una replicazione di dati acquisiti e già disponibili all'industria petrolifera, ma intende proporsi come un nuovo progetto caratterizzato da diversi aspetti innovativi legati soprattutto ai seguenti elementi principali:

- il carattere regionale della prospezione geofisica;

⁷ <http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/videpi/sismica/zone.asp?zona=ZB>
<http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/videpi/sismica/zone.asp?zona=ZF>

- l'adozione delle più moderne tecniche di acquisizione di dati geofisici;
- l'impiego di tecnologie innovative per l'elaborazione dei dati geofisici.

Tali requisiti rendono il progetto proposto un prodotto di alta qualità, in grado di fornire nuovi e importanti elementi di conoscenza soprattutto per quanto riguarda direttamente l'assetto geologico-strutturale delle zone del Mare Adriatico centrale e meridionale ed, indirettamente, su tutta la zona adriatica.

Oltre ad adottare le tecnologie più moderne ed avanzate per la registrazione e il trattamento dei dati geofisici, la scelta di eseguire una campagna di indagine geologica concepita su una scala regionale costituisce l'aspetto più qualificante del progetto in grado di differenziare tale progetto dalle analoghe attività condotte a più piccola scala dalle compagnie petrolifere in regime di permesso di esplorazione per la ricerca di idrocarburi.

La scala regionale consente infatti di effettuare uno studio conoscitivo mediante l'esecuzione di profili sismici destinati all'individuazione di strutture geologiche su macroscale. A tale scopo il programma di acquisizione è progettato su una maglia di dimensioni medie pari a 7 km x 10 km, in maniera tale da ottenere il massimo dettaglio mediante l'esecuzione del minor numero di linee sismiche.

Finalità distintive del progetto: utilizzazione dei dati di sismici a fini scientifici

Oltre alla finalità dei servizi offerti all'industria petrolifera, è tuttavia opportuno rilevare come nell'ambito degli studi geofisici in generale, la sismica a riflessione costituisce una disciplina altrettanto fondamentale nello sviluppo delle conoscenze nel campo delle scienze della terra.

In Italia, infatti, negli ultimi 30 anni l'utilizzo sistematico anche ai fini della ricerca scientifica dei dati di sismica a riflessione registrati ai fini delle attività di ricerca e produzione di idrocarburi, si è progressivamente diffuso presso le Università e gli Enti ed Istituti di ricerca i quali, attraverso l'impiego dei dati resi pubblici dalle compagnie petrolifere in base a quanto previsto dalle norme o attraverso l'attuazione di specifici accordi, convenzioni o progetti di cooperazione stipulati con le stesse società, si sono potuti avvalere per i propri programmi scientifici e di ricerca in alcuni settori della geologia, dell'uso dei dati geofisici acquisiti dall'industria petrolifera,

nonché del know-how da questa maturato nel campo dell'acquisizione dei dati, della loro elaborazione ed interpretazione integrata.

L'uso di tale metodo d'indagine a fini scientifici si è sviluppato al tal punto che lo stesso mondo accademico, spesso in collaborazione con le maggiori aziende energetiche nazionali, ha avviato alcuni progetti di ricerca che hanno previsto l'acquisizione di linee sismiche 2D.

Tra questi progetti, uno dei più importanti è senz'altro il progetto CROP⁸ (Progetto CROsta Profonda) realizzato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche. Il progetto si è sviluppato con l'esecuzione, l'elaborazione e l'interpretazione di profili sismici a riflessione in terra (circa 1250 km) e in mare (circa 8700 km) che ora sono depositati presso il centro dati creato nella sede di Bologna dell'Istituto di Scienze Marine ISMAR-CNR (Figura 1.4).

Attraverso tale progetto è stata resa possibile l'interazione fra il mondo industriale, pubblico e privato, e la comunità scientifica ed è stato prodotto un ingente patrimonio di dati che hanno consentito all'Italia di inserirsi nella comunità scientifica internazionale impegnata nello studio sistematico della crosta profonda.

⁸ Il Progetto CROsta Profonda, è iniziato nel 1985 come progetto strategico del Consiglio Nazionale delle Ricerche. A partire dal 1989 è stata sottoscritta una convenzione tra AGIP, CNR ed ENEL per la sua realizzazione.

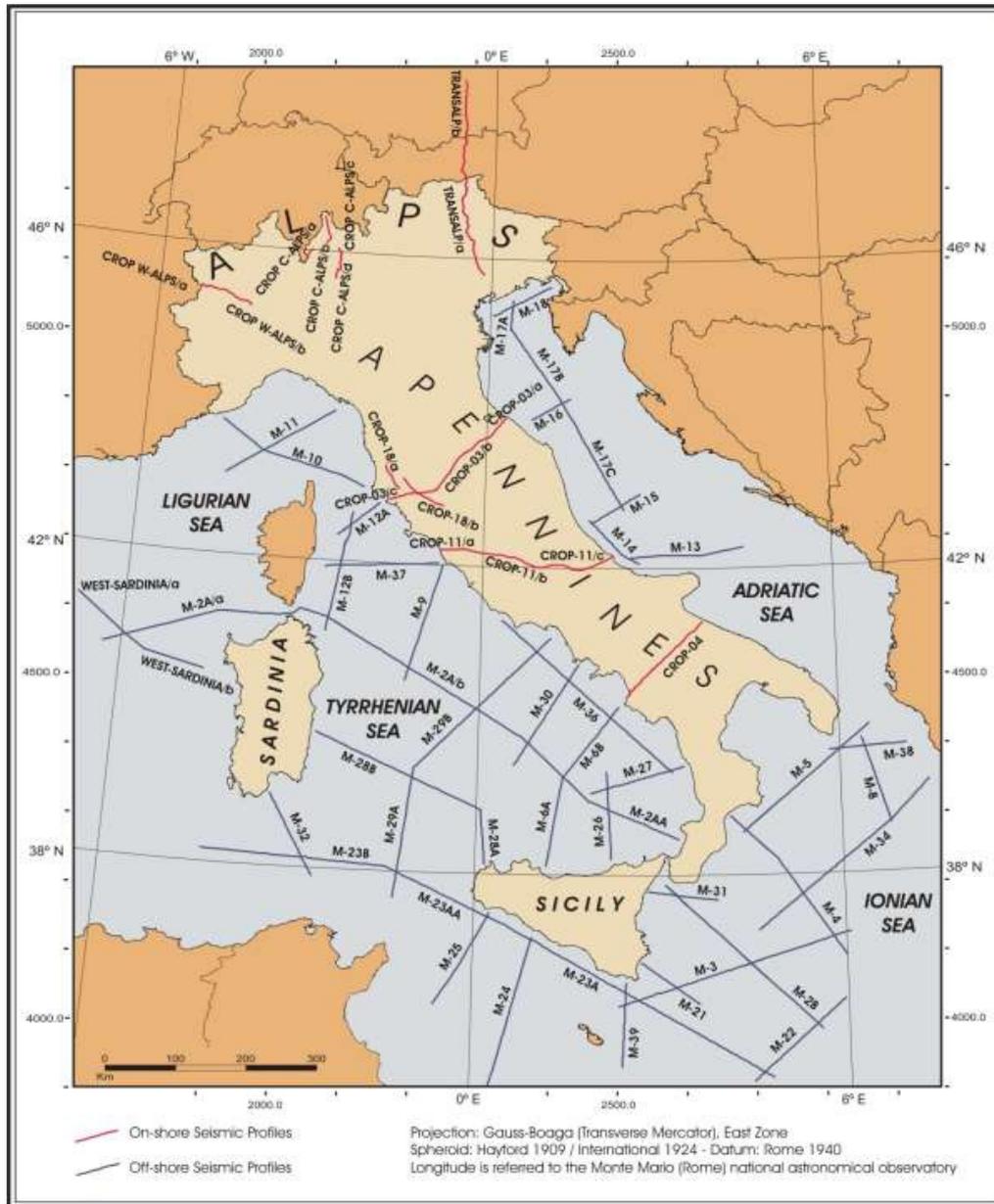


Figura 1.4 – Profili sismici a riflessione effettuati con il Progetto CROP.
 Fonte: Progetto CROP <http://www.crop.cnr.it/>

Attualmente il progetto si trova in avvio di una nuova fase (CROP 2)⁹, destinata alla valorizzazione e diffusione dei dati acquisiti, al completamento dell'interpretazione dei dati sismici e alla promozione di eventuali nuove acquisizioni in aree chiave del territorio italiano.

Gran parte dell'acquisizione dei dati CROP e buona parte dell'elaborazione sono state svolte dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale – OGS di Trieste il quale possiede una nave da ricerca attrezzata con strumentazione per

⁹ <http://www.crop.cnr.it/>

l'esecuzione di rilievi di sismica a riflessione multicanale¹⁰, analoghi a quelli del progetto proposto, con la quale esegue campagne di acquisizione sismica finalizzate a soli scopi scientifici¹¹.

In ambito universitario, lo studio dei criteri e delle tecniche per l'interpretazione dei dati di sismica a riflessione, così come lo studio delle tecniche di acquisizione e di elaborazione dei dati, si è consolidato quale uno degli insegnamenti più importanti nei corsi di laurea in scienze geologiche di molte università italiane come quella di Pisa¹², di Roma 3, Roma La sapienza, Napoli, Milano, etc., riconoscendo quindi al metodo geofisico basato sulla sismica a riflessione, una notevole importanza nel campo della geologia strutturale, stratigrafia, della sedimentologia e di molte altre discipline afferenti al campo delle scienze della terra.

Pubblicità dei dati

Il progetto della Spectrum si inserisce quindi a pieno diritto anche nel campo delle finalità scientifiche in quanto, è opportuno ricordare che l'osservanza delle norme attualmente vigenti in materia di pubblicità dei dati¹³ prevedono che la Spectrum renda pubblici i dati geofisici raccolti attraverso la consegna all' UNMIG del Ministero dello Sviluppo Economico, dopo un anno dalla data di scadenza del permesso di prospezione.

I dati che la Spectrum metterà a disposizione del Ministero dello Sviluppo Economico, e quindi della comunità scientifica interessata, saranno accessibili via web attraverso il Progetto VIDEPI, Visibilità Dati Esplorazione Petrolifera in Italia¹⁴.

In oltre mezzo secolo di attività di registrazione di dati sismici si è venuta pertanto a costituire una significativa banca dati del sottosuolo nazionale utilizzabile sia ai fini della ricerca scientifica che per scopi minerari. La banca dati del Progetto VIDEPI, realizzato mediante la collaborazione tra la Società Geologica Italiana, il Ministero dello Sviluppo Economico e l'Assomineraria, comprende i dati geologici e geofisici acquisiti dalle compagnie petrolifere durante i periodi di vigenza dei titoli minerari, depositati presso l'UNMIG a partire dal 1957. Nella Figura 1.5 è riportato il piano di

¹⁰<http://www.ogs.trieste.it/Show/ShowDepartment/DataDepartment.aspx?IdUniversity=2&IdDepartment=15&Action=Data&FromAction=ListShow&IdLanguage=1>

¹¹<http://www.ogs.trieste.it/show/ShowMenu/ShowEditorPage.aspx?IdMenuItem=54&IdLanguage=1&IdUniversity=2&IdDepartment=15>

¹² <http://www.dst.unipi.it/gea/>

¹³ D.Lgs. 164/2000

¹⁴ <http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/videpi/>

posizione delle linee sismiche i cui dati sono ad oggi disponibili via web tramite il Progetto VIDEPI.



Figura 1.5 - Cartografia ufficiale del Progetto ViDEPI
Fonte: SGI-MSE

2. Quadro di Riferimento Progettuale

2.1 Motivazioni del progetto

Come illustrato nel capitolo introduttivo, il programma di prospezione geofisica che la Spectrum intende svolgere e per il quale ha presentato istanza al Ministero dello Sviluppo Economico per il rilascio di due permessi di prospezione oggetto del presente Studio di Impatto Ambientale, costituisce una fase di un progetto di studio geologico più ampio denominato "*Progetto Multi-Client Adriatico*", le cui attività non sono soggette alla procedura di VIA in quanto consistono esclusivamente in elaborazioni di dati.

Il progetto complessivo che la Società Spectrum ha intrapreso in Adriatico è un progetto di tipo Multi Client, cioè a carattere non esclusivo, il cui prodotto finale è uno studio finalizzato a fornire un quadro aggiornato dell'assetto geologico-strutturale e del potenziale in idrocarburi, sia liquidi che gassosi dei settori centrale e meridionale del Mare Adriatico. La Spectrum, completate tutte le fasi del progetto (descritte nel seguito), fornirà i risultati dello studio ai clienti interessati.

L'esigenza di richiedere il rilascio dei permessi di prospezione, e quindi di intraprendere una campagna di prospezione geofisica con la tecnica della sismica a riflessione, trova spunto nella necessità di sviluppare un proprio studio geologico dell'Adriatico per la valutazione del suo potenziale geo-minerario, sulla base di dati aggiornati e di qualità. Va infatti evidenziato che il grado di qualità dei dati sismici rappresenta l'elemento fondamentale per l'ottenimento di uno studio i cui risultati possono essere considerati attendibili e affidabili, in grado cioè di ridurre il grado di incertezza, e quindi di rischio di insuccesso, nella definizione di nuovi eventuali programmi di esplorazione del sottosuolo adriatico.

L'elemento di base, fondamentale per l'esecuzione di uno studio come quello intrapreso da Spectrum è costituito quindi dalla disponibilità di un database di profili sismici a riflessione (sismica 2D), registrato utilizzando le migliori tecnologie disponibili lungo tracciati disposti secondo una maglia regolare, calibrata in maniera tale da combinare il massimo dettaglio dell'informazione con la necessità di operare ad una scala regionale.

Per eseguire un nuovo studio geologico che dia nuove informazioni di dettaglio sull'assetto tettonico-strutturale e stratigrafico del bacino Adriatico centrale e meridionale secondo una visione d'insieme mai ottenuta prima è indispensabile che i dati sismici disponibili siano della migliore qualità possibile e omogenei, registrati quindi in un'unica campagna, attraverso l'impiego delle tecniche più aggiornate disponibili sul mercato.

I dati di simica 2D a carattere regionale ad oggi disponibili, sono tuttavia riconducibili alle sole campagne registrate a tale scopo negli anni 70 dall'Agip per conto dell'ex Ministero dell'Industria e dell'Artigianato; la qualità di questi dati sismici, registrati su una maglia molto più larga (almeno il triplo) di quella del progetto Spectrum, risente necessariamente dei limiti tecnologici sia della strumentazione utilizzata all'epoca che dei relativi parametri di acquisizione adottati, rendendo di fatto questi dati non utilizzabili ai fini del livello di approfondimento e di dettaglio che la Spectrum intende utilizzare per il suo studio.

Anche le campagne sismiche registrate negli anni successivi dalle compagnie petrolifere che hanno operato nella medesima area non possono essere utilizzate allo scopo essenzialmente per due motivi principali: il primo perché la copertura a "macchia di leopardo" determinata dalla scala di indagine più piccola che caratterizza le campagne geofisiche eseguite a livello di singolo permesso di ricerca di idrocarburi lascia scoperte intere zone delle aree in studio, non consentendo quindi di avere una copertura sismica regolare, e il secondo per il fatto che per l'esecuzione di tali rilievi geofisici, di proprietà delle compagnie petrolifere che le hanno registrate, sono state adottate diverse tecniche di acquisizione e diversi parametri di registrazione, rendendo di fatto non efficace un lavoro condotto su dati non omogenei e quindi non confrontabili tra loro.

2.2 Struttura del progetto

In questo paragrafo sono descritte le diverse fasi del Progetto Multi-Client Adriatico di cui fa parte la fase corrispondente all'esecuzione della campagna di prospezione sismica sui permessi d 1 B.P-.SP e d 1 F.P-.SP, unica delle fasi del progetto Multi-Client Adriatico nel seguito descritte ad essere oggetto di valutazione nell'ambito della presente procedura di VIA.

L'intero progetto portato avanti dalla Società Spectrum si compone dunque delle seguenti 6 fasi, riportate nell'ordine in cui vengono svolte:

Tabella 2.1.: Fasi e stato di attuazione

FASE		STATO DI ATTUAZIONE
1	Rielaborazione (Reprocessing) dei dati geofisici preesistenti	<i>Completata</i>
2	Definizione dei nuovi parametri di acquisizione per l'esecuzione della campagna sismica	<i>Completata</i>
3	Esecuzione della campagna di rilievi geofisici 2D sui permessi di prospezione d 1 B.P-.SP e d 1 F.P-.SP	<i>Oggetto della presente procedura di VIA</i>
4	Elaborazione (Processing) dei nuovi dati registrati	<i>Da eseguire</i>
5	Interpretazione integrata dei dati geofisici, geologici e di sottosuolo	<i>Da eseguire</i>
6	Elaborazione di un rapporto sul potenziale geo-minerario dell'area oggetto di studio	<i>Da eseguire</i>

Considerato che la fase n.3 è oggetto del presente documento e perciò ampiamente descritta nei successivi capitoli, per completezza viene di seguito fornita una breve descrizione delle altre fasi del progetto che sono svolte interamente negli uffici della Spectrum e non fanno parte, in nessun caso, delle attività di progetto oggetto della presente procedura di VIA.

1. Rielaborazione (Reprocessing) dei dati geofisici preesistenti

Nei mesi precedenti la presentazione delle istanze di permesso di prospezione, la Spectrum ha eseguito la rielaborazione (reprocessing) dei dati geofisici costituenti la cosiddetta "Sismica riconoscitiva" costituita dai profili sismici (o linee sismiche) registrate dall'Agip negli anni '70 ed '80, per conto dell'allora competente Ministero dell'Industria per il Commercio e l'Artigianato.

La rielaborazione di questi dati è stata effettuata attraverso l'impiego di moderne tecniche di trattamento dati al fine di migliorare la qualità complessiva del dato geofisico. Tale miglioramento si manifesta attraverso l'ottenimento di un'immagine sismica del sottosuolo più chiara, contribuendo con ciò a renderne più affidabile la loro interpretazione (vedi Figura 2.1).

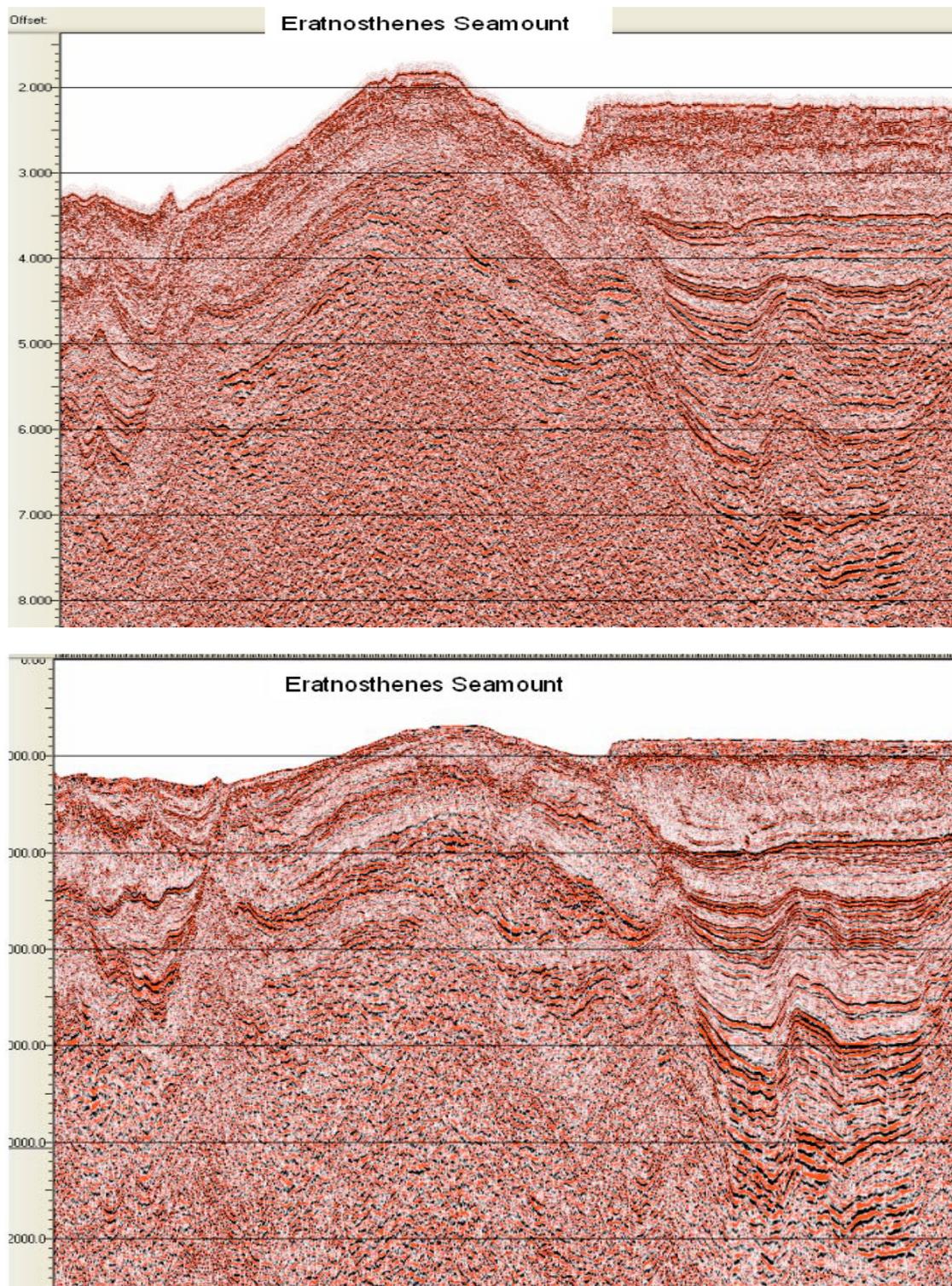


Figura 2.1 – Esempio di miglioramento della qualità di un profilo sismico ottenuto con la rielaborazione dei dati geofisici originali (Mediterraneo orientale). Sopra: linea sismica con scala verticale in tempi (millisecondi) elaborata nel 2000. Sotto: la stessa linea con scala verticale in profondità (metri) elaborata nel 2009

La necessità di migliorare continuamente la qualità dei dati ha lo scopo di ridurre il più possibile il rischio che una loro non corretta interpretazione possa comportare successivamente l'adozione di scelte operative non adeguate agli obiettivi preposti. Tuttavia, i risultati conseguibili con la rielaborazione dei dati sismici acquisiti 30 – 40 anni fa (come nel caso dell'Adriatico centrale e meridionale) per quanto a volte importanti, possono essere fortemente limitati dalla tecnica dai parametri con cui i dati geofisici erano stati in passato registrati. Per tale motivo la Spectrum, come succede di norma nei casi in cui i dati preesistenti sono stati registrati con l'impiego di tecnologie sorpassate che non consentono il loro miglioramento oltre il limite dato dai limiti stessi delle tecniche utilizzate, ha deciso procedere all'acquisizione di nuovi dati geofisici.

2. Definizione dei nuovi parametri di acquisizione per l'esecuzione della campagna sismica

Al termine della fase di rielaborazione dei dati sismici preesistenti, viene eseguita un'analisi dei parametri e delle tecniche con cui sono state registrate in passato le campagne di acquisizione sismica al fine di identificare le complessità geologiche e i limiti tecnici che ne hanno condizionato i risultati. Ciò con lo scopo di identificare le nuove soluzioni tecniche e i parametri di acquisizione più adeguati in grado di assicurare la registrazione di dati della migliore qualità possibile in funzione del contesto fisico e geologico esistente. I dati selezionati in questa fase rappresentano i parametri di progetto.

3. Esecuzione della campagna di rilievi geofisici 2D sui permessi di prospezione d 1 B.P-.SP e d 1 F.P-.SP

Rappresenta la fase di progetto ed è descritta nel dettaglio nei successivi paragrafi.

4. Elaborazione (Processing) dei nuovi dati registrati

I dati sismici 2D registrati nel corso della campagna di prospezione geofisica saranno elaborati (processing) presso uno dei centri di calcolo della Spectrum dove operano analisti e sistemisti specializzati. In questa fase, i dati di sottosuolo registrati nel dominio dei tempi (ossia con profondità espresse in tempi

corrispondenti ai ritardi con cui gli eventi del sottosuolo riflessi arrivano in superficie) sono convertiti nel dominio delle profondità attraverso un processo detto “conversione in profondità”. La sequenza di “processing” nel dominio dei tempi normalmente seguita da Spectrum è indicata in sintesi di seguito¹⁵:

- *Noise Attenuation*
- *Demultiplex*
- *Velocities*
- *3D and 2D Imaging (PSTM)*
- *Signal Processing*
- *Geologically driven processing*
- *Statics Modeling*
- *Essentials*
- *Geometry*
- *Stack*
- *Mute*
- *Data Management*
- *Geoscan*

La sequenza di “Processing” nel dominio delle profondità normalmente seguita da Spectrum è di seguito sintetizzata¹⁶:

- *Model Building*
- *Kirchhoff Depth Migration*
- *Wave Equation Depth Migration*
- *GeoProcessing*

Alla fine di questa fase, i dati geofisici registrati saranno messi a disposizione dei geologi specializzati nell’interpretazione di questi dati.

5. Interpretazione integrata dei dati geofisici, geologici e di sottosuolo

In questa fase, i geofisici della Spectrum effettueranno l’interpretazione dei nuovi dati sismici registrati e dei dati preesistenti integrando in un’unica interpretazione tutte le informazioni e i dati lito-stratigrafici, sedimentologici e geochimici e di

¹⁵ <http://www.spectrumasa.com/services/seismic-imaging/si-time>

¹⁶ <http://www.spectrumasa.com/services/seismic-imaging/si-depth>

sottosuolo disponibili, inclusi quelli ottenuti con l'analisi dei dati dei pozzi perforati nell'area di studio.

6. Elaborazione di un rapporto sul potenziale geo-minerario dell'area oggetto di studio

Nella fase conclusiva del progetto, i risultati dell'interpretazione integrata dei dati geofisici, geologici e di sottosuolo sono raccolti in un rapporto geologico-strutturale contenente anche nuovi elementi di valutazione del potenziale minerario dell'Adriatico centrale e meridionale.

2.3 Scopo del progetto di prospezione geofisica

Lo scopo del progetto proposto è quello di realizzare il Programma dei Lavori che la Spectrum si è impegnata a svolgere nei confronti del Ministero dello Sviluppo Economico, nell'ambito della vigenza dei permessi di prospezione denominati d 1 B.P-.SP e d 1 F.P-.SP.

L'esecuzione del Programma dei Lavori, presentato in allegato alle istanze di Permesso di Prospezione denominate d 1 B.P-.SP e d 1 F.P-.SP, consiste nella registrazione di circa 8130 km di profili geofisici 2D mediante la tecnica della sismica a riflessione, secondo lo schema di sintesi riportato nella seguente tabella.

Tabella 2.2.: Prospetto sintetico del progetto

Permesso di Prospezione	Ubicazione	Superficie (Km ²)	Programma sismico (n. profili sismici)	Lunghezza totale dei profili sismici (Km)
d 1 B.P-.SP	Mare Adriatico Centrale	14.128	73	4236,539
d 1 F.P-.SP	Mare Adriatico Meridionale	16.169	47	3897,781
Quantità totali		30.297	120	8134,320

2.4 Cenni sul metodo della sismica a riflessione

Quando sotto la superficie del mare o direttamente sul suolo, nel caso di attività svolte a terra, si applica una forza variabile nel tempo usando una sorgente di energia si osserva la generazione di onde elastiche, o altrimenti dette onde sismiche, che si propagano nel sottosuolo. Parte di queste onde si trasmettono nel sottosuolo

fino ad attenuarsi completamente, una parte di queste sono riflesse, diffratte e rifratte, dalle discontinuità presenti nel sottosuolo marcate da una differenza di Impedenza Acustica. I contrasti di Impedenza Acustica sono riconducibili in generale a discontinuità associate a superfici di strato caratterizzate da variazioni litologiche, strutture sedimentarie, superfici di erosione, presenza e natura dei fluidi di strato, lineamenti tettonici (faglie).

Una riflessione sismica viene prodotta da qualsiasi variazione di Impedenza Acustica le cui variazioni modificano l'onda sismica immessa in ampiezza e polarità.

Quando un'onda sismica incontra un confine tra due materiali con impedenze acustiche diverse, una parte dell'energia sarà riflessa al confine, mentre una parte dell'energia continuerà attraversando il confine.

Le onde generate da una sorgente di energia posta in superficie si trasmettono nel sottosuolo sotto forma di impulso sismico, il quale viene modificato attraversando le diverse unità geologiche e, in determinate condizioni, riflesso verso la superficie dove appositi sensori (geofoni) captano i segnali riflessi e li inviano ad una unità di registrazione (vedi Figura 2.2). I geofoni captano i ritardi tra il momento zero in cui viene inviato l'impulso che genera l'onda sismica e il momento in cui il segnale riflesso giunge di nuovo in superficie. La misura dei ritardi, e quindi tempi, fa ricadere il principio della sismica a riflessione nel dominio dei tempi, ossia nella situazione per la quale la profondità dell'evento che ha generato la riflessione è espresso in tempi.

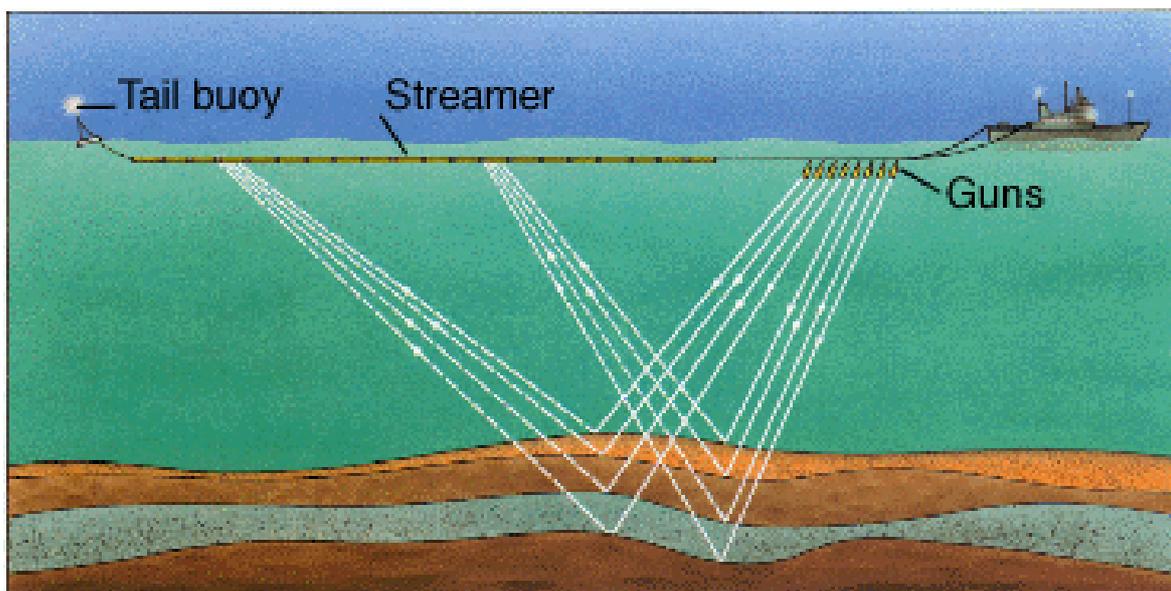


Figura 2.2 – Schema semplificato di acquisizione sismica marina (Guns = sorgente; streamer = cavo ricevitore; tail buoy = boa di coda)

Tuttavia, i corpi rocciosi attraversati dalle onde sismiche sono caratterizzati da una propria velocità di propagazione delle onde e il valore di propagazione delle onde costituisce il parametro fondamentale per ricavare la profondità reale degli orizzonti sismici e quindi per passare dal dominio dei tempi a quello delle profondità (vedi Figura 2.1).

La propagazione degli impulsi sismici immessi nel sottosuolo (propagazione sismica) subisce un'attenuazione delle ampiezze (quindi dell'energia trasmessa) dovuta alla divergenza sferica, secondo la quale l'energia per unità di superficie diminuisce con il quadrato della distanza dalla sorgente e si osservano di conseguenza echi sempre più deboli all'aumentare dei tempi di ascolto dei segnali riflessi in superficie.

L'evoluzione della tecnica della sismica a riflessione ha consentito nel tempo di conseguire la realizzazione di sorgenti impulsive dalle caratteristiche costruttive e operative più efficaci tecnicamente e meno invasive dal punto di vista ambientale, mentre i sistemi di captazione dei dati riflessi in superficie (geofoni se in terra, idrofoni se in mare) e di registrazione dei dati, si sono sviluppati attraverso sofisticate tecnologie e geometrie di registrazione dei dati che consentono oggi di sfruttare appieno le caratteristiche del segnale emesso dalla sorgente impulsiva.

2.5 Metodologia di indagine

Le operazioni di acquisizione di profili sismici 2D in mare si effettuano utilizzando un mezzo navale dedicato che traina due tipi di apparecchiature fondamentali per:

- la generazione degli impulsi sismici (sorgente);
- la registrazione dei segnali riflessi dal sottosuolo (streamer di idrofoni).

2.5.1 Sistema di energizzazione con air gun

Le sorgenti la cui descrizione è sotto descritta nel dettaglio sono posizionate qualche metro al di sotto della superficie marina ed in genere sono configurate in una serie di sorgenti orientate verso il fondale. L'onda acustica generata, si propaga attraverso l'acqua raggiungendo il fondale marino e i sottostanti strati di roccia. A seconda delle caratteristiche lito-stratigrafiche della roccia attraversata si avranno riflessioni selettive dalla quale i geologi riescono a ricavare informazioni sulla geologia del sottosuolo. L'onda riflessa viene captata con una serie di ricevitori, idrofoni, opportunamente posizionati anche essi sotto la superficie marina e collegati con sistemi di acquisizione dati.

L'air gun è un dispositivo composto di due camere, una superiore di caricamento e una inferiore di scarico, sigillate da un doppio pistone ad albero. L'aria compressa fornita dai compressori alloggiati sulla nave, giunge direttamente alla camera superiore e si distribuisce in quella inferiore attraverso il pistone cavo: quando la pressione nelle camere è quella desiderata, un dispositivo elettromeccanico permette il sollevamento del pistone liberando repentinamente l'aria, attraverso dei fori praticati nell'involucro metallico.

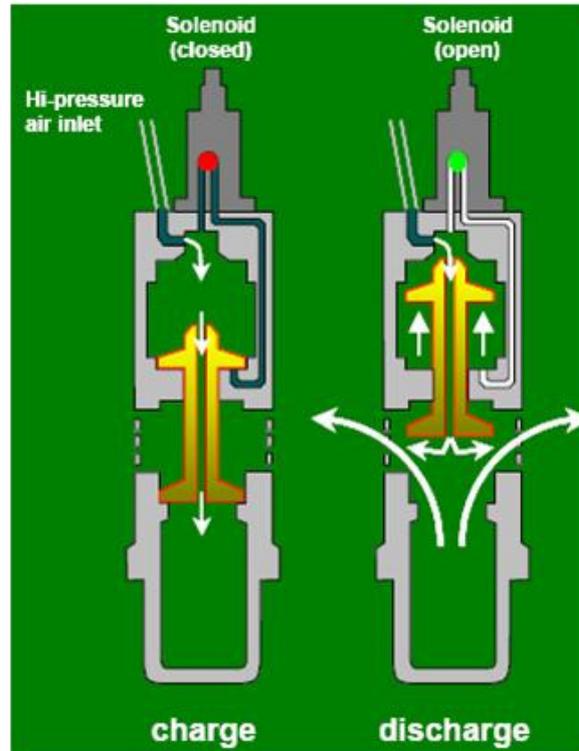


Figura 2.3 – Schema di funzionamento di un air gun.

Nel momento in cui avviene la liberazione dell'aria (sparo), la pressione all'interno del cilindro supera di gran lunga la pressione esterna dell'acqua. Questa differenza di pressione provoca il rapido espandersi della bolla d'aria sparata attorno all'air gun. A causa del moto di espansione la bolla continua a crescere fino a quando la pressione dell'aria dentro della stessa diventa inferiore alla pressione dell'acqua circostante. A quel punto la bolla inizierà a comprimersi fino a che la pressione all'interno della bolla tornerà ad essere superiore alla pressione esterna, condizione tale da permettere una nuova espansione della bolla. Questi cicli di espansione/compressione continueranno fino a quando la bolla non raggiunge la superficie del mare e viene a contatto con l'atmosfera. Dato che l'energia viene persa durante ogni ciclo, il sistema si comporta come un oscillatore smorzato, producendo bolle sempre più piccole dopo ogni oscillazione. La bolla prodotta dallo scoppio degli air gun agisce come una sorgente, che espandendosi e ricomprimendosi rapidamente, genera un fronte secondario di pressione chiamato impulso della bolla o riverberazione.

Questa figura mostra l'impulso iniziale di pressione dovuto dall'espansione iniziale della bolla, l'impulso conseguente dovuto alla riflessione dell'impulso iniziale sulla superficie del mare, e le successive bolle secondarie.

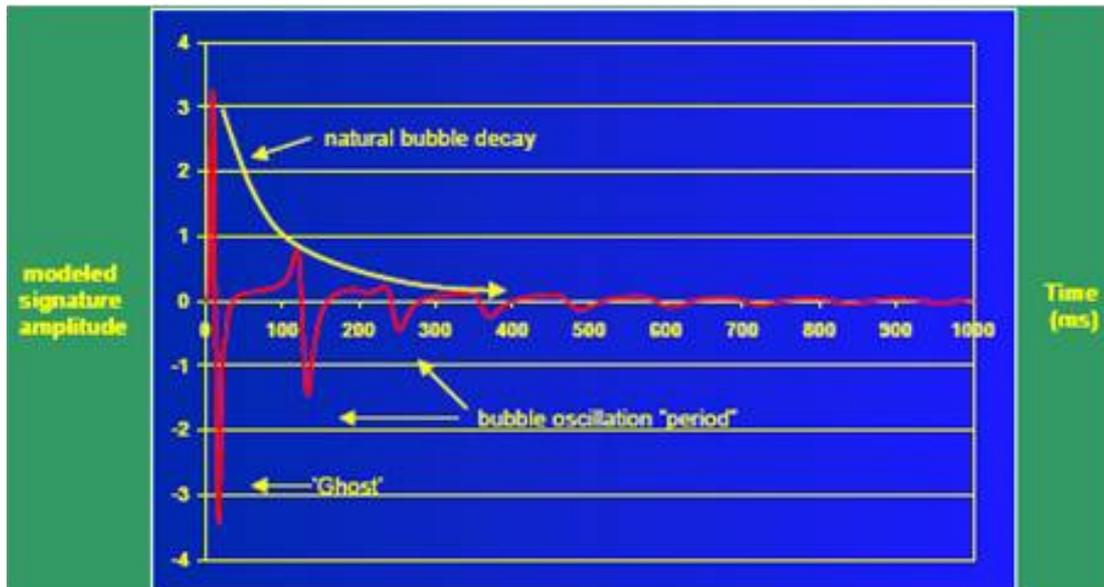


Figura 2.4 – Andamento dell'impulso di pressione prodotto da un air gun in funzione del tempo.

L'impulso "fantasma" (*ghost*), è dovuto alla riflessione dell'impulso primario sulla superficie del mare che è temporalmente molto vicino all'impulso iniziale poichè gli spari avvengono poco sotto la superficie del mare (tra 5m e 8m nel caso dei due permessi di prospezione in oggetto). Soprattutto a causa della grande differenza di densità tra aria e l'acqua marina, la superficie del mare si comporta come uno "specchio" che spinge nuovamente verso il basso le onde provenienti dal fondale marino. Queste onde essenzialmente "riflettono" sulla superficie e vengono reindirizzati nuovamente verso il basso (come avviene in un'immagine speculare in cui vengono scambiati a destra e sinistra, l'impulso riflesso sulla superficie del mare passa da positivo a negativo). Al variare della pressione dell'aria interna alla bolla e della profondità dell'acqua, l'ampiezza di picco (A) ed il periodo di oscillazione della bolla sono proporzionali alla radice cubica del volume di aria nell'air gun.

$$A \approx V^{1/3}$$

L'effetto bolla che si genera dopo l'impulso iniziale da un air gun non è una caratteristica favorevole per gli obiettivi dello studio sismico poiché costituisce un elemento di disturbo nella misura. Idealmente per una corretta interpretazione

sismica sarebbe opportuno disporre di varie riflessioni "eco" da ogni superficie del sottosuolo prodotto da un solo impulso. Tuttavia, ad ogni superficie riflettente, un air gun produce un "eco" sia dall'impulso principale e dagli impulsi delle bolle successive.

Per limitare l'effetto indesiderato degli impulsi secondari generati dall'oscillazione delle bolle nella serie di air gun, si adottano singoli air gun con volumi diversi e quindi con tempi di oscillazione delle bolle diversi. In tal modo le bolle dei vari air gun oscillano in controfase generando una interferenza distruttiva in modo da annullare o meglio limitare l'effetto complessivo e indesiderato dell'oscillazione delle bolle secondarie.

La Figura 2.5 mostra una sovrapposizione tra l'andamento nel tempo dell'impulso generato da un singolo air gun e l'andamento nel tempo degli impulsi generati da un array di air gun.

Gli impulsi di colore diverso sono sfasati tra loro e, se sommati, agiranno per ridurre l'effetto complessivo della bolla. L'utilizzo di un array di cannoni determina una significativa riduzione delle dimensioni degli impulsi delle bolle secondarie avvicinandosi così alla caratteristica ideale di un singolo impulso.

Gli air gun sono disposti sempre in batteria, dalla geometria variabile a seconda del tipo di onda che si vuole generare. La batteria è in grado di direzionare l'onda elastica verso l'obiettivo prescelto e di attenuare gli effetti delle onde secondarie facendo in modo che queste si trovino in opposizione di fase e si annullino a vicenda.

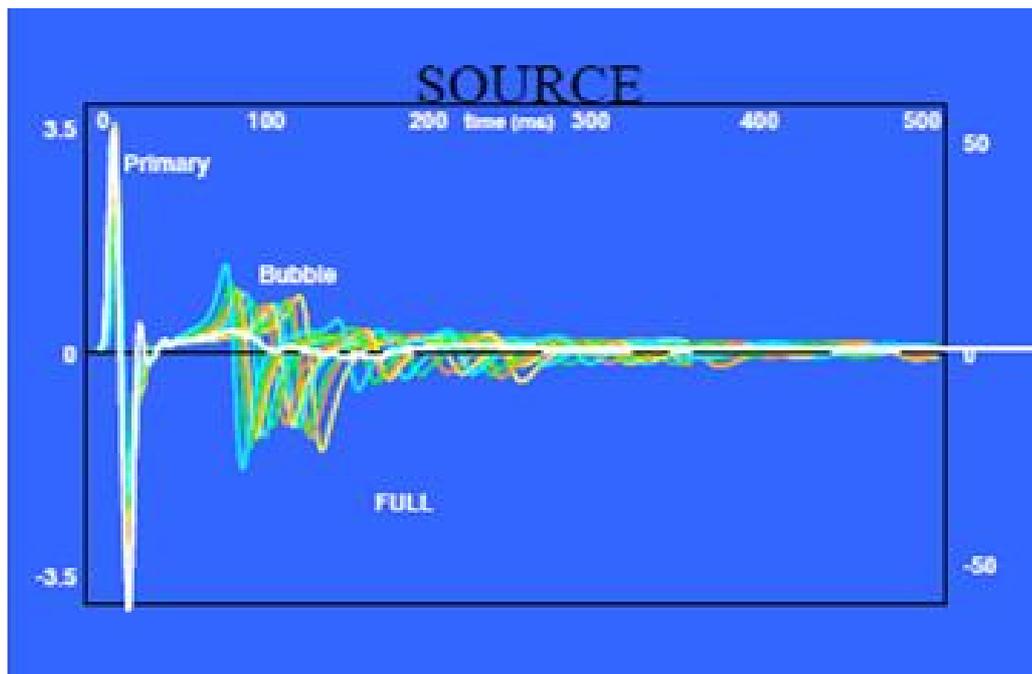


Figura 2.5 – Sovrapposizione tra l'andamento nel tempo dell'impulso generato da un singolo air gun e degli impulsi generati da un array di air gun

Di solito il picco di ampiezza ($0-P = A$), il picco-picco di ampiezza ($PTP = A + B$), ed il rapporto tra il picco primario ed i successivi ($PBR = A + B / C + D$) sono utilizzati per caratterizzare e confrontare diverse tipologie di air gun.

Gli impulsi degli air gun sono chiamati a banda larga, perché contengono un ampio intervallo di frequenze. La larghezza di banda complessiva dello spettro tipico degli air gun è inversamente proporzionale alla durata dell'impulso primario nel tempo: più corto è l'impulso e più è larga la banda.

Le piccole oscillazioni dello spettro riportato nella figura seguente per valori della frequenza inferiori a 50 Hz sono dovuti dagli impulsi della bolla primaria, e le successive "oscillazioni" a 125 Hz e 250 Hz sono dovuti all'impulso negativo "fantasma" generato dalla riflessione sulla superficie del mare.

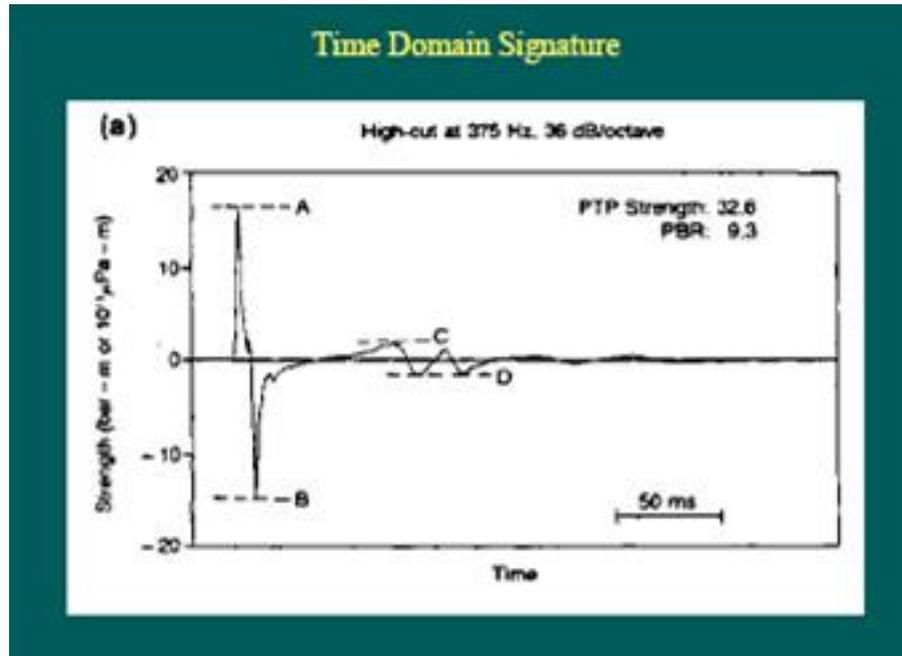


Figura 2.6 – Calcolo dei picchi di ampiezza degli impulsi di pressione generati da un air gun

Ai fini della valutazione degli effetti dell'energizzazione con gli air gun, invece di un singolo air gun, è considerato il range di frequenza tipico per array di air gun. La figura seguente riporta l'andamento nel tempo e l'ampiezza dello spettro per un tipico array di air gun nella banda di frequenza 3-900 Hz.

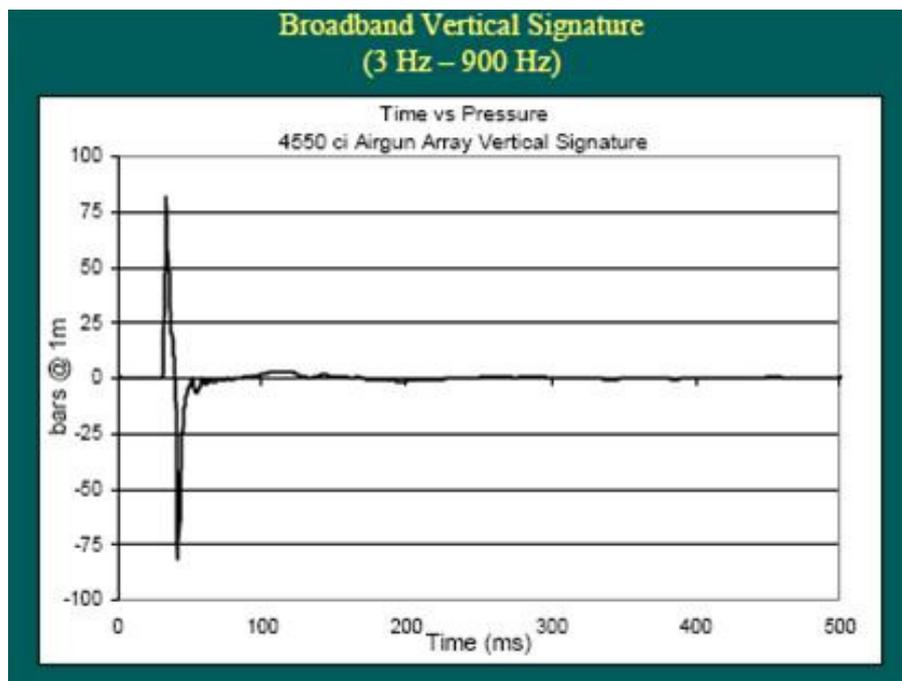


Figura 2.7 – Andamento nel tempo degli impulsi di pressione prodotti da un array di air gun

In funzione del modello di posizionamento degli air gun in un array, si possono avere delle variazioni della direzione (angolo orizzontale) e dell'angolo di emissione (angolo rispetto alla verticale). Per esempio, i tempi di sparo per tutti gli air gun della matrice sono sincronizzati per garantire che gli impulsi primari degli air gun siano allineati esattamente uno con l'altro lungo l'asse verticale dell'array. Questo allineamento produce la massima potenza sulla verticale.

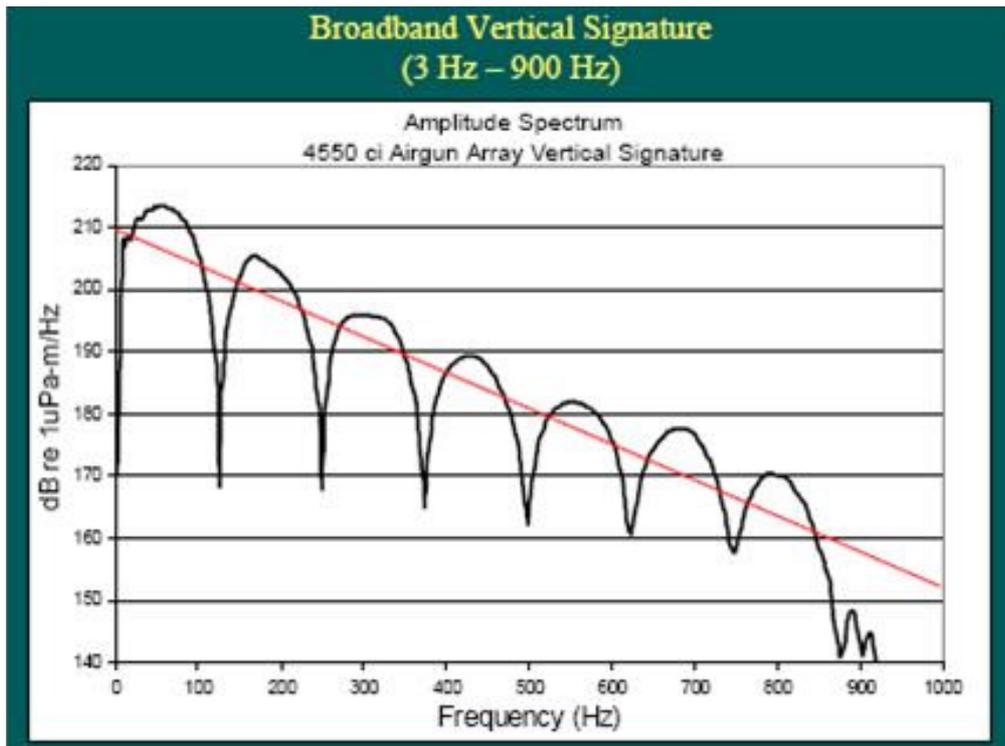


Figura 2.8 – Spettro di emissione di un array di air gun

Tuttavia, se la misura viene condotta considerando un angolo di emissione non perfettamente perpendicolare all'array la risposta sarà marcatamente diversa. Lungo l'asse orizzontale della matrice, ci sarà un ritardo nei tempi di picco di arrivo degli air gun che è proporzionale alla distanza tra i cannoni. Per esempio su due air gun distanti 6m si produrrà un ritardo massimo di $6m/1500m/s = 4 \text{ ms}$. Questi tipi di ritardi causano una riduzione della pressione di picco ed un aumento della frequenza di uscita (vedi Figura 2.9).

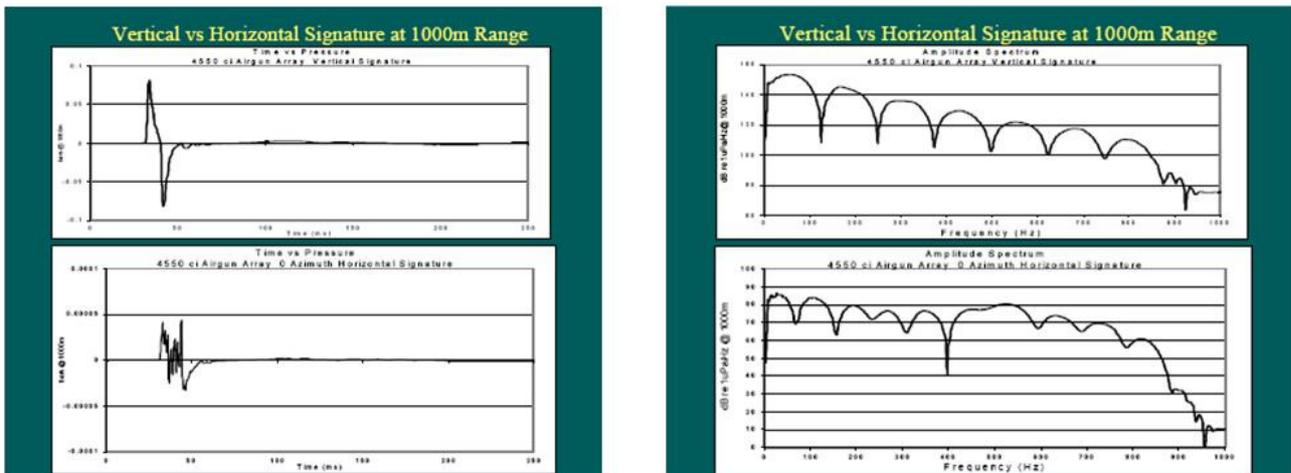


Figura 2.9 – Andamento nel tempo degli impulsi di pressione prodotti da un array di air guns lungo l’asse orizzontale e verticale (sinistra); spettro di emissione di un array di air guns lungo l’asse orizzontale e verticale (destra)

A ridosso dell'air gun si possono misurare picchi di pressione dell'ordine di 230dB, le onde generate hanno un rapido decadimento spaziale, l'energia diminuisce con il quadrato della distanza. E' opportuno precisare che il rumore di fondo in mare aperto oscilla tra 74dB e 100 dB, mentre quello prodotto da navi porta-container a 20 nodi di velocità è tra 190 dB e 200 dB.

Relativamente all’air gun, è opportuno osservare che questa tecnica di energizzazione rappresenta la sorgente di energia più diffusa al mondo per l’esecuzione rilievi sismici del genere di quelli previsti dalla Spectrum, e pertanto gli effetti ambientali generati dal suo impiego sono largamente i più conosciuti e i più studiati, così come le misure di mitigazione connesse all’utilizzo di questo sistema, rappresentano quelle più sviluppate e complete.

I sistemi di energizzazione utilizzati nelle indagini di prospezione condotte dalla Spectrum sono del tipo BOLT Technologies LL-X Air Guns.

2.5.2 Apparato di ascolto (idrofoni - streamer)

Il sistema di ascolto è costituito da una serie di idrofoni contenuti in un cavo in neoprene di 6 - 8 cm di diametro (streamer), lungo diversi chilometri (fino a 10 km) e trainato a poppa della nave sismica (vedi Figura 2.10). Gli idrofoni ricevono il segnale riflesso sotto forma di onda di pressione e la convertono sotto forma di segnale elettrico. Lo streamer è costruito con una sequenza di idrofoni connessi elettricamente tra di loro in forma di gruppi di idrofoni centrati su quello che viene

chiamato "Gruppo" o "Traccia". Ogni Gruppo contiene un numero di idrofoni che può variare (in media 12 per gruppo) allineati nel cavo idrofoni su una lunghezza media per traccia di 12,5 m.

Gli idrofoni contenuti in un cavo flessibile, sono immersi in un olio inerte che ha lo scopo di ottimizzare la ricezione da parte dell'idrofono delle onde sismiche riflesse. Inoltre, l'olio ha lo scopo di mantenere lo streamer in posizione neutra, flottante alla profondità prestabilita (variabile in genere tra i 6 e 10 metri) sotto la superficie del mare. Il numero dei cavi idrofoni nelle prospezioni 2D può variare da 1 a un massimo di 6 in funzione delle caratteristiche geologiche e dell'area di studio.

La parte terminale di ogni streamer termina con una boa galleggiante (tail buoy) dotata di segnalatore di posizione per il rilevamento della sua posizione e quindi di quella del cavo di idrofoni sotteso tra la boa e la poppa della nave. I rilevamenti della posizione della Tail Buoy sono importanti nella fase di trattamento dei dati ai fini della corretta determinazione della posizione degli eventi riflessi. Ciò è particolarmente vero nel caso i dati siano stati registrati in condizioni di mare mosso o in presenza di forti correnti marine (laterali) le quali possono causare ondulazioni del cavo idrofoni o il suo disallineamento, a poppa della nave, rispetto alla condizione ideale rappresentata dall'allineamento rettilineo del cavo parallelo alla direzione di navigazione della nave.



Figura 2.10 – Verricello con streamer avvolto

2.6 Alternative di Progetto

Le alternative esaminate hanno riguardato sia gli aspetti localizzativi che quelli relativi alla scelta della tecnologia di indagine e della sorgente di energizzazione.

Vengono di seguito esaminati i tre casi.

2.6.1 Alternative di localizzazione del progetto

Come dichiarato in precedenza, l'esecuzione di una campagna di prospezione geofisica sui permessi di prospezione d 1 B.P-.SP e d 1 F.P-.SP è necessaria allo scopo di acquisire nuovi dati sismici di alta qualità ai fini dello studio geologico-strutturale dell'area adriatica centrale e meridionale e dell'acquisizione di nuovi elementi di valutazione del potenziale geo-minerario dell'area.

E' quindi evidente che una localizzazione diversa del progetto non consentirebbe di raggiungere lo scopo prefissato, rendendo perciò irrealizzabile il progetto proposto.

Riguardo l'estensione dell'area di indagine, si ritiene opportuno sottolineare che il permesso di prospezione è accordato dal MSE su aree molto più estese di quelle concesse agli operatori petroliferi ai fini della ricerca di idrocarburi proprio perché questo genere di titolo minerario è rilasciato esclusivamente ai fini dell'attività di prospezione geologica e geofisica su una scala di indagine a carattere regionale.

Tale approccio presenta degli indubbi vantaggi in termini di visione delle implicazioni geologiche e geo-minerarie connesse all'adozione di un vasto campo di indagine. Infatti, un rilievo geofisico come quello programmato dalla Spectrum, fornisce una scala di indagine adatta a comprendere in maniera più approfondita i processi geodinamici e tettonici all'origine dell'assetto geologico-strutturale attuale dell'area in esame, e di interpretare i lineamenti strutturali osservati in una visione più ampia e di rigore scientifico.

Inoltre, ai fini dell'attività di ricerca di idrocarburi condotta dall'industria petrolifera, la conoscenza degli elementi strutturali, tettonici, sedimentari e stratigrafici di una data area, conseguibile attraverso l'interpretazione dei dati condotta dai geologi e dai geofisici, costituisce un tipo di informazione di base che riveste un carattere essenziale per la successiva fase di ricerca in quanto fornisce gli elementi indispensabili per lo studio e la programmazione della operazioni

specificamente condotte dalle compagnie petrolifere, quali la perforazione del pozzo esplorativo.

2.6.2 Alternative della tecnica utilizzata

I metodi geofisici normalmente utilizzati nel corso di indagini geologiche sono indicati di seguito:

- Magnetometria: misura la variazione del campo magnetico terrestre;
- Gravimetria: misura le variazioni di gravità terrestre. Queste dipendono essenzialmente dalla densità delle rocce;
- Magnetotellurica: misura la resistività naturale del sottosuolo.

Questi metodi di indagine, per quanto normalmente utilizzati nel campo delle applicazioni geofisiche ai fini della ricerca scientifica e in molte branche della geologia, nel tipo di indagini condotte dalla Spectrum sono invece utilizzate solo con la funzione di integrare e a supporto di indagini e studi geologici effettuati sulla base di dati di sismica a riflessione in quanto il loro impiego, sebbene in determinati casi possa risultare importante, non possiede le caratteristiche di dettaglio, ricchezza e qualità di informazioni che sono invece proprie dei dati registrati con sismica a riflessione.

Il metodo della sismica a riflessione rappresenta pertanto lo strumento di indagine, per ora insostituibile, per la realizzazione di questo tipo di studi geologici in quanto consente di:

- identificare e rappresentare in 2D e 3D strutture geologiche e/o stratigrafiche sepolte;
- definire o modificare il modello geologico dell'area studiata;
- identificare e studiare strutture sedimentarie e ambienti di deposizione.

2.6.3 Alternative della sorgente di energia

I metodi geofisici sono basati su osservazioni di fenomeni fisici eventualmente indotti da stimoli esterni che permettono indirettamente lo studio della geologia del sottosuolo. I metodi di prospezione basati sull'applicazione di principi fisici e sullo studio della geologia del sottosuolo. In mare sono impiegati nel campo della prospezione geo-sismica finalizzata alla ricerca di idrocarburi, in quanto affidabili, relativamente economici ed in grado di determinare l'andamento strutturale e stratigrafico di un'intera serie sedimentaria. In particolare le prospezioni marine si

basano su fenomeni di riflessione e rifrazione delle onde elastiche generate da una sorgente artificiale, la cui velocità di propagazione dipende dal tipo di roccia, ed è variabile tra 1.500 m/s e 7.000 m/s.

Una sorgente artificiale di luogo ad un'onda d'urto, generata nell'acqua, che si propaga fino a raggiungere il fondale marino per poi continuare nel sottosuolo. Quando questa incontra una superficie di discontinuità ossia di separazione tra due strati elasticamente diversi, cioè a diversa impedenza acustica, l'onda, a seconda dell'angolo di incidenza con tale superficie, può riflettersi totalmente verso l'alto o può in parte penetrare nel mezzo sottostante, rifrangendosi, e in parte riflettersi verso l'alto. A seconda del tipo di onde che si voglia analizzare si avranno metodi di sismica a riflessione o a rifrazione, che differiscono nella diversa disposizione dei ricevitori superficiali rispetto alla sorgente sismica di emissione.

Esistono molte tipologie di sorgenti:

- ad acqua: water-gun;
- a miscela esplosiva: sleeve exploder, aquapulse;
- a dischi vibranti: marine vibroseis;
- elettriche: sparker, boomer;
- ad aria compressa: air gun.

La Tabella successiva riporta le frequenze (Hz) utilizzate delle principali sorgenti sismiche impiegate durante le prospezioni geosismiche sottomarine. Gli air guns sono la sorgente di gran lunga più utilizzata, questa genera impulsi sonori a basse e medie frequenze.

Tabella 2.3.: Frequenze di funzionamento delle sorgenti sismiche

Sorgenti	Frequenze (Hz)
Air gun	100 - 1.500
Water-gun	20 - 1.500
Sparker	50 - 4.000
Boomer	300 - 3.000

Lo sparker e il Boomer non sono utilizzabili per un rilievo sismico tipo quello di progetto perchè lo spettro delle frequenze emesse con tali sorgenti è molto spostato verso le alte frequenze e l'energia associata è relativamente più bassa di quella ottenibile con l'air gun. Il risultato è una scarsa penetrazione del segnale nei

sedimenti marini, e ancora più scarsa nelle potenti serie carbonatiche che caratterizzano la geologia dell'avampaese adriatico.

Il water gun è anch'esso caratterizzato da uno spettro emissivo nel quale le basse frequenze sono caratterizzate da un'energia molto minore delle basse frequenze prodotte con l'impiego dell'air gun.

Relativamente agli altri sistemi quali quelli a esplosivo, non sono più utilizzabili (miscela esplosiva) oppure sono ancora allo stadio sperimentale e comunque utilizzabili solo in condizioni di basse profondità d'acqua (marine vibroseis), inferiori a quelle che si riscontrano nelle aree dei permessi di prospezione in oggetto.

Per quanto sopra esposto, l'impiego di tali sistemi di energizzazione consentirebbe l'acquisizione dei soli dati superficiali della serie sedimentaria, insufficienti quindi a raggiungere lo scopo di definire l'assetto geologico-strutturale dei settori centrale e meridionale del Mare Adriatico.

Da un punto di vista ambientale, le sorgenti ad alta frequenza possono avere effetti negativi anche sulla fauna marina sensibile allo spettro delle alte frequenze (sparker e boomer) mentre gli effetti del water gun sono paragonabili a quelli generati con l'air gun.

Gli effetti ambientali dei marine vibroseis non sono ancora bene conosciuti ma si può supporre che, sebbene legati alla componente vibrazione, siano anch'essi riconducibili a quelli connessi all'uso dell'air gun.

Relativamente all'air gun, è opportuno osservare che questa tecnica di energizzazione rappresenta la sorgente di energia più diffusa al mondo per l'esecuzione rilievi sismici del genere di quelli previsti dalla Spectrum, e pertanto gli effetti ambientali generati dal suo impiego sono largamente i più conosciuti e i più studiati, così come le misure di mitigazione connesse all'utilizzo di questo sistema, sono quelle più sviluppate e complete.

Pertanto, si può concludere che l'impiego dell'air gun, rimane la soluzione ambientalmente meno impattante e tecnicamente migliore per i fini che la società ha definito.

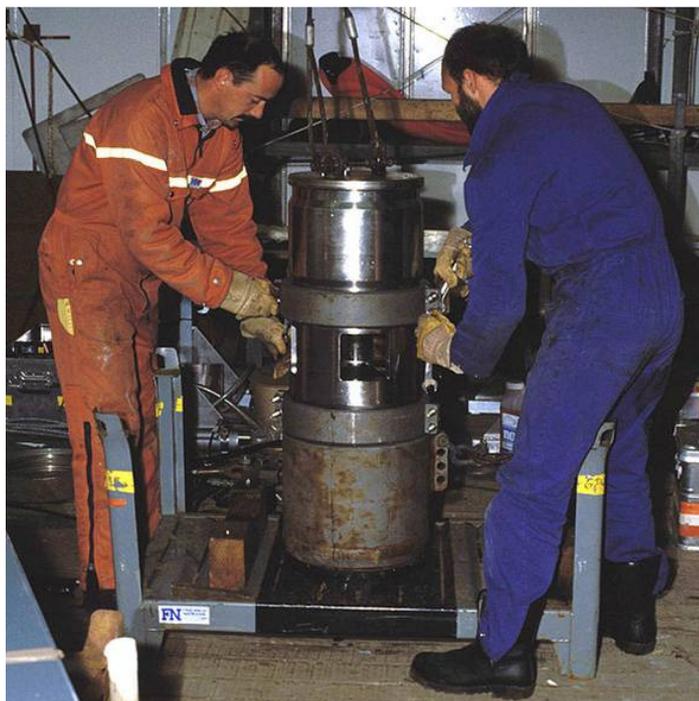


Figura 2.11 – Preparazione di un air gun

I sistemi di energizzazione utilizzati nelle indagini di prospezione sono del tipo “BOLT Technologies LL-X air gun”. Sono stati progettati due tipi di array, uno costituito da 16 air gun che verrà utilizzato nell’area del permesso di prospezione “d 1 B.P-.SP” in cui i fondali non raggiungono profondità molto elevate ed uno costituito da 30 air gun che verrà utilizzato nell’area del permesso di prospezione “d 1 F.P-.SP” in cui i fondali raggiungono profondità anche superiori ai 1000 metri.

2.7 Programma di acquisizione sismica

Il progetto previsto dalla società Spectrum prevede la registrazione di circa 8.000 Km di profili geofisici 2D mediante la tecnica della sismica a riflessione con tipologia di sorgente ad aria compressa air gun.

Il programma sismico sui Permessi di Prospezione d 1 B.P-.SP e d 1 F.P-.SP sarà condotto in sequenza secondo un ordine di registrazione delle linee sismiche che sarà deciso al momento delle operazioni in funzione delle condizioni meteo e delle correnti.

Il dettaglio del programma sismico è riportato in dettaglio nella Tabella 2.4 e nella Tabella 2.5.

Tabella 2.4.: Dettaglio programma sismico – Permesso di prospezione d 1 B.P.-SP

Permesso di prospezione d 1 B.P.-SP - Adriatico Centrale Coordinate System: Datum = WGS84 Projection = UTM33N									
Nome Linea	Inizio Linea (Gradi decimali)		Inizio Linea (Metri)		Fine Linea (Gradi decimali)		Fine Linea (Metri)		Lunghezza Linea (km)
	Long	Lat	X	Y	Long	Lat	X	Y	
1	13,019861	44,194907	341763,8	4895427,6	13,218395	44,32461	357941,9	4909471,1	21,423
2	13,068961	44,102042	345445,3	4885019,4	13,38603	44,303501	371262,4	4906849,6	33,809
3	13,034803	44,118927	342756,1	4886959,6	13,360357	44,329983	369273,4	4909831,7	35,019
4	13,137042	44,068936	350811,2	4881216,7	13,44848	44,265055	376163	4902483,1	33,09
5	13,20671	44,032453	356302,1	4877040,7	13,518066	44,232375	381651,6	4898750,5	33,375
6	13,241286	44,008261	359015,4	4874293,9	13,551076	44,21123	384246,4	4896354,8	33,515
7	13,302887	43,963515	363851,4	4869220,5	13,622446	44,170861	389873	4891772,9	34,434
8	13,366801	43,92149	368886,5	4864449,4	13,685845	44,13276	394873,7	4887457,9	34,709
9	13,774505	44,092065	401898,8	4882828,4	13,447403	43,872482	375255	4858881,4	35,824
10	13,813997	44,067506	405020,9	4880054,4	13,495762	43,855599	379106,4	4856934,4	34,729
11	14,309266	43,680697	444324,8	4836641,3	13,964498	43,467339	416240,2	4813234,9	36,56
12	13,850834	44,036939	407923,6	4876617,5	13,573378	43,853036	385339,4	4856539,2	30,219
13	13,676761	43,813418	393578,2	4852000,8	13,942082	43,991525	415170,1	4871475,5	29,077
14	13,75956	43,772027	400168,5	4847300,5	14,017666	43,945948	421170,6	4866338,4	28,347
15	14,135496	43,887076	430557,7	4859693,9	13,843885	43,69835	406840,9	4839019,5	31,463

Permesso di prospezione d 1 B.P.-SP - Adriatico Centrale Coordinate System: Datum = WGS84 Projection = UTM33N									
Nome Linea	Inizio Linea (Gradi decimali)		Inizio Linea (Metri)		Fine Linea (Gradi decimali)		Fine Linea (Metri)		Lunghezza Linea (km)
	Long	Lat	X	Y	Long	Lat	X	Y	
16	14,197877	43,840221	435518,1	4854439,4	13,898117	43,646066	411133,8	4833153,2	32,368
17	13,785197	43,746321	402189,9	4844414,9	14,06495	43,93057	424945,7	4864586,4	30,409
18	13,916853	43,611464	412594,7	4829290,4	14,221073	43,805619	437346,6	4850578,6	32,647
19	13,946293	43,548027	414881,1	4822214,5	14,263003	43,746667	440661	4844000,2	33,752
20	13,930235	43,578784	413627,8	4825646,9	14,244269	43,778065	439184,5	4847501	33,627
21	14,005175	43,398086	419438,7	4805503,7	14,368274	43,615949	449026,3	4829412,4	38,04
22	14,33595	43,649231	446447,7	4833129,1	13,98371	43,432803	417747,4	4809380,2	37,252
23	14,047105	43,334649	422753,7	4798418,9	14,414666	43,555716	452722,6	4822695,5	38,568
24	14,088143	43,235328	425960,1	4787351,7	14,471764	43,471134	457274,7	4813271,1	40,65
25	14,064056	43,301969	424087,2	4794774,1	14,440538	43,527522	454791,2	4819549,9	39,453
26	14,123829	43,155232	428764,6	4778425,8	14,531279	43,403638	462046,3	4805746,4	43,059
27	14,113123	43,198805	427945,4	4783273,9	14,509935	43,438174	460340,6	4809591,8	41,738
28	14,14524	43,115504	430460,4	4773996	14,556899	43,374474	464103,7	4802496,2	44,092
29	13,14021	44,330979	351723,7	4910317	15,298799	42,400602	524590	4694299,4	276,67
30	13,419118	44,303234	373901,1	4906768,5	14,496635	43,435501	459262,5	4809301,3	129,562
31	13,276354	44,323482	362560,7	4909247	15,450075	42,435483	537019	4698227,4	273,797

Permesso di prospezione d 1 B.P.-SP - Adriatico Centrale									
Coordinate System: Datum = WGS84 Projection = UTM33N									
Nome Linea	Inizio Linea (Gradi decimali)		Inizio Linea (Metri)		Fine Linea (Gradi decimali)		Fine Linea (Metri)		Lunghezza Linea (km)
	Long	Lat	X	Y	Long	Lat	X	Y	
32	13,057623	44,243884	344910,1	4900795,6	13,475674	43,865625	377512,4	4858077,5	53,738
33	14,148505	43,054335	430657,1	4767200,4	14,773993	42,395221	481398,9	4693683,4	89,328
34	13,953051	43,483187	415336,4	4815006,5	15,108263	42,321349	508920,8	4685461,9	159,812
35	14,194307	42,97966	434307,5	4758871	14,645491	43,258585	471226	4789591,9	48,029
36	14,16219	43,016825	431730	4763023,7	14,616671	43,299261	468907,5	4794119,4	48,468
37	14,227316	42,893155	436910,6	4749239,5	14,692455	43,187209	475008,7	4781650,3	50,019
38	14,252295	42,845738	438903,4	4743955,6	14,719143	43,141928	477160,6	4776614,1	50,301
39	14,29958	42,809213	442733,5	4739866,5	14,754363	43,102787	480011,9	4772258,5	49,386
40	14,390578	42,740009	450118	4732123,9	14,826947	43,031411	485901,9	4764317,5	48,134
41	14,461949	42,634281	455885,1	4720343,9	14,920879	42,936244	493544,3	4753737,9	50,333
42	14,50857	42,5834	459674,8	4714670,8	14,963574	42,888661	497025,6	4748451,6	50,361
43	14,637282	42,491045	470192,6	4704362,5	15,060706	42,784284	504965,3	4736862,1	47,596
44	14,702249	42,43794	475510,8	4698445	15,115142	42,728258	509426,3	4730645,5	46,767
45	14,873201	42,362066	489558,6	4689985,1	15,230418	42,626951	518894,2	4719415,4	41,554
46	14,982775	42,270065	498579,5	4679762,1	15,364677	42,545998	529942,1	4710465,1	43,89
47	14,421803	42,697718	452641,7	4727409,8	14,870711	42,993038	489460,7	4760049,8	49,204

Permesso di prospezione d 1 B.P.-SP - Adriatico Centrale Coordinate System: Datum = WGS84 Projection = UTM33N									
Nome Linea	Inizio Linea (Gradi decimali)		Inizio Linea (Metri)		Fine Linea (Gradi decimali)		Fine Linea (Metri)		Lunghezza Linea (km)
	Long	Lat	X	Y	Long	Lat	X	Y	
48	14,342402	42,781019	446210,2	4736707,5	14,793859	43,067483	483216,2	4768329,3	48,676
49	14,120781	43,182853	428549	4781495,8	14,999723	42,263944	499977,2	4679082,3	124,862
50	12,971635	44,149155	337784,5	4890439,8	13,78212	43,797867	402026,4	4850143,5	75,834
51	13,321031	44,343381	366168,5	4911383,3	14,641659	43,226507	470899,7	4786030,8	163,346
52	13,222291	44,311917	358222	4908054,4	15,351339	42,439977	528895,8	4698688	270,118
53	13,987515	43,502917	418150	4817163,2	15,200147	42,370313	516479,3	4690912,4	160,025
54	13,712584	44,12341	396996,5	4886385,6	14,446272	43,538453	455262,6	4820760,8	87,759
55	13,110069	44,281339	349193,6	4904858,2	13,592946	43,843919	386894,9	4855499,6	62,11
56	13,406256	43,898489	372004,7	4861832,8	13,727541	44,113554	398176,2	4885272,3	35,133
57	13,816133	43,722909	404643,6	4841778,7	14,103896	43,91225	428049,7	4862517	31,272
58	13,87804	43,675325	409558,5	4836424,5	14,162172	43,859678	432669,7	4856628,9	30,698
59	13,626016	43,833172	389533,4	4854261,3	13,898118	44,01323	411677	4873932,4	29,619
60	13,720582	43,795366	397071,5	4849940,4	13,981086	43,969656	418267,7	4869007,2	28,51
61	13,275832	43,987301	361736,1	4871907,4	13,586762	44,191366	387059,4	4894098,8	33,671
62	13,17065	44,054942	353468	4879602	13,480596	44,248395	378692,1	4900584,6	32,81
63	13,103111	44,088168	348143,1	4883414,9	13,416362	44,282997	373637,9	4904524,9	33,1

Permesso di prospezione d 1 B.P.-SP - Adriatico Centrale Coordinate System: Datum = WGS84 Projection = UTM33N									
Nome Linea	Inizio Linea (Gradi decimali)		Inizio Linea (Metri)		Fine Linea (Gradi decimali)		Fine Linea (Metri)		Lunghezza Linea (km)
	Long	Lat	X	Y	Long	Lat	X	Y	
64	13,958783	43,505736	415831,2	4817504,9	14,293336	43,711425	443069,9	4840064,9	35,368
65	14,025694	43,367328	421060,4	4802068,2	14,38701	43,587114	450514,5	4826198,7	38,077
66	14,073869	43,264804	424837,4	4790637,9	14,457488	43,502532	456142,8	4816765,5	40,776
67	14,164867	43,077698	432015,4	4769781,5	14,585719	43,33917	466419	4798563,5	44,855
68	14,213934	42,934805	435861,2	4753874,8	14,672175	43,226351	473377,8	4786003,4	49,394
69	14,585144	42,547927	465938,9	4710698,2	15,019078	42,838007	501559,1	4742826,2	47,969
70	14,795757	42,400635	483191,6	4694280	15,172782	42,671465	514158	4724347,1	43,162
71	14,937331	42,321521	494836,1	4685477,2	15,296598	42,583972	524337,7	4714659,9	41,497
72	12,996377	44,133509	339720,9	4888653,4	13,325133	44,352239	366515,5	4912360,5	35,777
73	13,335807	43,943942	366448,5	4866992,8	13,650689	44,148091	392089,3	4889206,3	33,925
Lunghezza totale delle linee sismiche									4236,539

Tabella 2.5.: Dettaglio programma sismico – Permesso di prospezione d 1 F.P.-.SP

Permesso di prospezione d 1 F.P.-SP Adriatico Meridionale									
Coordinate System: Datum = WGS84 Projection = UTM33N									
Nome Linea	Inizio Linea (Gradi decimali)		Inizio Linea (Metri)		Fine Linea (Gradi decimali)		Fine Linea (Metri)		Lunghezza Linea (km)
	Long	Lat	X	Y	Long	Lat	X	Y	
1	16,727761	41,411389	644402,9	4585867,2	17,32324	41,891741	692736,8	4640366,4	72,845
2	16,490231	41,528767	624325,5	4598530	17,104735	42,010802	674283,8	4653118,5	73,998
3	16,379733	41,567835	615037,4	4602714,4	17,004234	42,052723	665852,3	4657573,4	74,777
4	16,462948	41,95028	621253,6	4645290,8	16,726363	42,159369	642618,2	4668913,4	31,851
5	16,051253	42,197413	586793,1	4672230	17,830063	41,700726	735485,3	4620419,6	157,46
6	16,542067	41,504092	628699	4595866,4	17,91847	41,647833	743041,3	4614792,1	115,898
7	16,667571	41,45063	639288,2	4590125,2	18,192878	41,476261	766600,9	4596551,3	127,475
8	17,042716	41,341651	670910,1	4578697,6	17,616444	41,802186	717366	4631123	70,047
9	16,476589	41,857761	622561,1	4635037,7	16,816419	42,124168	650141,3	4665159,2	40,841
10	17,254161	41,262487	688830,7	4570346,7	17,818195	41,709526	734465,6	4621364,3	68,45
11	16,424101	42,012795	617918,3	4652177,8	18,746551	40,534585	817332,1	4493841,8	254,629
12	17,177489	41,321877	682242,1	4576776,6	16,462541	41,707897	621678,1	4618378,6	73,476
13	16,574808	41,485586	631469	4593861	17,189205	41,970425	681393,4	4648810,6	74,242
14	17,158669	41,304639	680714,5	4574823,4	17,712946	41,755117	725548,8	4626145,2	68,147

Permesso di prospezione d 1 F.P.-SP Adriatico Meridionale									
Coordinate System: Datum = WGS84 Projection = UTM33N									
Nome Linea	Inizio Linea (Gradi decimali)		Inizio Linea (Metri)		Fine Linea (Gradi decimali)		Fine Linea (Metri)		Lunghezza Linea (km)
	Long	Lat	X	Y	Long	Lat	X	Y	
15	17,337374	41,220334	695927,9	4565851	17,901967	41,658796	741625,8	4615963	67,82
16	16,839456	41,394085	653779,3	4584138,3	17,407012	41,850328	699816	4635959,7	69,317
17	17,462162	41,839457	704429,2	4634882,5	18,645609	40,841764	807363,7	4527591,1	148,684
18	18,911041	40,029554	833746,5	4438370,1	18,468265	41,226848	790707,7	4569742,3	138,243
19	18,053422	40,890238	757240,6	4531061,9	18,479997	41,21206	791757	4568139,6	50,657
20	18,218957	40,843429	771379,7	4526364,8	18,558883	41,103352	798865,9	4556336,6	40,667
21	18,26155	40,820755	775065	4523980,3	18,574939	41,061422	800405,6	4551735,9	37,584
22	18,367067	40,709583	784439,5	4511973,4	18,629822	40,905424	805739	4534604,5	31,078
23	17,745764	41,00901	730904	4543389,2	18,267775	41,409804	773134,4	4589405,7	62,457
24	17,43423	41,174069	704191,2	4560937,2	17,980155	41,610654	748321,5	4610839,7	66,616
25	16,661439	42,199746	637167,2	4673290,3	18,713393	40,636554	814044,9	4505045,1	244,115
26	17,814006	41,711079	734111,5	4621525,4	17,900121	40,952642	744094	4537550,8	84,566
27	17,60475	41,081539	718803,7	4551078,2	18,137502	41,509581	761842,1	4600081,8	65,22
28	17,844842	40,985925	739320,4	4541093,1	18,317339	41,363215	777476	4584390,1	57,71
29	17,986627	40,91218	751529,4	4533303,7	18,433518	41,262145	787639,7	4573546	54,068
30	18,473551	40,649608	793700,1	4505664,8	18,660383	40,792962	808836,2	4522224,2	22,435

Permesso di prospezione d 1 F.P.-SP Adriatico Meridionale									
Coordinate System: Datum = WGS84 Projection = UTM33N									
Nome Linea	Inizio Linea (Gradi decimali)		Inizio Linea (Metri)		Fine Linea (Gradi decimali)		Fine Linea (Metri)		Lunghezza Linea (km)
	Long	Lat	X	Y	Long	Lat	X	Y	
31	16,480682	41,75495	623097,5	4623628,6	16,912626	42,088789	658181,8	4661404,5	51,555
32	16,651201	41,447546	637927,4	4589756,6	17,255366	41,937999	686970,5	4645352,4	74,136
33	17,521536	41,127804	711664,2	4556009,2	18,052061	41,565101	754492,8	4605991,2	65,822
34	17,687964	41,046584	725914,2	4547409,6	18,208435	41,462087	767958,5	4595025,6	63,522
35	17,918864	40,942168	745710,6	4536440,4	18,373885	41,309897	782437	4578652,4	55,952
36	18,300272	40,78638	778475	4520285,9	18,586494	41,010494	801609,5	4546120,7	34,679
37	18,425149	40,683252	789461,1	4509239,7	18,640054	40,84928	806860,6	4528406,2	25,886
38	18,146354	40,874879	765132,3	4529634,1	18,524858	41,152811	795785,5	4561712,2	44,369
39	18,336089	40,752004	781643	4516583,5	18,611012	40,961185	803898,3	4540730,6	32,839
40	18,517113	40,606455	797575,8	4501019,9	18,676163	40,729087	810465,4	4515187,4	19,154
41	16,937676	41,368382	662054,8	4581463,7	17,51801	41,824445	709115,4	4633350,1	70,049
42	16,416266	42,043261	617213,6	4655549,7	16,626534	42,201299	634282,1	4673407,2	24,703
43	18,587847	40,51919	803956,8	4491572,3	18,249623	41,438275	771498,2	4592510	106,028
44	18,657317	40,746232	808794	4517024,5	17,149413	41,97721	678077,3	4649480,5	186,095
45	18,715957	40,592884	814466,8	4500205,3	16,495989	42,145262	623613,5	4666987,7	253,459
46	16,501573	41,836468	624676,2	4632709,6	17,836349	41,015115	738500,5	4544310,8	144,119

Permesso di prospezione d 1 F.P.-SP Adriatico Meridionale Coordinate System: Datum = WGS84 Projection = UTM33N									
Nome Linea	Inizio Linea (Gradi decimali)		Inizio Linea (Metri)		Fine Linea (Gradi decimali)		Fine Linea (Metri)		Lunghezza Linea (km)
	Long	Lat	X	Y	Long	Lat	X	Y	
47	17,805556	41,712683	733402,6	4621680,5	18,567965	41,019316	800010,9	4547036,4	100,042
Lunghezza totale delle linee sismiche									3897,781

2.8 Parametri di acquisizione

Il programma di acquisizione sismica è stato progettato dalla Spectrum sulla base dell'analisi dei dati precedentemente acquisiti nell'area e tenendo conto del contesto geologico e geografico in cui vengono svolti i rilievi geofisici.

I parametri di progetto principali che possono variare nell'ambito della progettazione sono:

- l'ordine di copertura multipla del sottosuolo marino: l'ordine di copertura è un parametro puramente geometrico ed è definito in funzione delle caratteristiche geologiche dell'area investigata e di altri parametri quali la profondità d'acqua e la profondità dell'obiettivo (geologico) che si intende investigare. In termini pratici, questo parametro influenza la frequenza dell'energizzazione (attivazione degli air gun) espressa in intervallo di tempo tra due energizzazioni consecutive;
- lunghezza e numero degli streamers: anche questo parametro è funzione delle caratteristiche geologiche dell'area da investigare. Insieme alla lunghezza dello streamer è anche definito l'intervallo tra i gruppi di idrofoni;
- numero e configurazione degli air gun: questo parametro determina la potenza della singola energizzazione (sparo) degli air gun e le caratteristiche del corrispondente spettro delle frequenze emesse. La potenza di sparo, ossia il numero di air gun utilizzati, il volume della camera di sparo, la pressione di esercizio e la configurazione con cui gli air gun sono disposti in catenarie (array) determinano le caratteristiche di questo parametro.

L'insieme dei parametri sopra elencati, unitamente al settaggio della strumentazione a bordo della nave per la registrazione dei dati, costituisce la geometria di acquisizione del programma sismico.

La profondità dell'acqua nell'area delle operazioni, riveste una certa importanza nella definizione dei parametri di acquisizione e in particolare in relazione alla sorgente di energia. In generale infatti, all'aumentare della profondità aumenta la quantità di energia che deve essere immessa ai fini dell'ottimizzazione delle condizioni di registrazione. Nel caso in oggetto, essendo le due aree contraddistinte da batimetrie diverse, tra 50 e 225 m circa nell'area dell'adriatico centrale (d 1 B.P-

.SP) e oltre i 1100 m di profondità nell'area del permesso situato nell'Adriatico meridionale (d 1 F.P-.SP), si è ritenuto opportuno riconfigurare le potenze impiegate in funzione delle due diverse situazioni operative.

La geometria di acquisizione è indicata schematicamente nella tabella seguente.

Tabella 2.6.: Parametri di acquisizione nei permessi di prospezione d 1 B.P-.SP e d 1 F.P-.SP

Parametri di acquisizione	Grandezza
Lunghezza della registrazione (tempo di ascolto)	8 s
Intervallo di Campionamento	2 ms
Numero degli Streamer	2
Lunghezza dello Streamer	6000 m
Intervallo di scoppio	25 m
Intervallo tra i gruppi (di idrofoni)	12,5 m
Numero di gruppi (di idrofoni)	480
Ordine di copertura (Nominale)	120
Numero totale di air gun e Volume totale air gun permesso Adriatico centrale (d.1 B.P -SP)	16 2280 cu in
Numero totale di air gun e Volume totale air gun permesso Adriatico meridionale (d.1 F.P -SP)	30 4530 cu in

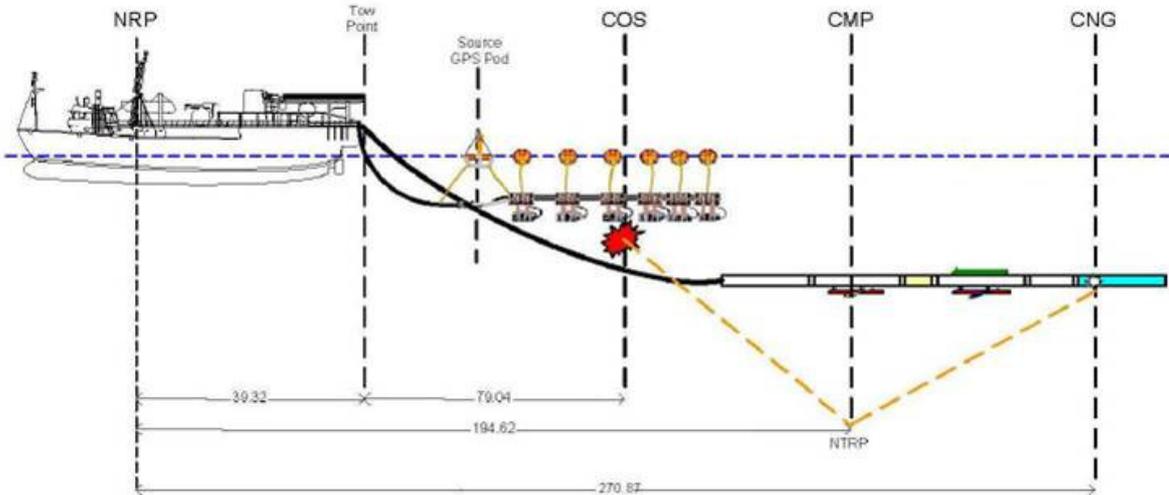


Figura 2.12 – Schema semplificato di acquisizione sismica marina

La geometria di acquisizione ed i parametri operativi della fase di energizzazione sono stati determinati utilizzando il codice matematico "Gundalf"¹⁷ che permette di modellizzare la fase di responso dello scoppio in termini di spettro emesso ed direttività dell'onda immessa. L'impiego di questo modello matematico, che è largamente usato nell'industria del settore e rappresenta lo stato dell'arte per quanto riguarda la modellizzazione dei responsi degli "array di air gun" (catenaria di air gun), consente perciò di stabilire, in funzione delle condizioni al contorno, la geometria di sparo più adatta per la registrazione ottimale dei dati sismici.

Di seguito sono forniti i dettagli della geometria e dei parametri di acquisizione per i due permessi e i risultati conseguiti con l'impiego del codice di calcolo Gundalf.

¹⁷ <http://www.gundalf.com/>

2.8.1 Parametri operativi per il Permesso di Prospezione d 1 B.P-.SP

Parametri operativi degli array di air gun selezionati attraverso l'impiego del codice Gundalf. Configurazione dell'array con 16 air gun per una volume totale di 2280 cubic inches.

Tabella 2.7.: Parametri dell'array di air gun

Array di Air Gun	
Parametri dell'array	Valori
Numero degli air gun	16
Volume totale (cu.in).	2280.0 (37.4 litres)
Peak to peak in bar-m.	95.4 (9.54 MPa 260 dB re 1 μ Pa a 1m)
Zero to peak in bar-m.	49.9 (4.99 Mpa, 254 dB re 1 μ Pa a 1m)
Pressione in bar-m.	4.68 (0.468 Mpa, 233 dB re 1 μ Pa a 1m)
Bolla primaria (Peak to peak)	39.7
Periodo della bolla di primo picco (s.)	0.0935
Massima ondulazione spettrale (dB): 10 – 50 Hz.	5.9
Massimo valore spettrale (dB): 10 – 50 Hz.	209
Valore medio spettrale (dB): 10 – 50 Hz.	207
Energia acustica totale (Joules)	140947.1
Profondità degli array	5 m

Le caratteristiche tecniche dello streamer sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 2.8.: Caratteristiche dello streamer

Streamer	
Parametri	Valori
Lunghezza dello streamer	2x6000 metri
Tipo di idrofono	NH95-200
Profondità degli idrofoni	6 metri

Streamer	
Parametri	Valori
Numero di idrofoni per gruppo	12
Numero di gruppi per sezione	16
Distanza tra gli idrofoni	12,5 metri

La seguente tabella elenca tutte le caratteristiche degli air gun utilizzati. L'ultima colonna contiene il contributo approssimativo del singolo air gun in percentuale del picco di ampiezza del picco dell'intero array. Il "picco a picco" (p-p) varia come la radice cubica del volume per il tipo di air gun in modo che anche gli air gun più piccoli possano contribuire in modo significativo.

Tabella 2.9.: Caratteristiche operative della catenaria di air gun

Air Gun	Pressione (psi)	Volume (cubic inches)	Tipo	x (m)	y (m)	z (m)	Ritardo (s)	sub-array	p-p contrib (pct)
1	2000.0	325.0	1500LL	0.000	5.500	6.000	0.000	2	7.2
2	2000.0	325.0	1500LL	0.000	6.500	6.000	0.000	2	7.2
3	2000.0	100.0	1900LLX	4.000	5.500	6.000	0.000	2	6.6
4	2000.0	100.0	1900LLX	4.000	6.500	6.000	0.000	2	6.6
5	2000.0	80.0	1900LLX	8.000	5.500	6.000	0.000	2	5.5
6	2000.0	80.0	1900LLX	8.000	6.500	6.000	0.000	2	5.5
7	2000.0	40.0	1900LLX	13.000	6.000	6.000	0.000	2	4.8
8	2000.0	90.0	1900LLX	11.000	6.000	6.000	0.000	2	6.5
9	2000.0	325.0	1500LL	0.000	-5.500	6.000	0.000	1	7.2
10	2000.0	325.0	1500LL	0.000	-6.500	6.000	0.000	1	7.2
11	2000.0	100.0	1900LLX	4.000	-5.500	6.000	0.000	1	6.6
12	2000.0	100.0	1900LLX	4.000	-6.500	6.000	0.000	1	6.6
13	2000.0	80.0	1900LLX	8.000	-5.500	6.000	0.000	1	5.5
14	2000.0	80.0	1900LLX	8.000	-6.500	6.000	0.000	1	5.5
15	2000.0	40.0	1900LLX	13.000	-6.000	6.000	0.000	1	4.8

Air Gun	Pressione (psi)	Volume (cubic inches)	Tipo	x (m)	y (m)	z (m)	Ritardo (s)	sub-array	p-p contrib (pct)
16	2000.0	90.0	1900LLX	11.000	-6.000	6.000	0.000	1	6.5

La figura seguente rappresenta la disposizione in pianta dell'array.

<----- Direzione della nave (cella 1 m x 1m)

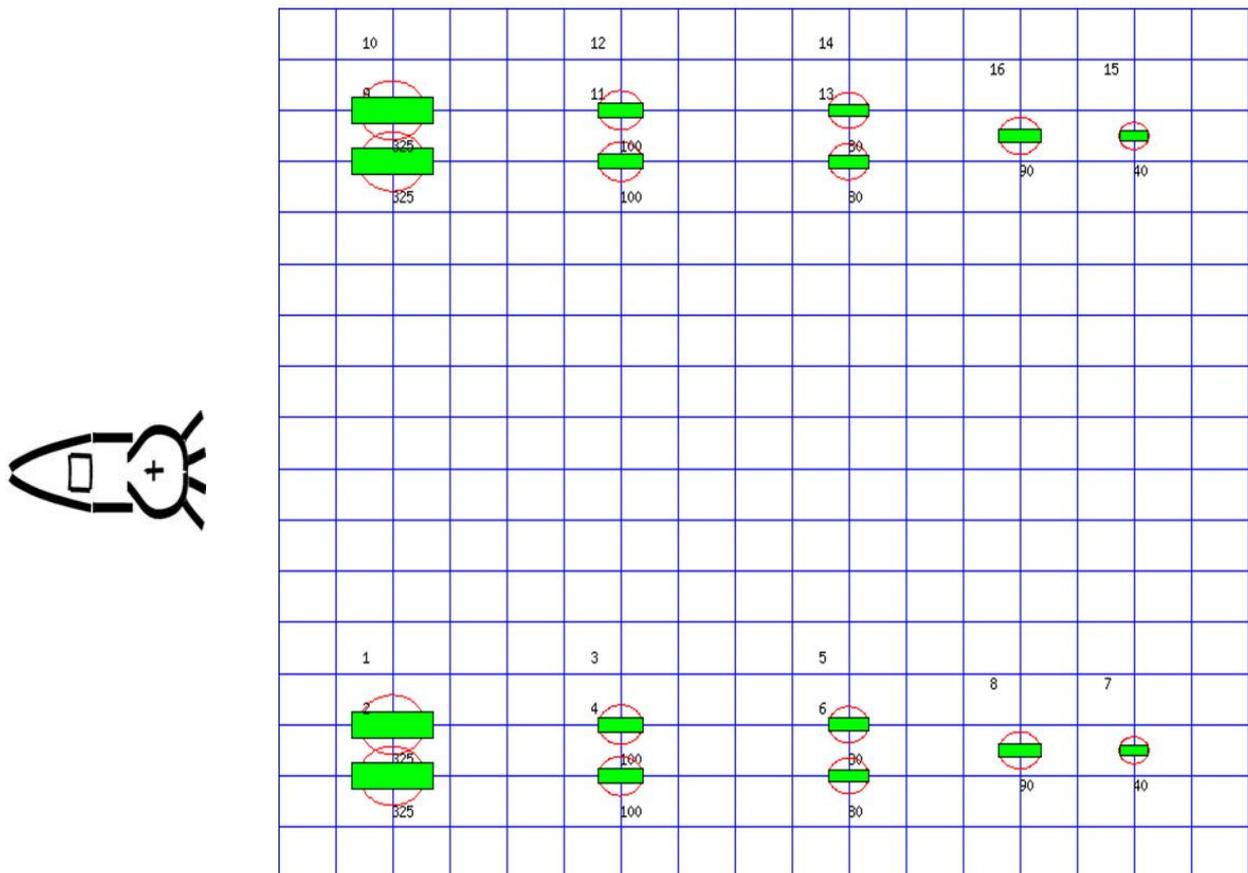


Figura 2.13 – Disposizione in pianta della catenaria di air gun

I cerchi rossi indicano il raggio massimo della bolla generato dallo scoppio di ciascun air gun. Le interazioni del campo di pressione si estendono normalmente per una distanza 10 volte maggiore del raggio della bolla. Quando due bolle interagiscono o si sovrappongono si ha la formazione di schiuma. I rettangoli verdi indicano i singoli air gun, le dimensioni sono proporzionali al tipo di air gun previsto.

La seguente tabella elenca i contributi individuali espressi in joule dei singoli air gun. Un valore negativo significa che l'air gun in realtà assorbe energia. Tale contributo non danneggia le prestazioni dell'array ma al contrario agisce come catalizzatore che migliora le prestazioni e l'efficienza complessiva dell'array.

Tabella 2.10.: Caratteristiche di energia acustica dell'array

Volume (cubic inches)	x (m.)	y (m.)	z (m.)	Contributo energia acustica (J)
325.0	0.00	5.50	6.00	-3714.0
325.0	0.00	6.50	6.00	-873.8
100.0	4.00	5.50	6.00	16724.6
100.0	4.00	6.50	6.00	16852.9
80.0	8.00	5.50	6.00	11578.6
80.0	8.00	6.50	6.00	11732.4
40.0	13.00	6.00	6.00	11654.4
90.0	11.00	6.00	6.00	6512.7
325.0	0.00	-5.50	6.00	-3710.5
325.0	0.00	-6.50	6.00	-870.6
100.0	4.00	-5.50	6.00	16725.7
100.0	4.00	-6.50	6.00	16854.3
80.0	8.00	-5.50	6.00	11580.2
80.0	8.00	-6.50	6.00	11733.3
40.0	13.00	-6.00	6.00	11652.3
90.0	11.00	-6.00	6.00	6514.6

2.8.2 Direttività delle catenarie - Array con 16 guns

La figura seguente mostra la direttività della catenaria, ossia la direzione preferenziale verso la quale viene emessa la maggiore quantità di energia. La direttività indicata nelle due componenti ortogonali, direzione della nave e quella ad essa perpendicolare (inline e crossline) e nella forma azimutale.

La simulazione modellistica della direttività dell'energia immessa è compiuta al fine di verificare che il sistema di array progettato assicura la massima riduzione del disturbo e la non dispersione dell'energia generata, poichè l'obiettivo è quello di concentrare l'energia immessa dallo scoppio verso il basso, in direzione del fondo del mare.

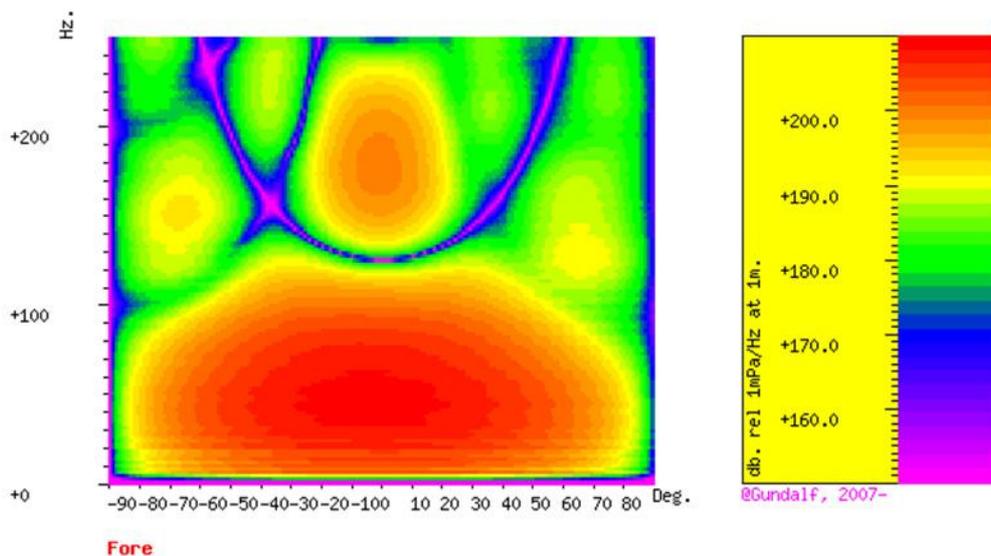


Figura 2.14 – Direzione preferenziale dell'energia immessa: componente lungo l'asse della nave

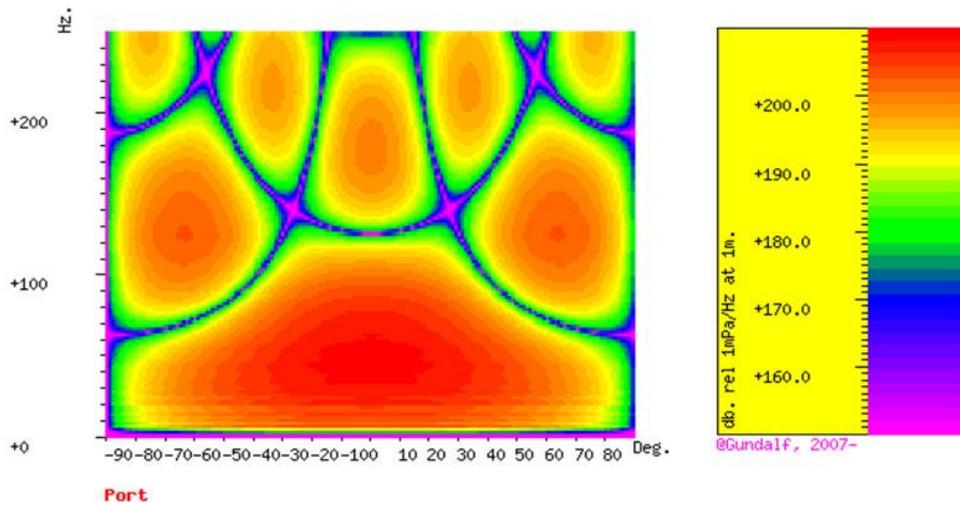


Figura 2.15 – Direzione preferenziale dell’energia immessa: componente in direzione perpendicolare all’asse della nave

2.8.3 Parametri operativi per il Permesso di Prospezione d 1 F.P-.SP

Parametri operativi degli array di air gun selezionati attraverso l'impiego del codice Gundalf. Configurazione dell'array con 30 air gun per una volume totale di 4530 cubic inches.

Tabella 2.11.: Caratteristiche dell'array

Array di Air Gun	
Parametri dell'array	Valori
Numero degli air gun	30
Volume totale (cu.in).	4530.0 (74.2 litres)
Peak to peak in bar-m.	157 (15.7 MPa, 264 dB re 1 μ Pa a 1m)
Zero to peak in bar-m.	87.1 (8.71 MPa, 259 dB re 1 μ Pa a 1m)
Pressione in bar-m.	8.81 (0.881 MPa, 239 dB re 1 μ Pa a 1m)
Bolla primaria (Peak to peak)	25.5
Periodo della bolla di primo picco (s.)	0.145
Massima ondulazione spettrale (dB): 10 - 50 Hz.	7.39
Massimo valore spettrale (dB): 10 - 50 Hz.	215
Valore medio spettrale (dB): 10 - 50 Hz.	213
Energia acustica totale (Joules)	399822.5
Profondità degli array	8 m

Le caratteristiche tecniche dello streamer sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 2.12.: Caratteristiche dello streamer

Streamer	
Lunghezza dello streamer	2x6000 metri
Tipo di idrofono	NH95-200
Profondità degli idrofoni	10 metri
Numero di idrofoni per gruppo	12

Streamer	
Numero di gruppi per sezione	16
Distanza tra gli idrofoni	12,5 metri

La seguente tabella elenca tutte le caratteristiche degli air gun utilizzati. L'ultima colonna contiene il contributo approssimativo del singolo air gun in percentuale del picco di ampiezza del picco dell'intero array. Il "picco a picco" (p-p) varia come la radice cubica del volume per il tipo di air gun in modo che anche gli air gun più piccoli possano contribuire in modo significativo.

Tabella 2.13.: Geometria dell'array

Air gun	Pressione (psi)	Volume (cubic inches)	Tipo	x (m.)	y (m.)	z (m.)	ritardo (s.)	sub-array	P-P contrib (pct.)
1	2000.0	325.0	1500LL	0.000	9.500	7.000	0.000	1	4.5
2	2000.0	325.0	1500LL	0.000	10.500	7.000	0.000	1	4.5
3	2000.0	215.0	1500LL	4.000	9.500	7.000	0.000	1	3.7
4	2000.0	215.0	1500LL	4.000	10.500	7.000	0.000	1	3.7
5	2000.0	120.0	1900LLX	8.000	9.500	7.000	0.000	1	3.4
6	2000.0	120.0	1900LLX	8.000	10.500	7.000	0.000	1	3.4
7	2000.0	80.0	1900LLX	11.000	9.500	7.000	0.000	1	2.8
8	2000.0	80.0	1900LLX	11.000	10.500	7.000	0.000	1	2.8
9	2000.0	100.0	1900LLX	13.000	10.000	7.000	0.000	1	3.2
10	2000.0	40.0	1900LLX	15.000	10.000	7.000	0.000	1	2.1
11	2000.0	325.0	1500LL	0.000	-0.500	7.000	0.000	2	4.6
12	2000.0	325.0	1500LL	0.000	0.500	7.000	0.000	2	4.6
13	2000.0	200.0	1500LL	4.000	-0.500	7.000	0.000	2	3.7
14	2000.0	200.0	1500LL	4.000	0.500	7.000	0.000	2	3.7
15	2000.0	120.0	1900LLX	8.000	-0.500	7.000	0.000	2	3.4
16	2000.0	120.0	1900LLX	8.000	0.500	7.000	0.000	2	3.4
17	2000.0	90.0	1900LLX	11.000	-0.500	7.000	0.000	2	2.8

Air gun	Pressione (psi)	Volume (cubic inches)	Tipo	x (m.)	y (m.)	z (m.)	ritardo (s.)	sub-array	P-P contrib (pct.)
18	2000.0	90.0	1900LLX	11.000	0.500	7.000	0.000	2	2.8
19	2000.0	90.0	1900LLX	13.000	0.000	7.000	0.000	2	2.9
20	2000.0	40.0	1900LLX	15.000	0.000	7.000	0.000	2	2.1
21	2000.0	215.0	1500LL	0.000	-10.500	7.000	0.000	3	3.8
22	2000.0	215.0	1500LL	0.000	-9.500	7.000	0.000	3	3.8
23	2000.0	200.0	1500LL	4.000	-10.500	7.000	0.000	3	3.6
24	2000.0	200.0	1500LL	4.000	-9.500	7.000	0.000	3	3.6
25	2000.0	100.0	1900LLX	8.000	-10.500	7.000	0.000	3	3.1
26	2000.0	100.0	1900LLX	8.000	-9.500	7.000	0.000	3	3.1
27	2000.0	70.0	1900LLX	11.000	-10.500	7.000	0.000	3	2.7
28	2000.0	70.0	1900LLX	11.000	-9.500	7.000	0.000	3	2.7
29	2000.0	100.0	1900LLX	13.000	-10.000	7.000	0.000	3	3.2
30	2000.0	40.0	1900LLX	15.000	-10.000	7.000	0.000	3	2.1

Di seguito si riporta lo schema dell'array.

<----- Direzione della nave (Cella 1 m x 1m)

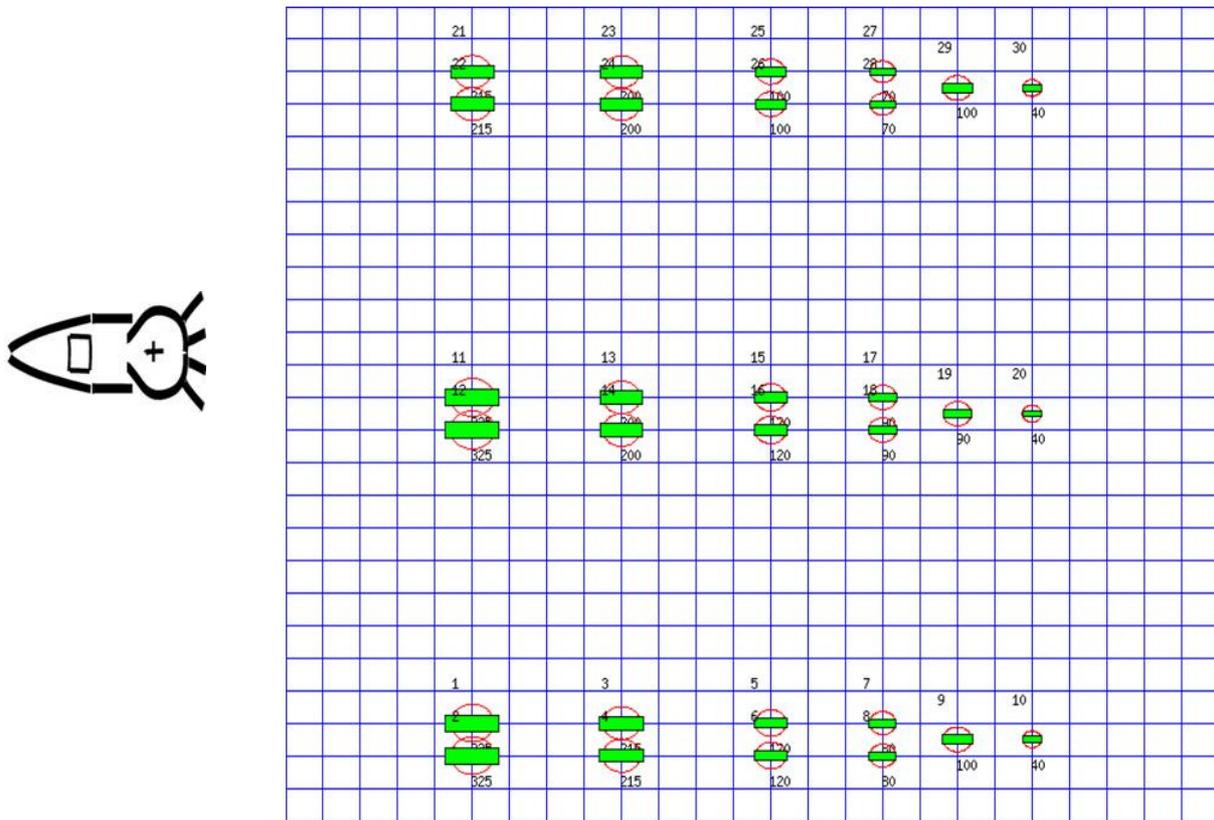


Figura 2.16 – Disposizione in pianta della catenaria di air gun

I cerchi rossi indicano il raggio massimo della bolla generato dallo scoppio di ciascun air gun. Le interazioni del campo di pressione si estendono normalmente per una distanza 10 volte maggiore del raggio della bolla. Quando due bolle interagiscono o si sovrappongono si ha la formazione di schiuma. I rettangoli verdi indicano i singoli air gun, le dimensioni sono proporzionali al tipo di air gun previsto

Nella seguente tabella sono elencati i contributi individuali espressi in joule dei singoli air gun. Un valore negativo significa che l'air gun in realtà assorbe energia. Tale contributo non danneggia le prestazioni dell'array ma al contrario agisce come catalizzatore che migliora le prestazioni e l'efficienza complessiva dell'array.

Tabella 2.14.: Caratteristiche di energia acustica dell'array di 30 air gun

Volume (cu.in.)	x (m.)	y (m.)	z (m.)	Contributo energia acustica (J)
325.0	0.00	9.50	7.00	-5132.1
325.0	0.00	10.50	7.00	-1605.0
215.0	4.00	9.50	7.00	14767.3
215.0	4.00	10.50	7.00	15756.1
120.0	8.00	9.50	7.00	22055.1
120.0	8.00	10.50	7.00	21747.2
80.0	11.00	9.50	7.00	17916.5
80.0	11.00	10.50	7.00	17582.4
100.0	13.00	10.00	7.00	14788.0
40.0	15.00	10.00	7.00	13599.3
325.0	0.00	-0.50	7.00	-11711.0
325.0	0.00	0.50	7.00	-11978.9
200.0	4.00	-0.50	7.00	16761.1
200.0	4.00	0.50	7.00	17001.5
120.0	8.00	-0.50	7.00	24606.6
120.0	8.00	0.50	7.00	24768.3
90.0	11.00	-0.50	7.00	17364.3
90.0	11.00	0.50	7.00	17512.1
90.0	13.00	0.00	7.00	16216.8
40.0	15.00	0.00	7.00	16211.4
215.0	0.00	-10.50	7.00	12960.2
215.0	0.00	-9.50	7.00	12048.8
200.0	4.00	-10.50	7.00	9702.7
200.0	4.00	-9.50	7.00	9015.6

Volume (cu.in.)	x (m.)	y (m.)	z (m.)	Contributo energia acustica (J)
100.0	8.00	-10.50	7.00	19047.2
100.0	8.00	-9.50	7.00	19681.3
70.0	11.00	-10.50	7.00	16400.3
70.0	11.00	-9.50	7.00	16945.0
100.0	13.00	-10.00	7.00	12254.6
40.0	15.00	-10.00	7.00	13539.8

2.8.4 Direttività delle catenarie - Array con 30 guns

Analogamente a quanto indicato per il permesso di prospezione d 1 B.P.-SP, la figura seguente mostra la direttività della catenaria, ossia la direzione preferenziale verso la quale viene emessa la maggiore quantità di energia per la configurazione degli array che verrà utilizzata nel Permesso meridionale. La direttività indicata nelle due componenti ortogonali, direzione della nave e quella ad essa perpendicolare, (inline e crossline) e nella forma azimutale.

La simulazione modellistica della direttività dell'energia immessa è compiuta al fine di verificare che il sistema di array progettato assicura la massima riduzione del disturbo e la non dispersione dell'energia generata, poichè l'obiettivo è quello di concentrare l'energia immessa dallo scoppio verso il basso, in direzione del fondo del mare.

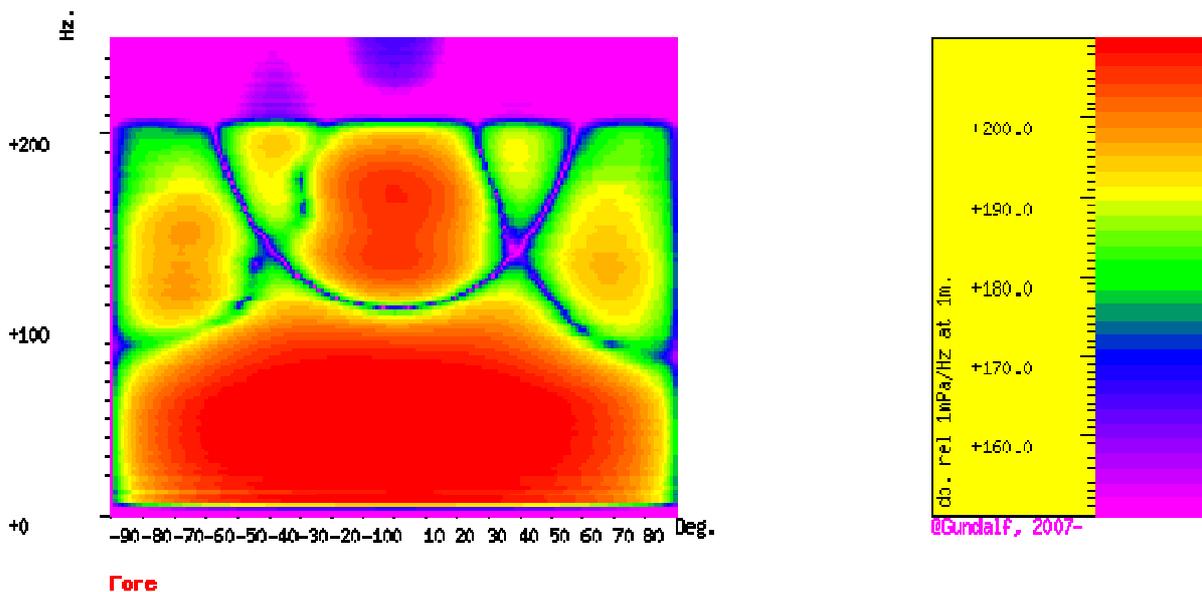


Figura 2.17 – Direzione preferenziale dell'energia immessa: componente in direzione perpendicolare all'asse della nave

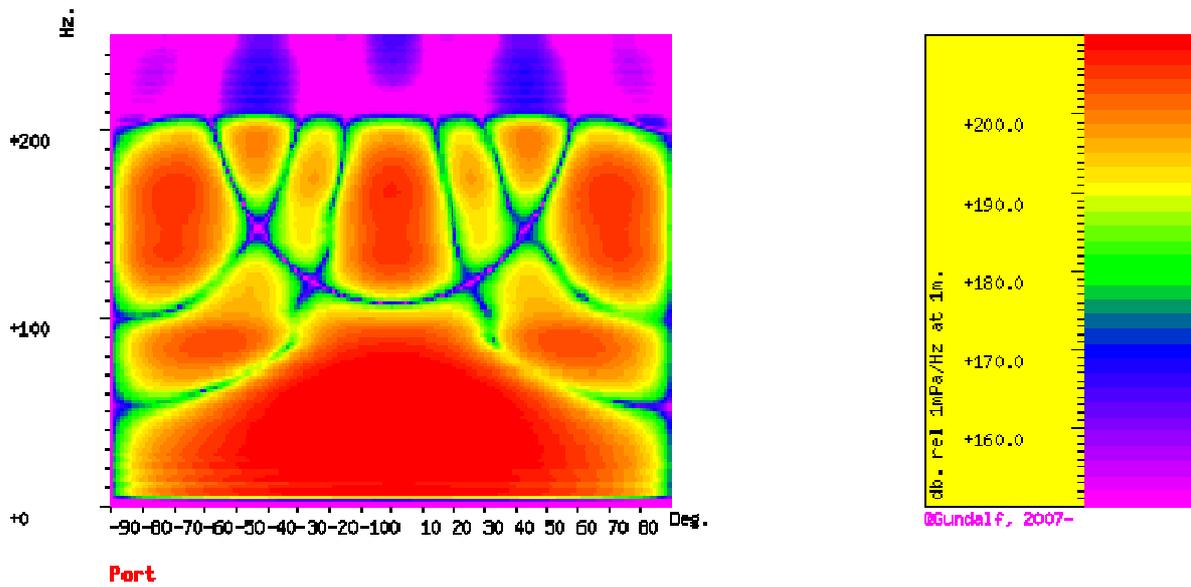


Figura 2.18 – Direzione preferenziale dell'energia immessa: componente in direzione perpendicolare all'asse della nave

2.9 Cronoprogramma delle attività

Il cronoprogramma per la registrazione della campagna sismica è stato definito in maniera da minimizzare la durata delle operazioni senza pregiudicare gli aspetti di sicurezza e tutela dei tecnici e del personale di bordo della nave.

Il programma prevede l'impiego preferenziale del Porto di Brindisi per le operazioni di appoggio, cambio equipaggio e rifornimenti della nave. Tuttavia, se le condizioni logistiche lo richiederanno, è previsto in alternativa l'utilizzo del porto di Ancona.

Le attività saranno inizialmente condotte sul permesso di prospezione meridionale d 1 F.P-.SP dove si prevede che le operazioni di registrazione dei dati durino complessivamente 46 giorni.

Successivamente le operazioni di registrazione saranno condotte nel permesso di prospezione settentrionale, d 1 B.P-.SP, dove è previsto che queste si protrarranno per un tempo stimato di 56 giorni. Il totale di giorni effettivi di registrazione dati sui due permessi è stimato in 102 giorni.

Oltre i tempi previsti per registrazione dei dati sismici, la stima di 102 giorni tiene conto dei tempi complessivamente previsti per l'esecuzione delle prove, la messa a mare e il recupero della strumentazione, i tempi per l'effettuazione delle curve tra la registrazione di due profili consecutivi e dei tempi per l'adozione delle misure di mitigazione ambientali previste (vedi paragrafo 2.10).

Inoltre, i tempi previsti tengono conto di eventuali brevi fermate delle operazioni per avverse condizioni meteorologiche.

Il dettaglio del crono programma è riportato nella tabella seguente.

2.10 Principali impatti attesi

Le operazioni di registrazione di campagne geofisiche con la tecnica della sismica a riflessione che utilizzano l'air gun quale sorgente di impulsi sono molto comuni nel Mediterraneo così come in generale in tutte le zone del mondo. Di conseguenza, gli impatti ambientali associati all'uso di tali tecniche sono conosciuti e ben documentati, come altrettanto conosciute e documentate sono misure mitigazione destinate a minimizzare gli effetti ambientali indesiderati legate all'uso di tali tecniche.

In questo paragrafo sono elencati i principali impatti potenziali generati dall'esecuzione di una campagna sismica a riflessione 2D che utilizza l'air gun come sorgente impulsiva. E' opportuno sottolineare che l'elencazione che segue è basata su considerazioni di carattere generale e fa riferimento ai possibili effetti ambientali indipendentemente dal luogo dove le operazioni di acquisizione dei dati sismici sono svolte. L'individuazione e la stima degli impatti relativi alle caratteristiche specifiche del contesto ambientale delle aree di indagine è trattata in maniera esaustiva nell'ambito del Quadro di riferimento Ambientale.

- Impatto su cetacei, tartarughe e in generale sulla fauna marina generato dagli impulsi sismici prodotti dall'energizzazione dell'air gun. Questo genere di impatti è potenzialmente il più significativo in quanto in grado di interferire con il sistema di orientamento dei cetacei provocati dalle basse frequenze emesse con lo "sparo" dell'air gun. Le componenti interessate sono il rumore, gli ecosistemi e la fauna marina, con particolare riferimento alle specie più sensibili.
- Emissioni di inquinanti in atmosfera e mare generati dagli effluenti gassosi dei motori e dagli effluenti liquidi della nave. Tali impatti possono essere in generale considerati trascurabili in considerazione della temporaneità delle operazioni e della distanza esistente (almeno 12 miglia nautiche pari a circa 21,6 km) tra il luogo dove sono svolte le attività e le aree costiere. Le componenti ambientali coinvolte sono atmosfera ed ambiente marino.
- Impatto sulla pesca dovuto alla riduzione temporanea delle aree di disponibili per tale attività. Questo impatto ha un carattere di forte temporaneità in quanto le aree precluse alla pesca variano in funzione della posizione della nave. La componente antropica interessata è la pesca.

- Interferenza con traffico marittimo. Questo genere di impatto è temporaneo e trascurabile atteso che gli aspetti relativi alla sicurezza della navigazione sono regolati da apposite misure previste nel Codice della Navigazione.

2.11 Misure di mitigazione degli impatti

I potenziali impatti ambientali sopra elencati possono essere evitati o comunque minimizzati, attraverso l'adozione di opportune misure di mitigazione. Questo capitolo contiene:

- la descrizione delle procedure predisposte livello internazionale per l'esecuzione delle attività di prospezione geofisica;
- la descrizione delle procedure operative adottate ufficialmente dalla Spectrum nell'ambito della politica ambientale che la società persegue con rigore in ambito internazionale;
- la descrizione delle misure di mitigazione e delle procedure operative specifiche che saranno attuate per l'esecuzione della campagna di prospezione geofisica nell'ambito dei permessi di prospezione d 1 B.P – SP e d1 F.P – SP.

E' opportuno evidenziare che le misure di mitigazione e le pratiche di seguito descritte riguardano in particolare le procedure da adottarsi ai fini della minimizzazione degli impatti su cetacei, tartarughe e fauna marina in generale. Infatti, questo genere di impatti sono stati riconosciuti come quelli potenzialmente più significativi da molte istituzioni ed organizzazioni scientifiche internazionali, le quali hanno perciò definito una serie di misure e pratiche operative, assembleate in forma di linee guida e raccomandazioni, appositamente emanate allo scopo di produrre una adeguata documentazione di riferimento per gli operatori del settore.

Tra queste, sono di seguito descritte quelle di maggiore importanza e riconosciute a livello internazionale quali "migliori pratiche" (best practices).

2.11.1 Linee Guida

Linee guida emanate dal Joint Nature Conservation Committee (JNCC)

In ambito internazionale, sono generalmente adottate le linee guida emanate dal Joint Nature Conservation Committee (JNCC) che è il comitato scientifico del governo britannico in materia di conservazione della natura a livello nazionale ed

internazionale. Le misure di mitigazione indicate nelle linee guida sono adottate nel mondo come migliori pratiche operative per l'acquisizione di campagne sismiche a mare.

Queste linee guida, scritte espressamente per le attività condotte nelle acque del Regno Unito, sono integralmente valide per le operazioni condotte altrove ed hanno lo scopo di ridurre fino a un livello identificato come "trascurabile" il rischio di arrecare danni o disturbo ai mammiferi marini in generale (balene, delfini, foche, focene).

Di seguito sono riassunte le misure precauzionali distinte in quelle da adottare PRIMA dell'inizio, DURANTE e DOPO l'indagine geosismica.

Prima dell'inizio dell'indagine e durante la sua pianificazione la società che effettua i lavori è tenuta a:

1. Consultare tutta la letteratura disponibile sui mammiferi marini dell'area dove si intende operare o in caso contattare la JNCC.
2. Pianificare il monitoraggio in modo da diminuire la probabilità di incontrare mammiferi marini o operare in zone riproduzione o nursery.
3. Premunirsi a bordo di personale qualificato nell'osservazione di mammiferi marini (Marine Mammals Observers - MMOs).
4. Pianificare l'utilizzo del minor livello di energia necessario per condurre l'indagine geosismica.
5. Individuare i metodi per ridurre la produzione inefficace di suoni a bassa frequenza prodotti da air gun o altra sorgente.

Durante l'indagine geosismica la società che effettua i lavori è tenuta a:

1. Prima di iniziare l'attività di emissione durante l'indagine geosismica, è necessario che i Marine Mammals Observers controllino la presenza di mammiferi marini nel raggio di 500 metri.
2. Se riscontrata la presenza di cetacei, l'inizio dell'emissione deve essere ritardato fino a quando gli animali si sono spostati, lasciando passare abbastanza tempo dall'ultimo avvistamento (30 minuti) per consentire agli animali di allontanarsi dal raggio di azione della sorgente.
3. Il raggiungimento della intensità e frequenza operativa degli air-gun deve essere conseguito gradualmente (20 minuti) per consentire agli animali il tempo necessario per allontanarsi dalla sorgente (soft start o ramp up). Per assicurarsi dell'assenza degli animali compiere un monitoraggio acustico passivo (Passive Acoustic Monitoring) oltre al monitoraggio visivo (look and listen).
4. Durante l'indagine geosismica non immettere un livello di energia superiore al necessario ma utilizzare il minor livello di energia che consenta di eseguire l'indagine.

Dopo l'indagine geosismica la società che ha effettuato i lavori è tenuta a inviare al JNCC un rapporto completo degli avvistamenti registrati su apposite schede.

I contenuti del rapporto dovranno includere:

- Date luogo dell'indagine.
- Numero e volume di ogni air gun nonché volume complessivo della batteria di air gun utilizzati.
- Frequenza (Hz), intensità (dB re 1 μ Pa) degli air gun ed intervallo di emissione degli impulsi (secondi).
- Numero e tipo di imbarcazioni coinvolte nell'indagine.
- Un report che indichi tutte le volte in cui sono stati utilizzati air gun e dettagli sulla durata degli "soft start".
- I dettagli di tutte le occasioni in cui si sono verificati problemi durante l'indagine geosismica o nell'applicazione delle procedure di avvistamento dei mammiferi marini.
- I report di tutti gli avvistamenti di mammiferi marini con commenti degli avvistatori (MMOs).

Raccomandazioni emanate dall' Agreement on the Conservation of Cetaceans in the Black Sea Mediterranean Sea and Contiguous Atlantic Area (ACCOBAMS)

ACCOBAMS si configura come un accordo di cooperazione per la conservazione della biodiversità marina e in particolare dei cetacei nel Mare mediterraneo e nel Mar Nero. Tra le attività, ACCOBAMS porta avanti la realizzazione delle linee guida in materia di impatto sui cetacei generato dal rumore di origine antropogenica.

A tale riguardo, il CIBRA (Centro Interdisciplinare di Bioacustica di Pavia) ha redatto per ACCOBAMS una serie di procedure specifiche di seguito riportate:

1. Pianificare l'indagine in modo da evitare gli habitat principali e le zone ad alta densità di mammiferi marini.
2. Durante l'indagine geosismica non emettere livelli di energia superiori al necessario.
3. Limitare la propagazione orizzontale e adottare la configurazione degli array e la sincronizzazione degli impulsi appropriate eliminando le altre frequenze inefficaci.
4. Pianificare le rotte lungo le quali compiere le prospezioni tenendo conto anche dei movimenti degli animali e le possibili vie di fuga.
5. Modellizzare la propagazione del suono in relazione alle variabili oceanografiche (profondità, profili di temperatura, caratteristiche del fondale).

6. Effettuare in continuo un monitoraggio visivo (per mezzo di Marine Mammals Observers – MMOs) e acustico (monitoraggio acustico passivo – PAM) avvalendosi di personale specializzato per poter escludere la presenza di mammiferi marini prima di iniziare ad attivare la sorgente di suono o mentre la sorgente è attiva.
7. A bordo deve essere adeguatamente fornito l'equipaggiamento necessario agli osservatori (binocoli o big eyes).
8. Generalmente, deve essere proibito l'utilizzo di air gun ad alta energia durante la notte, in momenti del giorno a scarsa visibilità o in condizione di stato del mare che renda difficile l'attuazione delle misure di mitigazione.
9. Deve essere utilizzato il monitoraggio acustico passivo (PAM) per incrementare l'efficienza di localizzazione dei mammiferi marini.
10. Ad ogni ora disponibile e durante ogni attività devono operare almeno due MMOs; per questo devono essere pianificati appropriati turni di avvistamento. Nel caso di monitoraggio passivo, è necessario almeno un osservatore al lavoro.
11. Prima di iniziare l'emissione è necessario che i MMOs controllino la presenza di mammiferi marini nella zona di emissione per almeno 30 minuti.
12. In caso di avvistamento di individui appartenenti alla famiglia degli Zifidi, devono essere attuate delle misure di mitigazione supplementari. Il tempo di osservazione, prima dell'emissione deve essere prolungato a 120 minuti.
13. Ogni qual volta viene accesa la sorgente di impulsi, il raggiungimento dell'intensità e frequenza operativa degli air gun deve essere conseguito gradualmente per consentire agli animali il tempo necessario per allontanarsi dalla sorgente (soft start o ramp up).
14. Il soft start non deve iniziare prima di 30 minuti dall'ultimo avvistamento di mammiferi marini (120 minuti in caso di avvistamento di Zifidi).
15. Evitare di esporre gli animali a livelli acustici dannosi attuando previsioni sui loro movimenti, cambiando la rotta della nave e se applicabile riducendo (power-down) o cessando (shut-down) l'attività della sorgente.
16. In caso siano avvistati mammiferi marini all'interno dell'area di emissione deve essere attuata la procedura di spegnimento della sorgente.
17. In caso si utilizzi più di un'imbarcazione, assicurarsi che la distanza tra le navi sia sufficiente per far allontanare gli animali dalle sorgenti.
18. Considerare lo scambio di dati tra imprese per minimizzare l'impatto sulle stesse aree di interesse geosismico.

2.11.2 Le procedure ambientali della Spectrum

Nell'ambito della politica ambientale adottata a livello societario, la Spectrum si è dotata di apposite procedure ambientali contenute nel documento "Environmental Procedures: Cetaceans MMO – version 1.03", adottato nell'agosto del 2010.

Con questo documento, la Spectrum si impegna a mettere in atto le Linee Guida del JNCC per la riduzione del rischio di arrecare danno o disturbo ai mammiferi marini durante l'esecuzione delle campagne di acquisizione sismica.

La versione del 2010 delle linee guida adottata dalla Spectrum raccoglie le modifiche e le migliorie individuate nelle revisioni delle Linee Guida JNCC effettuate nel 2007 e 2009 in relazione ai regolamenti in materia di conservazione degli habitat naturali.

2.11.3 Misure di mitigazione adottate in fase di progetto

Tenendo presente quanto riportato nel paragrafo precedente e sulla base dei parametri tecnici di acquisizione che saranno impiegati per i rilievi geofisici nei permessi di prospezione d.1 B.P- SP e d.1 F.P – SP, delle caratteristiche fisiche del bacino adriatico e della fauna marina potenzialmente presente nelle aree di lavoro, si riportano di seguito le misure di mitigazione degli impatti che la Spectrum intende applicare per i rilievi geosismici in progetto.

Le misure sotto indicate integrano e completano, laddove non già ricomprese, le pratiche operative descritte nelle procedure ambientali della Spectrum riportate nel citato documento "Environmental Procedures: Cetaceans MMO – version 1.03" del 2010.

Con riferimento alle misure previste dal JNCC e ACCOBAMS, Spectrum ha già adottato quelle previste nella fase preparatoria della campagna sotto riportate:

1. Consultare tutta la letteratura disponibile sui mammiferi marini dell'area dove si intende operare.
2. Pianificare l'utilizzo del minor livello di energia necessario per condurre l'indagine geosismica.
3. Individuare i metodi per ridurre la produzione inefficace di suoni a bassa frequenza prodotti da air gun.
4. Limitare la propagazione orizzontale adottando la configurazione degli array e la sincronizzazione degli impulsi appropriate ed eliminando le altre frequenze inefficaci.
5. Modellizzare la propagazione del suono in relazione alle variabili oceanografiche (profondità, profili di temperatura, caratteristiche del fondale).

Relativamente alle due fasi successive, Spectrum adotterà le misure JNCC (versione 2010) e ACCOBAMS di seguito indicate.

Durante l'indagine geosismica:

1. Prima di iniziare l'attività di emissione durante l'indagine geosismica, due osservatori qualificati a bordo della nave controlleranno la presenza di mammiferi marini nel raggio di 500 metri.
2. Se la presenza di cetacei è accertata, l'inizio dell'emissione sarà ritardato fino a quando gli animali si sono allontanati, lasciando passare 30 minuti dall'ultimo avvistamento per consentire agli animali di spostarsi al di fuori del raggio di azione della sorgente.
3. Prima di iniziare l'emissione gli osservatori verificheranno l'assenza di mammiferi marini nella zona di emissione per almeno 30 minuti.
4. In caso di avvistamento di individui appartenenti alla famiglia degli Zifidi, il tempo di osservazione, prima dell'emissione, sarà esteso a 120 minuti.
5. Sarà utilizzato il monitoraggio acustico passivo (PAM) per assicurare la localizzazione dei mammiferi marini durante le ore notturne o in condizioni di scarsa visibilità o a richiesta degli osservatori.
6. Impiego del sistema soft start per il raggiungimento dell'intensità e frequenza operativa degli air gun. Questo sistema consente l'innalzamento graduale dell'intensità degli impulsi sismici che sarà conseguito in un tempo minimo di 20 minuti per consentire agli eventuali animali presenti nei dintorni della nave di allontanarsi in sicurezza dalla sorgente.
7. La boa di coda del cavo idrofoni (streamer) sarà dotata di appositi dispositivi che eviteranno la struttura sommersa della boa possa intrappolare o arrecare danni alle tartarughe marine.
8. In caso siano avvistati mammiferi marini all'interno dell'area di emissione sarà attuata la procedura di spegnimento della sorgente.
9. Durante l'indagine geosismica non sarà emessa energia superiore rispetto a quella prevista nel progetto.

10. Sarà utilizzato il monitoraggio acustico passivo (PAM) per assicurare la localizzazione dei mammiferi marini durante le ore notturne o in condizioni di scarsa visibilità o a richiesta degli osservatori.

Dopo l'indagine geosismica Spectrum invierà all'Autorità Competente e all'ISPRA un rapporto completo delle osservazioni effettuate, con annotazione delle date e dei luoghi degli eventuali avvistamenti di mammiferi marini opportunamente documentate dagli osservatori (MMOs), le caratteristiche tecniche degli air gun (numero e volume di ogni air gun e volume complessivo della batteria di air gun utilizzati), la frequenza (Hz) e l'intensità (dB re 1 μ Pa) degli air gun e l'intervallo di emissione degli impulsi.

Oltre alle misure di mitigazione sopra indicate, Spectrum si impegna a eseguire la campagna geosismica nel periodo compreso tra i mesi di febbraio e settembre (inclusi) al di fuori del periodo di riproduzione delle specie ittiche tipiche delle aree di lavoro.

Quale ulteriore misura di mitigazione, solo nel caso si verificassero le condizioni necessarie, Spectrum potrebbe utilizzare due navi sismiche che opererebbero contemporaneamente per diminuire (dimezzare) i tempi di acquisizione dei dati sismici e quindi ridurre parte dei potenziali impatti ambientali.

Qualora Spectrum decidesse di procedere all'acquisizione dei dati con l'impiego contemporaneo di due navi, queste opererebbero necessariamente in maniera autonoma, ciascuna in un permesso di prospezione, evitando di interferire l'una con l'altra e mantenendosi una distanza reciproca sempre superiore alle 24 miglia marine.

BIBLIOGRAFIA

Si riportano nel seguito i riferimenti bibliografici utilizzati per la redazione dello Studio di Impatto Ambientale.

- Bilancio Energetico Nazionale 2009, Ministero dello Sviluppo Economico, Dipartimento per l'Energia, 2010
- Rapporto Energia e Ambiente – Analisi e scenari 2009. ENEA, 2010
- EU energy trends to 2030 – Update 2009, European Commission, Directorate General for Energy, 2010
- Panorama of energy, Eurostat Statistical Book, 2009
- Oil and gas security, Italy 2010, International Energy Agency, 2010
- World Energy Outlook 2010, International Energy Agency, 2010
- Politiche Energetiche dei Paesi Membri dell'AIE – ITALIA Esame 2009, International Energy Agency, 2010
- La politica energetica dell'Unione europea, Dossier n. 109, Servizio Studi, Senato della Repubblica, Gennaio 2009
- Relazione annuale sullo stato dei servizi e sull'attività svolta, Autorità per l'Energia Elettrica e per il Gas, 2010
- Rapporto annuale 2011, Direzione Generale per le Risorse Minerarie ed Energetiche, Ministero dello Sviluppo Economico, 2011
- Glossario del diritto del mare, III Edizione, Rivista Marittima, Caffio F., 2007
- Avviso ai naviganti, Allegato al Fascicolo Avvisi ai Naviganti N. 1 – 2011, Istituto Idrografico della Marina, 2011
- Il Mare Adriatico – ISMAR-CNR – Ancona
- The Adriatic Sea general circulation Part I: air-sea interactions and water mass structure. J. Phys. Oceanogr., 27, 1492-1514, Artegiani A., D. Bregant, E. Paschini, N. Pinardi, F.Raicich and N. Russo, 1997
- The Adriatic Sea general circulation Part I: air-sea interactions and water mass structure. J. Phys. Oceanogr., 27, 1492-1514, Artegiani A., D. Bregant, E. Paschini, N. Pinardi, F.Raicich and N. Russo, 1997
- The Adriatic Sea general circulation Part II: baroclinic circulation structure. J. Phys. Oceanogr., 27, 1515-1532, Artegiani A., D. Bregant, E. Paschini, N. Pinardi, F.Raicich and N. Russo, 1997
- Ecologia marina, Parte I e Parte II – Università di Roma La Sapienza, G.D. Ardizzone, 2010
- Introduzione alle biocenosi bentoniche, Parte I e Parte II – Università di Roma La Sapienza, G.D. Ardizzone, 2010
- Convenzione sulla Diversità Biologica 4° Rapporto Nazionale, 31/3/2009 – MATTM
- Dominio pelagico – Quaderni Habitat n. 16, MATTM-Museo Friulano di Storia Naturale, 2007

- Manuale italiano di interpretazione della Direttiva Habitat 92/43/CEE - MATTM-DPN, Società Botanica Italiana, 2010
- Relazione tecnico-scientifica sulla Rete Natura 2000 mare in Italia, - MATTM-DPN, Società Italiana di Biologia Marina, 2009
- Cartografia delle principali biocenosi marine costiere, dei sedimenti, dello stato delle conoscenze e della naturalità – Relazione Finale; MATTM/DPN, DIP.TE.RIS - Università di Genova, Società Italiana di Biologia Marina, 2003
- Rapporto sullo stato di qualità ambientale della fascia costiera marchigiana: balneabilità e biocenosi, ARPAM, 2003
- Fondali e cicli biogeochimici, F. Frascari, F. Spagnoli, A. Puddu, CNR, Progetto Prisma 1
- Cartografia geologica dei mari italiani scala 1:250.000, ISPRA - Servizio Geologico Nazionale
- Risultati di una ricerca ecologica sul sistema marino costiero pugliese, Vincenzo Damiani, Carlo Nike Bianchi, Ornella Ferretti, Daniele Bedulli, Carla Morri, Monique Viel, Giovanni Zurlini; Thalassia Salentina, Vol. 18, 1988
- Specie minacciate nel Mare Mediterraneo. Il caso degli Elasmobranchi: valutazione del loro stato e iniziative internazionali per la loro conservazione; Fabrizio Serena¹, Cecilia Mancusi¹, Marino Vacchi²; Atti del II Workshop Internazionale HMAP del Mediterraneo e Mar Nero, Chioggia 2006
- Specie marine e salmastre protette in Italia, Società Italiana di Biologia Marina, 2006
- Checklist della flora e della fauna dei mari italiani (Parte I), MATTM/DPN - Società Italiana Biologia Marina; Biologia Marina Mediterranea, Vol. 15 (suppl.1), 2008
- Checklist della flora e della fauna dei mari italiani (Parte II), MATTM/DPN - Società Italiana Biologia Marina; Biologia Marina Mediterranea, Vol. 17 (suppl.1), 2010
- Checklist e Distribuzione della Fauna Italiana - MATTM/DPN, 2003
- IUCN, International Union for Conservation of Nature 2011 - IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1.
- Banca dati "Monitoraggio degli spiaggiamenti dei cetacei", MATTM, Università degli Studi di Pavia, Museo di Storia Naturale di Milano
- Tutela delle specie migratrici e dei processi migratori - Verso la Strategia Nazionale per la Biodiversità - MATTM-DPN, 2009
- Dominio pelagico - Quaderni Habitat n. 16, MATTM-Museo Friulano di Storia Naturale, 2007
- Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani, MATTM/DPN, ICRAM, 2006
- Analisi del differenziamento genetico tra popolazioni di *Palinurus elephas* attraverso l'impiego di marcatori genetico mitocondriali e nucleari; Università degli Studi di Cagliari, S. Buccoli, A.M. Deiana, 2006
- Mammiferi d'Italia - Quaderni di conservazione della natura n. 14; MATTM-DPN-ex Istituto per la fauna selvatica
- Conserving whales, dolphins and porpoises in the Mediterranean and Black Seas, ACCOBAMS Status Report, G. Notarbartolo di Sciara, Alexei Birkun jr., 2010

- ACCOBAMS, National Report of Italy; Third Meeting of the Contracting Parties, Zubrovnik, Croatia, October 2007
- Repertorio della Fauna italiana protetta – MATTM - Direzione Generale per la Protezione della Natura del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2003
- Spiaggiamenti di tartarughe marine lungo le coste pugliesi- Analisi dei dati dal 1996 al 2006.; Regione Puglia Assessorato Ecologia, Autorità Ambientale Regionale, Area Naturalistica, 2006
- Spiaggiamenti Cetacei e Tartarughe – MATTM - Direzione per la Difesa del Mare, 2002
- Observations of marine turtles in relation to seismic air gun sound off Angola, Weir C.R.; Marine Turtle Newsletter, 116: 17-20; 2007
- Linee guida per il recupero, soccorso, affidamento e gestione delle tartarughe marine ai fini della riabilitazione e per la manipolazione e rilascio a scopi scientifici, ICRAM, 2008
- Spiaggiamento di sette esemplari di capodoglio (*Physeter macrocephalus*) sul litorale compreso tra Cagnano Varano e Ischitella (FG) tra il 10 Dicembre e il 15 Dicembre 2009 - Relazione Finale, Sandro Mazzariol, Dipartimento di Sanità Pubblica, Patologia Comparata e Igiene Veterinaria Università degli Studi di Padova, 2010
- Sometimes sperm whales (*Physeter macrocephalus*) cannot find their way back to the high seas: a multidisciplinary study on a mass stranding, Sandro Mazzariol, Giovanni Di Guardo, Antonio Petrella, Letizia Marsili, Cristina M. Fossi, Claudio Leonzio, Nicola Zizzo, Salvatrice Vizzini, Stefania Gaspari, Gianni Pavan, Michela Podestà, Fulvio Garibaldi, Margherita Ferrante, Chiara Copat, Donato Traversa, Federica Marcer, Sabina Airoidi, Alexandros Frantzis, Yara De Bernaldo Quiros, Bruno Cozzi, Antonio Fernandez - PLoS ONE, Vol. 6, Maggio 2011
- Atti del settimo Convegno Nazionale sui cetacei e sulle tartarughe, Centro Studi Cetacei, Roma, 2007
- Using at-sea experiments to study the effects of air guns on the foraging behavior of sperm whales in the Gulf of Mexico, Miller, P.J.O., et al. - Deep-Sea Research 1, 2009
- 'Turtle guards': a method to reduce the marine turtle mortality occurring in certain seismic survey equipment. Ketos Ecology report, 2009
- Ambient noise in the sea. Peninsula Publishing Library of Congress. 1986;205, Urick R.J.
- Low frequency deep water ambient noise along the Pacific Coast of the United States. Journal of Underwater Acoustics. 1969. 19: 423-444, Wenz, G. M.
- MARPOL 73/78 International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973
- UNI EN ISO 14509 – Misurazione del rumore aereo generato dalle imbarcazioni da diporto a motore
- UNI EN ISO 14509/2 – Valutazione del rumore con utilizzo di unità di riferimento. Unità di piccole dimensioni

- UNCLOS- United Nations Convention on the Law of the Sea,1982
- Report of the Standing Working Group on Environmental Concerns. Proc. 58th IWC. Annex K: 1-73, International Whale Commission, 2006
- ACCOBAMS, Resolution 2.16. Assessment and impact assessment of man-made noise. Second Meeting of the ACCOBAMS Contracting Parties, 2004
- ACCOBAMS Recommendation SC 4.3. Anthropogenic Noise. Fourth Meeting of the ACCOBAMS Scientific committee, 2006
- ACCOBAMS, Recommendation 3.10. Guidelines to address the impact of anthropogenic noise on marine mammals in the ACCOBAMS area. Third Meeting of the ACCOBAMS Contracting Parties,2007
- Guidelines to address the issue of the impact of anthropogenic noise on marine mammals in the ACCOBAMS area. Report prepared for the 4rd meeting of the ACCOBAMS Scientific Committee. Pavan G., 2006
- JNCC Guidelines for minimising acoustic disturbance to marine mammals from seismic surveys, Joint Nature Conservation Committee JNCC, . August 2010
- Valutazione di impatto ambientale delle prospezioni geosismiche sottomarine – Parte I: Normativa e linee guida di riferimento, Lanfredi C., Azzellino A., Vismara R., Ingegneria ambientale, Vol. XXXVIII n. 4/2009
- Valutazione di impatto ambientale delle prospezioni geosismiche sottomarine – Parte II: Stima degli impatti ed effetti sugli organismi, Lanfredi C., Azzellino A., Vismara R., Ingegneria ambientale, Vol. XXXVIII n. 5/2009
- Scientific basis for management of fish resources with regard to seismic exploration, Proceedings of Petropiscis II, Bergen Norway, Nakken, O. 1992
- Effects of seismic shooting on local abundance and catch rates of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogramma aeglefinus*). – Can. J. Fish. Sci. 53: 2238-2249, Engås, A., Løkkeborg, S., Ona, E. & Soldal, A.V. 1995
- Acoustic mapping of pelagic fish distribution and abundance in relation to a seismic shooting area off the Norwegian west coast. – Fisheries Research 67: 143-150, Slotte, A., Hansen, K., Dalen, J. & Ona, E. 2004
- High intensity anthropogenic sound damages fish ears. – J. Acoust. Soc. Am., 113:638-642. doi:10.1121/1.1527962, McCauley, R. D., Fewtrell, J, & Popper, A. N. 2003
- Effects of seismic air gun on marine fish. – Continental shelf research. 21(8-10): 1005-1027, Wardle, C.S., Carter, T.J., Urquhart, G.G., Johnstone, A.D.F., Ziolkowski, A.M., Hampson, G. & Mackie, D. 2001
- Utredning av konsekvenser av helårig petroleumsvirksomhet Lofoten_Barentshavet. Konsekvenser av seismisk aktivitet – ULB Delutredning 18. – Olje- og Energidepartementet, Oslo, Østby, C., Nordstrøm, L. & Moe, K.A. 2003
- Strategic Environmental Impact Assessment of hydrocarbon activities in the Disko West area. National Environmental Research Institute, University of Aarhus. 188 pp. – NERI technical report no. 618: 188 pp, Mosbech, A., Boertmann, D. & Jespersen, M. 2007
- Kunnskabsstatus of forskningsbehov med hensyn til skremmeeffekter og skadevirkninger av seismiske lydbølger på fisk og sjøpattedyr. – Oljedirektoratet,

Fisjkeridirektoratet of Statens Forureningstilsyn, Bergen, Dalen, J., Hovem, J.M., Karlsen, H.E., Kvasdheim, P.H., Løkkeborg, S., Mjelde, R., Pedersen, A. & Skiftesvik, A.B. 2008

- Effekter av seismiske undersøkelser p^oa fiskefordeling og fangstrater for garn og line I vester^oalen sommeren 2009. *Fisken og Havet 2*: 76 pp, Løkkeborg, S., Ona, E., Vold, A., Pena, H., Salthaug, A., Totland, B., Øvredal, J. T., Dalen, J., and Handegard, N. O. 2010
- Review of scientific information on impacts of seismic sound on fish, invertebrates, marine turtles and marine mammals. – DFO Can. Sci. Advis. Sec. Habitat Status Report 2004/002.
- Impacts of geophysical seismic surveying on fishing success. – *Reviews in Fish Biology and Fisheries 10*: 113-118, Hirst, A. G. & Rodhouse, P. G. 2000
- Effects of seismic energy on Snow crab (*Chionoecetes opilio*). – *Environmental Studies Research Funds Report 144*, Calgary, Christian, J.R., Mathieu, A., Thomson, D.H., White, D. & Buchanan, R.A. 2003
- Proceedings of the peer review on potential impacts of seismic energy on snow crab. DFO Canadian Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2004/045, Chadwick, M. 2005
- The hearing abilities of the prawn *Palaemon serratus*. – *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A 140*: 89-100, Lovell, J.M., Findlay, M.M., Moate, R.M. & Yan, H.Y., 2005
- Potential Impacts of seismic energy on Snow Crab. – *Habitat Status Report 2004/003*.
- First assessment of effects of air gun seismic shooting on marine resources in the central Adriatic Sea. – *International conference on health, safety and environment in oil & gas exploration & production*, New Orleans LA, 9-12 June 1996, p. 227-238, La Bella, G., Cannata, S., Frogliola, C., Ratti, S. & Rivas, G., 1996
- The effect of seismic surveys on catch rates of rock lobsters in western Victoria, Australia. – *Fisheries Research 79*: 272-284, Parry G. D. & Gason, A. 2006
- Evaluating the impact of seismic prospecting on artisanal shrimp fisheries. – *Continental Shelf Research 25*: Issue 14: 1720-1727, Andriquetto-Filho, J.M., Ostrensky, A., Pie, M.R., Silva, U.A. & Boeger, W.A. 2005
- Noise Exposure Criteria Group, Strategies for weighting exposure in the development of acoustic criteria for marine mammals, 150th Meeting of the Acoustical Society of America, 17-21 October 2005.
- Strategies for weighting exposure in the development of acoustic criteria for marine mammals. *Journal of the Acoustical Society of America*. 2005; 118(3), Miller, J.H., Bowles, A.E., Southall, B., Gentry, R.L., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Greene, C.R., Kastak, D., Ketten, D.R., Tyack, P.L., Nachtigall, P.E., Richardson, W.J., and Thomas, J.A., 2009.
- Wake Distribution of Full Ships, *Journal of Society of Naval Architects of Japan*, Vol. 120, pp. 216-230, Sasajima, H., Tanaka, I. and Suzuki, T., 1966
- Trailing Edges of Propeller Blades of High Powered Single Screw Ships, *International Shipbuilding Progress*, Vol. 10, no. 101, Manen, J.D. van Bent, 1963

- Fondamenti ed applicazioni di propulsione navale, Dipartimento di Ingegneria Navale, del Mare e per l'Ambiente, Università degli Studi di Trieste, Trincas G., 2010
- Mechanics of Underwater Noise, Pergamin Press, Oxford, Ross, D., 1976
- Review of the effects of underwater sound generated by seismic surveys in cetaceans. Seawatch Foundation, Oxford, UK, Evans, P.G.H. and Nice, H. 1996
- Oceans of Noise 2004, WDSC (Whale and Dolphin Conservation Society) Science Report
- Osservatorio Traffici Marittimi, Relazione 2010, Simonella I., 2010
- International Association of Geophysical Contractors, Air gun Arrays and Marine Mammals, August 2002
- Linee guida e modalità di gestione della pesca nella zona di tutela biologica della Fossa di Pomo - Adriatico centrale, Regione Abruzzo, 2006
- Periodi riproduttivi delle specie ittiche dei mari italiani, Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Abruzzo e del Molise "Giuseppe Caporale" – Teramo, Giansante C., Vallerani M., Angelini S., 2006
- Some considerations on the concept and definition of the "priority species" for the fishery assessment and management purposes in the GFCM area, AdriaMed, 2007
- Identification of the priority species and shared stocks in the Mediterranean Geographical Sub-Area 18 (Southern Adriatic Sea), AdriaMed, 2008
- Applicability and performance of some biological and economic indicators for the Adriatic Sea trawl fisheries in the western GFCM GSA 18, AdriaMed, 2006
- General outline of marine capture fisheries legislation and regulations in the Adriatic Sea countries, AdriaMed, 2007
- The Biology and Stock Assessment of *Merluccius merluccius* (L.) in the Adriatic Sea: an Historical Review by Geographical Management Units, AdriaMed, 2001
- Review of current knowledge on demersal shared stocks of the Adriatic Sea, AdriaMed Technical Documents No.12, 2004
- The geographical management units of the Adriatic Sea, AdriaMed, 2001
- Ecosystem effects of fishing in the Mediterranean: an analysis of the major threats of fishing gear and practices to biodiversity and marine habitats, Studies and review n. 74, General Fisheries Commission for the Mediterranean, 2004
- Nursery areas of some demersal species in the Adriatic Sea (GSA 17), C. Piccinetti, C. Manfredi, N. Vrgoč, B. Marčeta, 2009
- The small pelagic fisheries on the Western coast of the Adriatic Sea: monitoring and assessment, N. Cingolani, E. Arneri, G. Giannetti, A. Santojanni, A. Belardinelli, S. Colella, F. Donato, 2001
- Osservatorio economico sulle strutture produttive della pesca marittima in Italia, IREPA Onlus, 2009
- Le risorse ittiche della GSA 17 nel 2010, Laboratorio di Biologia Marina e Pesca di Fano dell'Università di Bologna, 2010

- Piano di gestione GSA 17 – Strascico - Mare Adriatico centro settentrionale (ex art.24 del Reg. (CE) n.1198/2006), Ministero delle politiche agricole e forestali, 2010
 - Piano di gestione GSA 18 – Strascico - Mare Adriatico meridionale (ex art.24 del Reg. (CE) n.1198/2006), Ministero delle politiche agricole e forestali, 2010