



Dicembre 2017

**PERMESSO DI RICERCA DI IDROCARBURI  
LIQUIDI E GASSOSI “CASCINA ALBERTO”  
– CAMPAGNA DI INDAGINI GEOFISICHE**

**Progetto di Fattibilità Tecnica  
ed Economica – Relazione  
tecnico-descrittiva**

Studio Redatto da: Shell Italia E&P (SlitEP) S.p.A.

**RELAZIONE**





## Indice

<b>1.0</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>4</b>
<b>2.0</b>	<b>INQUADRAMENTO DEL PROGETTO</b>	<b>4</b>
2.1	Obiettivi minerari	4
2.2	Contesto geologico	4
2.3	Attività precedenti	5
2.4	Obiettivi di ricerca	6
2.5	Estensione dell'acquisizione dei dati oltre il confine del Permesso di Ricerca	6
<b>3.0</b>	<b>ANALISI DELLE ALTERNATIVE E DELLE MOTIVAZIONI TECNICHE</b>	<b>8</b>
3.1.1	Opzione zero	8
3.1.2	Alternative tecniche	8
3.1.3	Ubicazioni alternative	12
<b>4.0</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ DI PROGETTO</b>	<b>15</b>
4.1	Descrizione del rilievo sismico	15
4.1.1	Approccio alla metodologia	15
4.1.2	Rilievo sismico utilizzando la tecnica vibroseis	16
4.1.3	Rilievo sismico utilizzando la tecnica della carica sismica	19
4.1.4	Strumentazione di registrazione: Geofoni	20
4.1.5	Strumentazione per la registrazione: l'unità di registrazione	20
4.1.6	Linee sismiche	21
4.1.7	Attività di rilievo sismico	22
4.1.8	Personale, veicoli e campo base	28
4.2	Descrizione del rilievo sismico passivo	29
4.2.1	Metodologia di approccio	29
4.2.2	Strumentazione di registrazione: Geofoni	30
4.3	Layout di progetto	31
<b>5.0</b>	<b>CRONOPROGRAMMA</b>	<b>31</b>
<b>6.0</b>	<b>QUADRO ECONOMICO</b>	<b>31</b>
<b>TABELLE</b>		
	Tabella 1: Metodi non-intrusivi	10
	Tabella 2: Comparazione delle tecniche di generazione di onde sismiche	15



Tabella 3: Personale per le operazioni ..... 28

**FIGURE**

Figura 1: Mappa che mostra i campi Mesozoici esistenti nella parte occidentale della valle del Po ..... 5

Figura 2: Mappa della serie di dati del Permessò di Ricerca Cascina Alberto (1980 e 1990). ..... 6

Figura 3: Vista schematica in sezione raffigurante il percorso delle onde sismiche come si riflettono da una superficie immergente, e come questo impatta la definizione di margine di acquisizione. .... 7

Figura 4: Diagramma che mostra il margine di acquisizione presso le code della linea (da sopra lungo la lunghezza della linea sismica), e dove inizia l'immagine "copertura piena". In aggiunta sono rappresentate le attività operative richieste per ogni sezione del rilievo sismico. .... 8

Figura 5: Orientamento preferibile della griglia con deviazione alternative ..... 12

Figura 6: Vincoli per operazioni con cariche sismiche (gli elementi in blu indicano le aree da evitare) ..... 13

Figura 7: Indicatore di idoneità per uso del suolo (le aree in rosso sono le meno idonee le aree in verde sono le più idonee) ..... 13

Figura 8: Idoneità per operazioni vibroseis (le aree in rosso e bianco sono le meno idonee, le aree in verde e in arancione sono le più idonee) ..... 14

Figura 9: Idoneità per operazioni di carica sismica (le aree in bianco sono quelle da evitare, quelle in rosso sono le meno idonee, le aree in verde e in arancione sono le più idonee) ..... 14

Figura 10: Diagramma che illustra i principali elementi di un rilievo sismico 2D ..... 15

Figura 11: Diagramma che illustra i principi del metodo vibroseis ..... 17

Figura 12: Esempio di camion vibroseis ..... 18

Figura 13: Esempio di operazioni vibroseis ..... 18

Figura 14: Esempi di operazioni vibroseis in zone rurali ..... 19

Figura 15: Geofoni e cavi pronti per essere utilizzati ..... 20

Figura 16: Unità di registrazione ..... 21

Figura 17: Griglia pianificata delle linee sismiche ..... 21

Figura 18: Esempio di attività di rilievo topografico ..... 23

Figura 19: Esempi di strutture di perforazione montati su un trattore ..... 24

Figura 20: Esempi di trivelle montate su mini-trattori ..... 24

Figura 21: Misurazioni della PPV ..... 26

Figura 22: Geofoni utilizzati in contesto rurale ..... 26

Figura 23: Geofoni utilizzati in contesto urbano (nodo) ..... 27

Figura 24: Utilizzo delle apparecchiature in linea ..... 27

Figura 25: Esempio di impiego di geofono in sedimenti sciolti o suolo morbido. Sulla sinistra: un buco di 15 cm di diametro scavato ad una profondità di 25 cm. Al centro: il geofono è posizionato verticalmente nel buco a livello della superficie. Il suolo viene reimpresso intorno al geofono. Sulla destra la cima del geofono viene coperta con l'erba. .... 30

Figura 26: Esempio di impiego del geofono su roccia. Sulla sinistra il geofono senza la punta viene fissato sulla roccia con dell'intonaco. Al centro: il geofono è posizionato verticalmente utilizzando lo



---

**PERMESSO DI RICERCA DI IDROCARBURI LIQUIDI E GASSOSI  
"CASCINA ALBERTO" - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA  
ED ECONOMICA**

---

stucco(zoom)/superficie rocciosa. Sulla destra: il geofono e lo stucco vengono rimossi, la superficie rocciosa viene ripulita con acqua e spazzole. .... 30

**TAVOLE**

Tavola 1 – Layout di Progetto



## 1.0 INTRODUZIONE

Il presente documento rappresenta la relazione tecnico-descrittiva del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica della Campagna di Indagini geofisiche nell'ambito del Permesso di ricerca di idrocarburi liquidi e gassosi "Cascina Alberto", previsto nelle regioni Piemonte e Lombardia.

Il Progetto consiste in una campagna di indagini geofisiche tramite rilievo sismico 2D e tramite rilievo sismico passivo, con l'obiettivo di creare un'immagine dei corpi geologici profondi (di età mesozoica) e della loro struttura, nell'ambito del Permesso di Ricerca Cascina Alberto. Il rilievo sismico 2D verrà effettuato su circa 500 km di linee sismiche e prevede l'utilizzo della tecnica con cariche sismiche e della tecnica vibroseis.

La presente relazione tecnico-descrittiva si compone dei seguenti capitoli:

- Capitolo 2: Inquadramento del progetto
- Capitolo 3: Analisi delle alternative e delle motivazioni tecniche
- Capitolo 4: Descrizione delle attività di progetto
- Capitolo 5: Cronoprogramma
- Capitolo 6: Quadro Economico

## 2.0 INQUADRAMENTO DEL PROGETTO

### 2.1 Obiettivi minerari

L'obiettivo della campagna di indagine geofisica è di acquisire, tramite rilievo sismico 2D e tramite rilievo sismico passivo, dati che possono essere usati per creare un'immagine dei corpi geologici profondi (di età mesozoica) e della loro struttura, nell'ambito del Permesso di Ricerca Cascina Alberto.

Questo lavoro permetterà una maggiore comprensione delle potenziali risorse di idrocarburi e della prospezione in questa area relativamente inesplorata attraverso:

- 1) Il miglioramento delle definizioni dei potenziali elementi di interesse (numero, dimensioni ed estensione).
- 2) La riduzione del rischio di intrappolamento (de-risking closure) attraverso la definizione di immagini dei fianchi diritti (*back limb*) delle strutture sovrascorse immergenti al di sotto delle Alpi.

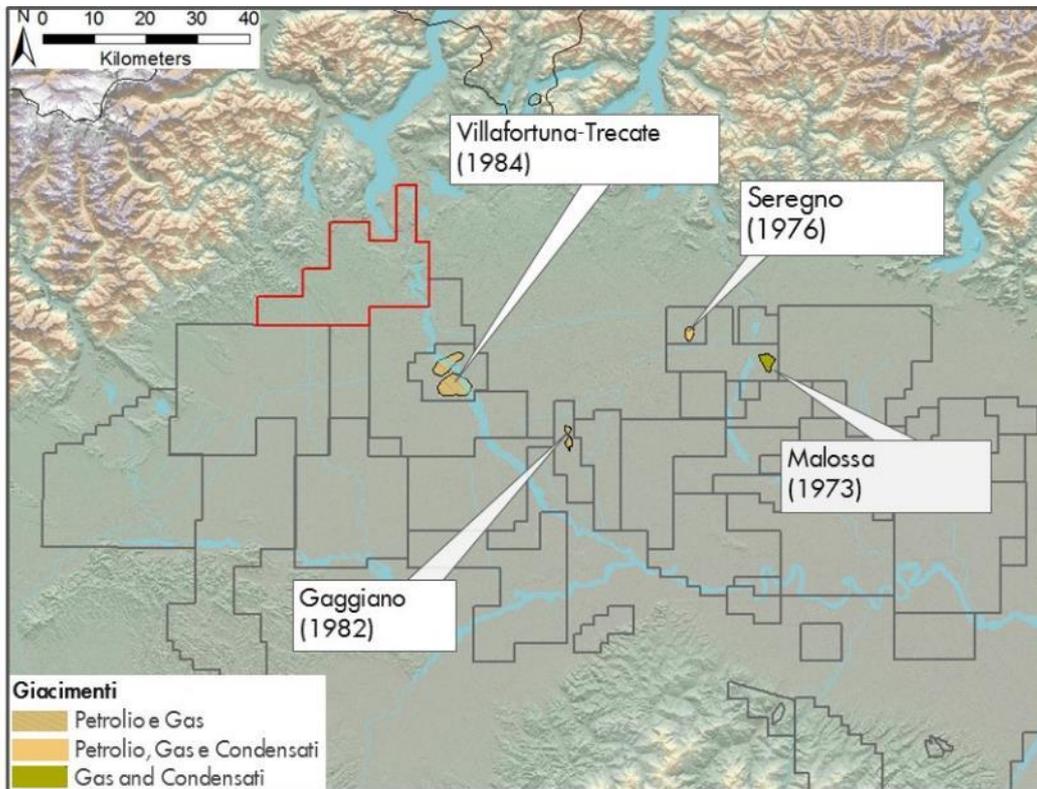
La campagna geofisica è stata pianificata con caratteristiche tali da raggiungere i seguenti obiettivi:

- Buona copertura con una griglia 2D regolare attraverso tutto il Permesso di Ricerca.
- Estensione delle linee oltre il Permesso di Ricerca verso nord, per consentire una completa visualizzazione delle strutture geologiche a cavallo del limite nord-occidentale del Permesso di Ricerca (previo consenso dell'Operatore di altri titoli minerari, ove richiesto).

### 2.2 Contesto geologico

Gli obiettivi di questa indagine geofisica sono le formazioni di età Mesozoica, che rappresentano un sistema petrolifero documentato e produttivo in questa regione della pianura padana occidentale.

Un certo numero di giacimenti profondi di petrolio e gas sono stati scoperti nell'area circostante sin dal 1970 (Figura 1). La maggioranza di questi giacimenti sono stati rinvenuti nelle strutture distensive Mesozoiche, le quali furono riattivate o parzialmente riattivate e deformate durante la compressione alpina. Le rocce madri e le rocce serbatoio sono di età Triassica.



*Figura 1: Mappa che mostra i campi Mesozoici esistenti nella parte occidentale della valle del Po*

La successione stratigrafica Mesozoica è dominata da un lungo periodo di deposizione carbonatica. La deposizione è avvenuta attraverso una fase tettonica distensiva, articolata da una serie di piattaforme e bacini di intra-piattaforma attraverso la valle del Po. La fase orogenetica Alpina è cominciata alla fine del Cretaceo. La deformazione compressiva ha interessato sia le rocce carbonatiche mesozoiche sia le sovrastanti rocce silici-clastiche Terziarie.

Il giacimento petrolifero di Villafortuna - Trecale (scoperto nel 1984) è ubicato ad appena 15 km a sud-est del Permesso di Ricerca di Cascina Alberto. Le rocce serbatoio nel giacimento Villafortuna - Trecale consistono in strati di formazioni carbonatiche del Triassico dolomitizzate. Le rocce madre sono argilliti e calcari finemente laminati depositi in adiacenti bacini di intra-piattaforma. Il meccanismo di intrappolamento si è formato come risultato della compressione Alpina.

Una stratigrafia simile è attesa nel Permesso di Ricerca di Cascina Alberto.

### **2.3 Attività precedenti**

Un certo numero di campagne di indagine geofisiche precedenti (indagini di sismica 2D) sono state effettuate nel passato nell'area del Permesso di Ricerca Cascina Alberto (Figura 2). La maggior parte di queste campagne sono state svolte negli anni '80 e nei primi anni '90 usando una combinazione di sorgenti, sia sorgenti vibranti sia cariche sismiche.



*Figura 2: Mappa della serie di dati del Permesso di Ricerca Cascina Alberto (1980 e 1990).*

## **2.4 Obiettivi di ricerca**

L'obiettivo della campagna di indagine geofisica è quella di acquisire dati sismici 2D che possono essere usati per creare un'immagine dei corpi geologici profondi (età Mesozoica) e della loro struttura entro il Permesso di Ricerca Cascina Alberto. La campagna di indagine geofisica oggetto di questo studio prevede l'acquisizione di dati lungo circa 500 km di linee sismiche.

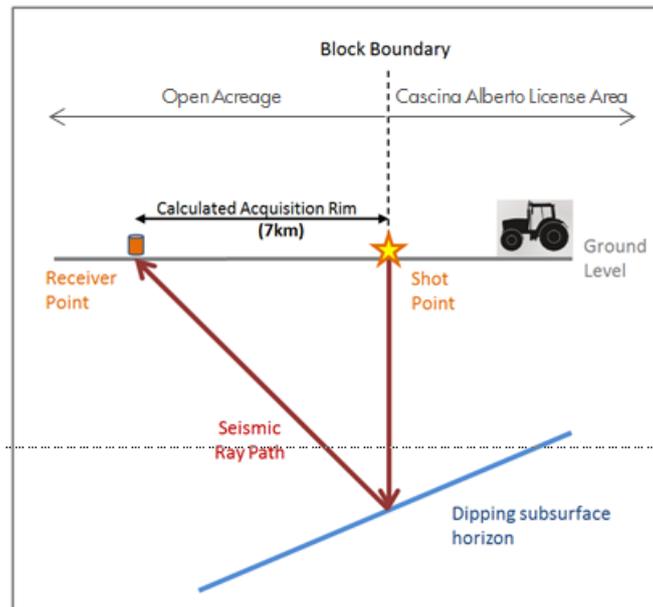
Si ritiene che le unità Mesozoiche siano sovrascorse nell'area del Permesso di Ricerca, con alcune delle unità bersaglio Triassiche situate in una zona relativamente profonda (approssimativamente 4,5 km - 5 km al di sotto della superficie) e immergenti ad alto angolo.

Gli studi di sismica 2D sono stati pertanto pianificati per includere un ampio margine di acquisizione (minimo 7 km - si veda la Sezione 2.5 sotto), che permetta l'acquisizione delle immagini di queste geometrie strutturali profonde.

## **2.5 Estensione dell'acquisizione dei dati oltre il confine del Permesso di Ricerca**

Per poter registrare le riflessioni sismiche e collocare correttamente nello spazio un orizzonte immergente del sottosuolo, è necessario avere un margine di acquisizione (coda sismica) su ogni lato dell'area che si intende acquisire. La lunghezza del margine di acquisizione viene calcolata ed è dipendente da:

- La profondità della superficie da acquisire;
- L'angolo di immersione della superficie.



*Figura 3: Vista schematica in sezione raffigurante il percorso delle onde sismiche come si riflettono da una superficie immergente, e come questo impatta la definizione di margine di acquisizione.*

Più è marcata l'immersione e più è profonda la superficie, maggiore dovrà essere il margine di acquisizione.

- Nel caso di Cascina Alberto la massima profondità dell'intervallo ricercato è approssimativamente 5 km con un massimo di angolo di immersione approssimativamente di 30°.
- Il margine di acquisizione calcolato è pertanto di 7 km.

Durante l'indagine geofisica un'onda sismica viene generata in superficie e viene misurato il tempo che l'energia impiega a essere riflessa dagli orizzonti del sottosuolo e a raggiungere un punto di ricezione (geofoni) (Figura 3). Questi dati sono poi elaborati per creare delle immagini del sottosuolo. Una fase importante di tale processo è la "migrazione". Nella sua forma più semplice la migrazione è il processo che converte le informazioni acquisite come funzione del tempo di registrazione in elementi geometrici del sottosuolo. La migrazione ha lo scopo di ubicare gli elementi nella loro reale posizione spaziale sia orizzontalmente che verticalmente, permettendo un'accurata rappresentazione del sottosuolo.

Perché il processo di migrazione possa funzionare i dati devono essere di qualità sufficiente (numero di tracce o di copertura) presso entrambe le code di ogni linea.

Operativamente questo richiede l'estensione dell'area di indagine oltre il confine del Permesso di Ricerca (di un minimo di 7 km) e di posizionare i punti sorgente e i punti di ricezione lungo i primi 4 km e solo i punti di ricezione nei 3 km finali della linea (Figura 4).

Questo permetterà di ottenere un'immagine di qualità degli elementi geologici inclinati nel sottosuolo, che potrà essere visualizzata e interpretata fino al confine della concessione.

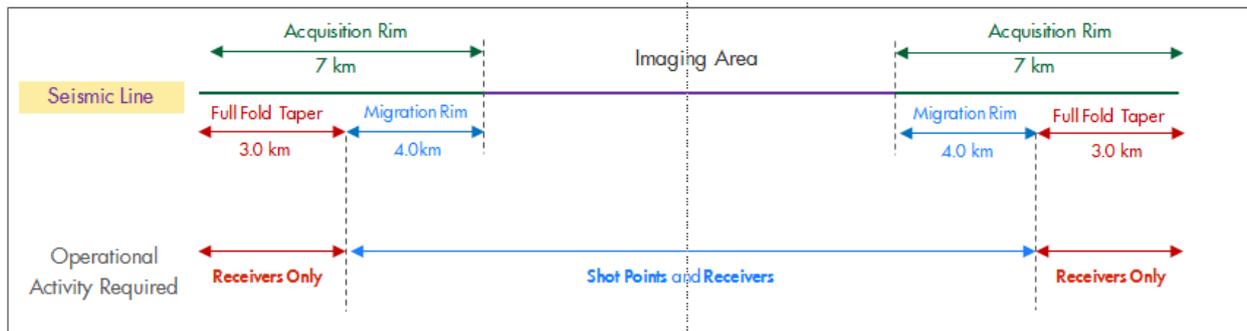


Figura 4: Diagramma che mostra il margine di acquisizione presso le code della linea (da sopra lungo la lunghezza della linea sismica), e dove inizia l'immagine "copertura piena". In aggiunta sono rappresentate le attività operative richieste per ogni sezione del rilievo sismico.

### 3.0 ANALISI DELLE ALTERNATIVE E DELLE MOTIVAZIONI TECNICHE

#### 3.1.1 Opzione zero

L'obiettivo delle attività di progetto è di permettere una maggiore comprensione delle formazioni e delle composizioni del sottosuolo all'interno del Permesso di Ricerca Cascina Alberto.

L'opzione zero, che significa non svolgere alcuna indagine o altro, non permetterebbe di determinare se risorse di idrocarburi di interesse economico siano presenti nel sottosuolo dell'area di permesso e pertanto non permetterebbe di effettuare le successive attività di esplorazione ed eventualmente di coltivazione.

Queste risorse possono generare importanti benefici da un punto di vista economico ed occupazionale, considerando anche che il comparto degli idrocarburi gioca un ruolo importante nel settore industriale italiano, grazie ad un avanzato know-how e una posizione competitiva nella scena globale. In questo contesto, l'esplorazione e le attività di produzione devono essere svolte secondo i più rigidi standard di sicurezza nazionali ed internazionali, per assicurare che gli impatti vengano ridotti al minimo possibile. Queste risorse offrono inoltre un importante contributo per la sicurezza degli approvvigionamenti, vista l'elevata dipendenza energetica del paese dall'estero.

Il presente programma di esplorazione rappresenta il primo passo per comprendere che tipo di risorse ci sono sul territorio nazionale italiano e dunque come procedere con la loro eventuale coltivazione.

#### 3.1.2 Alternative tecniche

L'obiettivo della campagna di indagine geofisica è di misurare ed evidenziare le proprietà geofisiche del sottosuolo e insieme le sue anomalie, per definire o accertare la presenza e l'ubicazione di depositi di idrocarburi di interesse economico.

Per ottenere questo tipo di informazioni, possono essere usati sia metodi intrusivi sia metodi non-intrusivi.

- **Metodi Intrusivi:** comprendono la trivellazione di pozzi esplorativi profondi, che possono fornire dettagliate informazioni (carota di pozzo) della formazione geologica penetrata dalla perforazione. La raccolta di informazioni può essere svolta sia con ispezione visiva dei campioni portati in superficie (carote geologiche) oppure con misure fisiche fatte da strumenti introdotti nel pozzo. Poiché esso fornisce dati precisi sulla formazione geologica, ma con una estensione spaziale limitata, è generalmente usato per stadi più avanzati di campagne esplorative, una volta cioè che l'obiettivo della ricerca mineraria è stato ben definito. Questa alternativa di progetto è stata quindi esclusa perché non in linea con gli obiettivi e gli scopi della Fase 2 del presente programma di esplorazione. L'uso di metodi intrusivi (ad es. perforazioni di pozzi esplorativi) sarà considerato sulla base dei risultati della campagna geofisica; ogni attività ulteriore non inclusa nel presente progetto sarà soggetta a una nuova progettazione e a un nuovo processo di autorizzazione ambientale.
- **Metodi Non-intrusivi:** consistono nell'uso di metodi geofisici che sono capaci di fornire un quadro delle caratteristiche del sottosuolo, senza il bisogno dell'indagine diretta del sottosuolo. Una serie di tecniche



---

## PERMESSO DI RICERCA DI IDROCARBURI LIQUIDI E GASSOSI “CASCINA ALBERTO” - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

---

possono essere considerate applicate e secondo differenti criteri, che includono sia le caratteristiche del sottosuolo e dell’ambiente sia le caratteristiche sociali e fisiche dell’area nelle quali vengono svolte.

I principali metodi **non-intrusivi** usati per le campagne di indagini geofisiche sono descritte e comparate nella Tabella 1 qui sotto.



**Tabella 1: Metodi non-intrusivi**

<b>Metodo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Risultati dell'indagine</b>	<b>Pro</b>	<b>Contro</b>
Tecniche magnetiche	Questo metodo misura e registra il totale dell'intensità del campo magnetico generato dalla terra. E' normalmente usato su aree geografiche di estensione elevata utilizzando aeroplani	Fornisce un riconoscimento della distribuzione spaziale e della quantità dei minerali magnetici presenti nel sottosuolo	Può essere svolto su aree geografiche estese con praticamente nessun impatto sul suolo	Non permette di creare un'immagine geologica del sottosuolo
Metodi gravimetrici	Questo metodo registra la presenza di anomale distribuzioni di densità nella terra, che possono essere usate per cercare petrolio, gas e depositi minerali. E' generalmente effettuata su estese aree geografiche utilizzando aeroplani o satelliti	Fornisce dati sulla densità delle tipologie di rocce presenti nel sottosuolo	Può essere svolto su aree geografiche estese con praticamente nessun impatto sul suolo	Non permette di creare un'immagine geologica del sottosuolo
Rilievo sismico passivo	Questo metodo rileva la normale bassa frequenza dei movimenti terrestri per comprendere la struttura geologica e stabilire uno schema del modello di velocità. L'ascolto dei dati viene svolto in più punti su un periodo di numerosi mesi, usando geofoni portatili	Fornisce informazioni sulla velocità sismica degli strati geologici presenti nel sottosuolo	Impatto ridotto sul suolo visto che poche attività sono necessarie	Fornisce informazioni sulla velocità in 3D, ma non crea un'immagine che possa essere usata per identificare la presenza di idrocarburi. Il successo dipende dal livello di contesto sismico dell'area
Rilievo sismico 2D	La sismologia riflessa usa i principi della sismologia per stimare le proprietà del sottosuolo sulla base delle onde sismiche riflesse. Il metodo richiede una sorgente controllata di energia e un sistema di registrazione delle onde riflesse e rifratte nel sottosuolo. Le attività vengono svolte lungo un certo numero di linee sismiche. I punti di sorgente e di ricezione sono localizzati nella stessa linea	Fornisce dati sull'ubicazione degli strati geologici e delle loro caratteristiche	Fornisce dati regionali per creare un'immagine 2D del sottosuolo lungo le linee sismiche. Richiede attività meno complesse ed estese sul suolo	Fornisce informazioni meno dettagliate che possono creare solo un'immagine 2D del sottosuolo



## PERMESSO DI RICERCA DI IDROCARBURI LIQUIDI E GASSOSI “CASCINA ALBERTO” - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Metodo	Descrizione	Risultati dell'indagine	Pro	Contro
Rilievo sismico 3D	Questo metodo è basato sui medesimi principi del rilievo sismico 2D e implica le stesse attività. Tuttavia, le linee sismiche devono essere posizionate più vicine l'una all'altra ed i punti di ricezione vengono posizionati su linee generalmente separate e perpendicolari, per produrre un'immagine 3D del sottosuolo	Fornisce dati sulla posizione degli strati geologici presenti nel sottosuolo e le loro caratteristiche	Fornisce dati dettagliati che possono creare un'immagine 3D del sottosuolo	Richiede attività al suolo più estese e complesse.



Sulla base della descrizione dei differenti metodi riportati sopra, il rilievo sismico 2D è stato scelto come l'indagine geofisica più appropriata per gli attuali obiettivi e scopi del programma di esplorazione di Cascina Alberto riferito sopra.

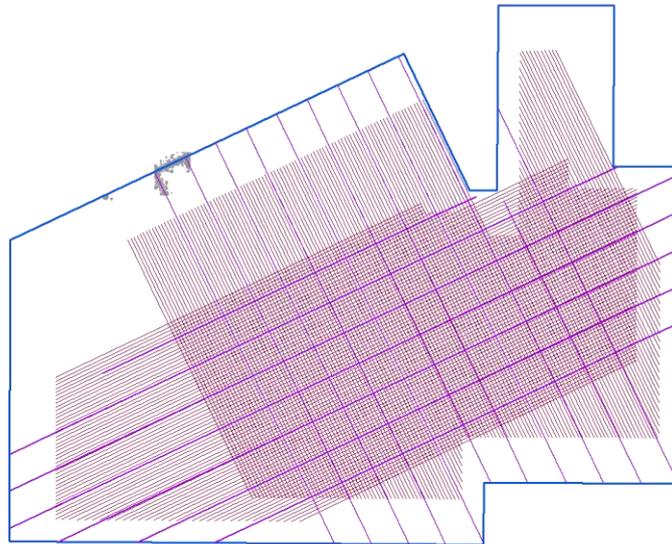
Il metodo della sismica 2D fornisce dati di qualità relativamente buona e permette di creare un'immagine del sottosuolo. Allo stesso tempo, non richiede attività di campo così intense come quelle per un rilievo 3D.

La sismica 2D è generalmente usata per l'esplorazione regionale di idrocarburi. Visto l'estensivo utilizzo di questo metodo in tutto il mondo, i rischi possibili sono conosciuti e possono essere facilmente gestiti attraverso un'attenta pianificazione ed esecuzione delle attività.

Una descrizione più dettagliata delle attività previste nel rilievo sismico 2D viene riportata nelle seguenti sezioni.

### **3.1.3 Ubicazioni alternative**

Un rilievo sismico viene pianificata su una griglia geografica ideale costituita da linee chiamate linee sismiche. La restituzione iniziale delle linee, della lunghezza, dell'orientamento e della distanza tra ogni linea dipende dal target geofisico che deve essere indagato. In generale, le linee di immersione sono ortogonali all'andamento del bersaglio geofisico, e le linee di incidenza sono parallele alla struttura del bersaglio. La restituzione grafica della griglia sismica è anche influenzata dalle condizioni sociali, ambientali e fisiche dell'area di indagine, dalle condizioni operative e dalla presenza di possibili restrizioni, come ad esempio, restrizioni dovute al terreno o alla specifica sorgente usata per la produzione di onde sismiche che devono essere registrate dai ricevitori.



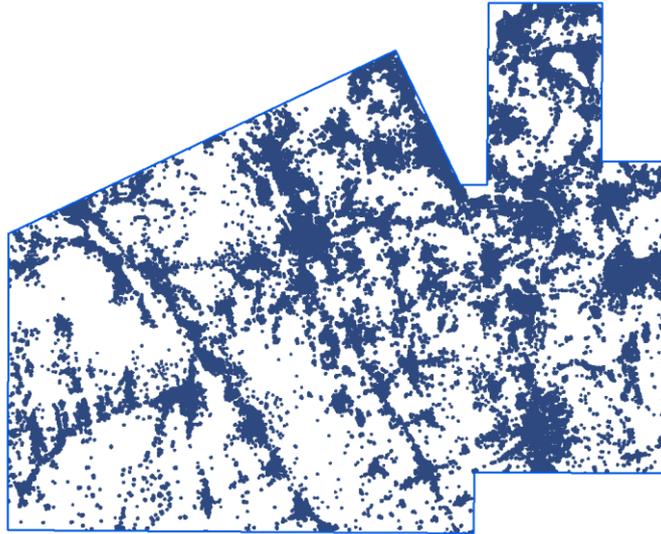
*Figura 5: Orientamento preferibile della griglia con deviazione alternative*

Nel caso del presente progetto la localizzazione delle linee sismiche è stata effettuata applicando un sistema di analisi multicriteri sviluppato da Golder Associates e chiamato GoldSET, per identificare i corridoi di indagine più appropriati, tenendo conto di una serie di fattori ambientali, fisici, sociali e tecnici. L'obiettivo dell'analisi con criteri decisionali multipli, è quella di fornire una soluzione complessiva quando i fattori che vi contribuiscono sono numerosi e spesso in conflitto tra loro. In ambito GIS gli strumenti di sovrapposizione permettono la combinazione di numerosi livelli di dati cartografici per ottenere un'unica restituzione grafica. Gli strumenti GoldSET facilitano quindi l'applicazione di un Processo Analitico Gerarchico per la selezione ottimale del sito o una modellizzazione idonea.

La modellizzazione produce come risultato una mappa di idoneità (una superficie *raster* con celle di specifica dimensione; per Cascina Alberto la dimensione minima delle celle è pari a 5 m) che identifica le ubicazioni migliori per la specifica attività di indagine. La superficie di idoneità viene prodotta usando differenti livelli di



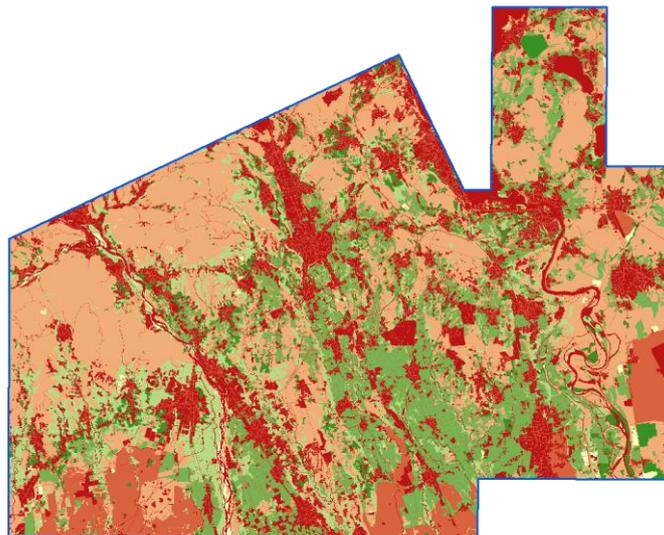
fattori (indicatori) che sono di scale differenti e potrebbero non essere di equivalente importanza. L'importanza relativa di un indicatore o di una dimensione è attribuita assegnando pesi diversi.



*Figura 6: Vincoli per operazioni con cariche sismiche (gli elementi in blu indicano le aree da evitare)*

Il processo prevede che nella prima fase avvenga l'identificazione degli indicatori e dei vincoli (aree di assoluto divieto). Viene quindi assegnato un certo peso a ogni indicatore all'interno di una certa dimensione (ambientale, sociale e tecnologica). La somma dei pesi dell'indicatore all'interno di ogni dimensione raggiunge un massimo di 100. Ognuna delle tre dimensioni ha un suo peso, che assomma a 100 per fornire così un livello aggiuntivo di valutazione.

Gli indicatori possono essere quantitativi in differenti scale di valori (metri per la distanza, gradi per l'inclinazione ecc.) così che ogni valore dell'indicatore viene normalizzato ed ogni suo valore finale prima di essere pesato spazia da 0 a 100. Per valori qualitativi, come le classi di utilizzo del suolo, viene assegnato un punteggio da 0 a 100, direttamente a seconda delle classi di idoneità per l'obiettivo dell'analisi, assegnando quindi punteggi alti a quei luoghi dove è più fattibile svolgere le attività di progetto.



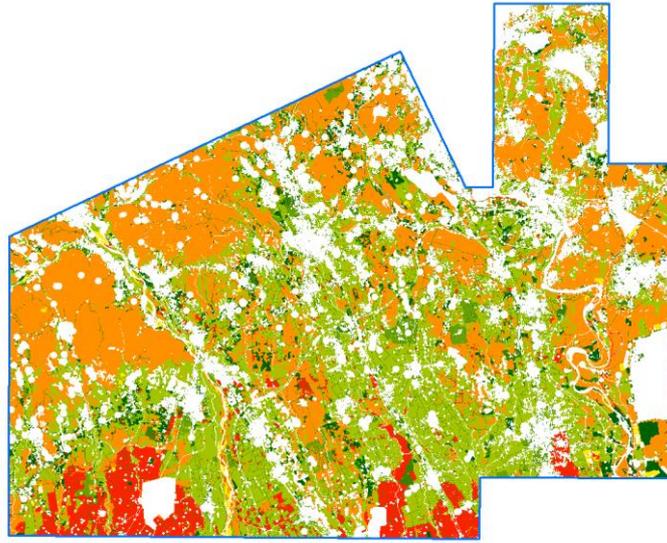
*Figura 7: Indicatore di idoneità per uso del suolo (le aree in rosso sono le meno idonee le aree in verde sono le più idonee)*



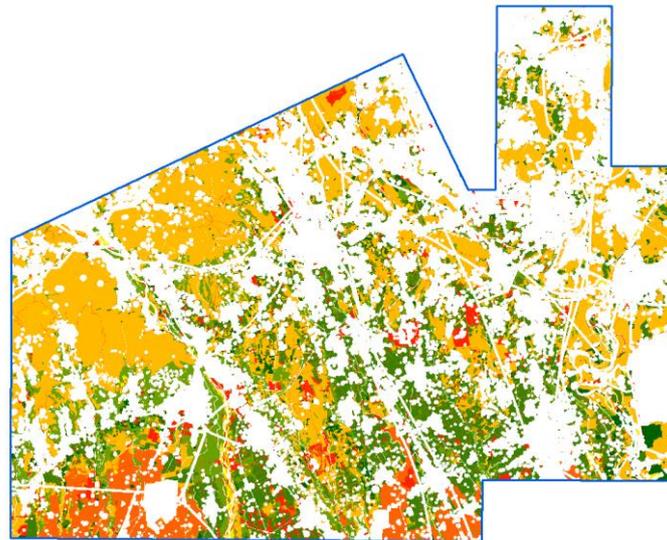
## PERMESSO DI RICERCA DI IDROCARBURI LIQUIDI E GASSOSI “CASCINA ALBERTO” - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

La combinazione pesata del valore normalizzato, del peso dell'indicatore e della dimensione dell'indicatore fornisce il valore di idoneità complessiva per l'attività in qualsiasi punto all'interno dell'Area Vasta. Questi valori vengono quindi tracciati e contornati per creare mappe di idoneità.

Queste mappe di idoneità hanno guidato il successivo processo di pianificazione delle linee sismiche di incidenza e di immersione, deviando dalla griglia sismica ideale fino a ottenere una nuova griglia statisticamente migliorata, che includa zone margine per offrire massima flessibilità, all'interno di un *range* di minimo impatto ambientale, sociale e tecnico prevedibile.



*Figura 8: Idoneità per operazioni vibroseis (le aree in rosso e bianco sono le meno idonee, le aree in verde e in arancione sono le più idonee)*



*Figura 9: Idoneità per operazioni di carica sismica (le aree in bianco sono quelle da evitare, quelle in rosso sono le meno idonee, le aree in verde e in arancione sono le più idonee)*



## 4.0 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ DI PROGETTO

### 4.1 Descrizione del rilievo sismico

#### 4.1.1 Approccio alla metodologia

Il rilievo sismico ha l'obiettivo di indagare ed identificare, attraverso la registrazione strumentale, le caratteristiche geofisiche degli strati geologici presenti nel sottosuolo della terra. Questo metodo è basato sui principi della sismologia: come le onde sonore si propagano nell'aria, le onde sismiche viaggiano nella terra, e sono riflesse (o rifratte) quando incontrano le discontinuità tra strati geologici con differente composizione litologica.

Il rilievo sismico quindi consiste nella generazione artificiale e controllata di onde sismiche e nella registrazione delle loro riflessioni e rifrazioni in corrispondenza di discontinuità tra strati geologici. Inoltre, il valore della velocità delle onde fornisce informazioni sul tipo di roccia presente. I dati sismici registrati permettono quindi di creare un'immagine geofisica del sottosuolo terrestre nell'area di indagine.

Tutti i rilievi sismici comprendono due elementi principali: una sorgente che emette le onde sismiche e la strumentazione di registrazione che acquisisce i dati come illustrato in Figura 10 sotto.

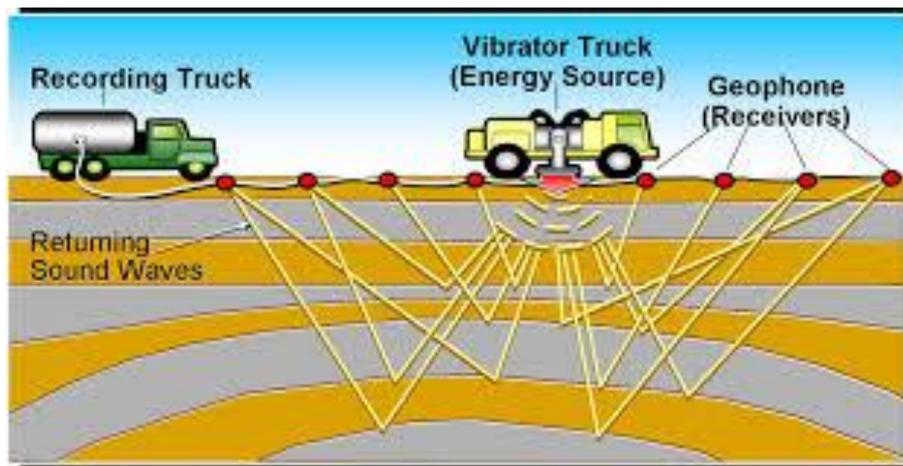


Figura 10: Diagramma che illustra i principali elementi di un rilievo sismico 2D

Due tipologie di tecniche vengono usate normalmente per generare le onde sismiche, a seconda della profondità del bersaglio e della natura della superficie nell'area di intervento:

- **Tecnica Vibroseis:** le onde sismiche vengono prodotte facendo vibrare una massa di una certa dimensione e trasmettendo le vibrazioni al suolo;
- **Tecnica con carica sismica:** le onde sismiche vengono prodotte detonando una piccola carica sismica piazzata in un foro perforato nel terreno.

La selezione del tipo di tecnica usata è effettuata tenendo conto di un certo numero di fattori che dipendono sia dal bersaglio geofisico che deve essere indagato sia dalle caratteristiche ambientali, fisiche e sociali dell'area di indagine. In particolare la tecnica vibroseis verrà utilizzata ogniqualvolta le condizioni del terreno saranno adatte e l'accesso dei camion vibroseis sarà possibile; la tecnica con carica sismica sostituirà pertanto la sorgente vibroseis in aree in cui l'accesso per i camion vibroseis non è possibile. Una descrizione più dettagliata dell'analisi svolta per la selezione delle tecniche viene presentata nei successivi paragrafi.

#### Tabella 2: Comparazione delle tecniche di generazione di onde sismiche



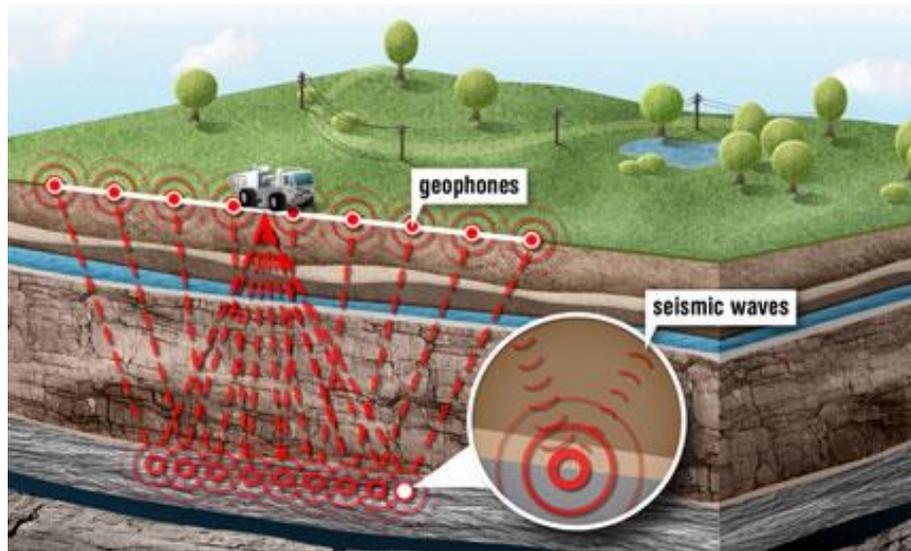
<b>Tecnica</b>	<b>Forma di energizzazione</b>	<b>Pro</b>	<b>Contro</b>
Vibroiseis	Movimenti con vibrazioni multiple con un spettro di frequenza compreso tra 5-100 Hz su un periodo temporale di ca. 10-20 secondi.	Sorgente non intrusiva. La frequenza delle vibrazioni può essere selezionata in base alle caratteristiche del bersaglio geofisico e dell'ambiente in cui si opera. Il rumore ambientale può essere attenuato attraverso la combinazione dei segnali pilota o 'sweep' (sommazione verticale). Richiede attività di preparazione meno complesse	I camion vibroseis non possono essere usati in ogni condizione a causa della loro dimensione e peso. Genera più rumore acustico in un periodo più lungo.
Carica sismica	Energizzazione sismica singola ed istantanea (sorgente esplosiva)	Possono essere usate in un'ampia serie di condizioni del terreno, anche in siti in cui camion vibroseis non possono accedere	Sorgente intrusiva (è necessario perforare un foro). Selezione limitata di parametri (solo la dimensione della carica sismica e la profondità). Richiede attività più complesse per la preparazione. Attenzione particolare deve essere data al trasporto e alla gestione delle cariche sismiche.

In riferimento alla strumentazione di registrazione, i seguenti elementi vengono utilizzati:

- **Geofoni:** questi trasduttori misurano le vibrazioni a cui sono soggetti. Sono generalmente connessi in stringhe di 12 elementi.
- **Unità di registrazione:** Questa unità comanda e coordina le sorgenti e raccoglie ed analizza i dati registrati dai geofoni.

#### **4.1.2 Rilievo sismico utilizzando la tecnica vibroseis.**

I camion vibroseis sono speciali veicoli equipaggiati con un vibratore piatto che propaga nel terreno segnali energetici in un intervallo di frequenze per un certo periodo di tempo. Il tipo di onde sismiche prodotte da una sorgente vibroseis sono molto differenti da quelle generate da una carica sismica, che è istantanea e a multi-frequenza.



*Figura 11: Diagramma che illustra i principi del metodo vibroseis*

I vibratori presenti sui camion sono costituiti da una piastra e da una massa di reazione di una certa dimensione. Questi elementi sono collegati ad un sistema idraulico: un pistone crea una forza tra la massa di reazione e la piastra della base, producendo vibrazioni che vengono trasmesse dalla massa alla piastra. Il pistone è controllato attraverso un sistema di valvole idrauliche, che convertono un segnale elettrico (pilota o *sweep*) in un flusso di olio idraulico che tramite una servo-valvola controlla la massa di reazione. Il segnale viene generato in forma digitale da un sistema di controllo e convertito in un segnale analogico da applicare all'impianto idraulico. Diversi tipi di vibratori e di sistemi idraulici sono disponibili, ma ognuno ha le caratteristiche di creare vibrazioni a frequenze diverse e per diversi intervalli di tempo. Le frequenze generate sono normalmente comprese tra 5-100 Hz.

L'energizzazione delle onde sismiche usando una sorgente vibroseis implica che la piastra di base venga messa a contatto con il suolo; il camion viene quindi sollevato sulla piastra di base ed il pistone crea vibrazioni che propagano energia dalla massa alla piastra e successivamente al suolo. Solitamente sono utilizzati contemporaneamente un certo numero di camion vibroseis (tipicamente due, tre o quattro); i veicoli viaggiano lungo una linea retta e si fermano lungo posizioni predeterminate (punti di energizzazione) dove le vibrazioni (*sweep*) vengono effettuate.

I camion vibroseis sono specificatamente equipaggiati per ridurre il rumore generato dalle attività di vibrazione. Il camion generalmente ha un peso di 20-30 tonnellate ed una dimensione di circa 10m di lunghezza, 3 m di larghezza e 3 m di altezza.

Esempi di camion vibroseis e delle operazioni sono mostrati rispettivamente in Figura 12 e Figura 13.

L'intervallo di frequenza e l'intensità selezionabile delle vibrazioni prodotte permette l'uso di questa tecnica anche in aree urbane. In aggiunta il vantaggio dato da questo metodo è che il segnale prodotto può essere aggiustato secondo le caratteristiche locali dell'area e del suolo.



*Figura 12: Esempio di camion vibroseis*



*Figura 13: Esempio di operazioni vibroseis*





*Figura 14: Esempi di operazioni vibroseis in zone rurali*

### **4.1.3 Rilievo sismico utilizzando la tecnica della carica sismica**

La tecnica della carica sismica utilizza l'energia prodotta da una piccola esplosione creata da una reazione chimica di determinate sostanze (carica sismica). La detonazione crea un'onda d'urto nell'interfaccia tra la carica e il mezzo circostante, creando così un'onda sismica che si propaga nel sottosuolo.

Questa tecnica comporta pertanto che le cariche sismiche vengano introdotte in fori precedentemente perforati. In base alle caratteristiche del terreno e gli obiettivi di indagine, i fori di solito hanno una profondità di ca. 10-30 m e un diametro di ca. 10 cm. La profondità del foro dipende da un certo numero di fattori quali il tipo di formazione geologica in cui il foro viene scavato e l'obiettivo geofisico in esame; di solito è programmato in anticipo sulla base di dati esistenti, ma può poi essere modificato sulla base di prove preliminari condotte nella zona del foro di energizzazione prima della registrazione. In tutti i casi, la profondità massima dei fori è di 30 m.

La carica sismica è inserita in contenitori rigidi che hanno una dimensione standard (diametro compreso tra 50 e 80 mm, lunghezza tra 300 e 600 mm), che contengono un certo peso di esplosivo. Singole cariche in più fori di energizzazione possono venire collegati tra loro, permettendo così di creare una batteria di cariche (simile a una batteria di camion vibroseis). La quantità di carica sismica varia in base alle condizioni del terreno locali ed alla risposta sismica delle formazioni sotterranee da investigare. Tipicamente, vengono usate cariche



con un peso compreso tra 0,5 e 2 kg per il rilievo sismico, nonostante sia possibile utilizzare cariche fino a 10 kg di peso che sono state anche utilizzate per campagne simili in passato.

Le cariche vengono energizzate attraverso detonatori elettrici che vengono attivati da segnali radio trasmessi dall'unità di registrazione.

#### **4.1.4 Strumentazione di registrazione: Geofoni**

La sistema di registrazione prevede l'uso di geofoni. I geofoni sono piccoli sensori che possono essere piazzati sul suolo, o temporaneamente nel suolo, e connessi insieme tramite cavi (vedi Figura 15 sotto). I geofoni sono sensori (simili a microfoni) che convertono piccoli movimenti della terra (la riflessione e rifrazione delle onde sismiche) in segnali elettrici. Questo segnale elettrico viene amplificato, e digitalmente convertito dalle apparecchiature della linea sismica (le apparecchiature utilizzate lungo la linea sismica) e trasmesso in tempo reale all'unità di registrazione.



*Figura 15: Geofoni e cavi pronti per essere utilizzati*

I geofoni sono generalmente utilizzati in gruppi di 6 o 12 elementi per ogni punto di ricezione lungo la linea sismica.

Il sistema di registrazione tipicamente fa uso di cavi per trasmettere i dati ricevuti dai geofoni fino al camion di registrazione. Il vantaggio di questo metodo è quello che è possibile in tempo reale capire se le condizioni di registrazione sono accettabili e se tutte le apparecchiature sta funzionando secondo le specifiche tecniche. Lo svantaggio è che questi cavi richiedono attività operative più complesse per posizionarli e rimuoverli e che a volte necessitano di permessi particolari per farli passare sopra strade, canali o binari ferroviari.

Ciò detto, in alcune aree (ad es. all'interno di città e centri abitati) può essere anche impiegata strumentazione di registrazione senza fili, che si avvale di nodi che non hanno bisogno di alcun cavo di collegamento. Ogni nodo registra i dati sismici da un singolo gruppo di geofoni (punto di ricezione); i dati vengono poi raccolti in remoto a intervalli regolari durante il giorno. Il vantaggio di questa tecnica è che, poiché non sono richiesti cavi di collegamento, i nodi sono più facili da utilizzare e da far girare intorno agli ostacoli; i nodi sono particolarmente adatti per i rilievi sismici nelle aree urbane. Tuttavia, gli svantaggi sono che (1) non è possibile controllare i livelli di rumore ambientale durante la registrazione, (2) è possibile verificare solo a intermittenza il funzionamento in base alle specifiche tecniche, (3) i dati sono conservati all'interno del nodo, che è soggetto a rischi quali furto o cattiva comunicazione e (4) il controllo della qualità dei dati registrati deve essere effettuata in una fase successiva.

In generale, viene utilizzato un approccio ibrido (metodo combinato) per ottimizzare i vantaggi di entrambe le tecniche.

#### **4.1.5 Strumentazione per la registrazione: l'unità di registrazione**

L'unità di registrazione situata in un camion di registrazione raccoglie, controlla e immagazzina i dati sismici per successive elaborazioni in un centro di elaborazione, dove tutti i dati vengono combinati per creare un'immagine del sottosuolo.



Figura 16: Unità di registrazione

#### 4.1.6 Linee sismiche

I punti di sorgente e i punti di ricezione sono disposti lungo linee rette, le cosiddette linee sismiche, localizzate sul territorio in base allo specifico rilievo sismico in progetto. Queste linee hanno generalmente una lunghezza di diversi chilometri e sono collocate a intervalli regolari secondo una griglia perpendicolare (vedi Figura 17 sotto). La disposizione delle linee dipende dall'obiettivo geofisico che deve essere determinato e delle condizioni ambientali, fisiche e sociali della zona di indagine. L'esatta posizione sul terreno delle linee emersa dal processo di mappatura dell'idoneità, dev'essere confermata sul campo attraverso attività specifiche (ricognizione o *scouting*), che valutano le condizioni ambientali, la fattibilità delle attività operative e la presenza di eventuali vincoli.

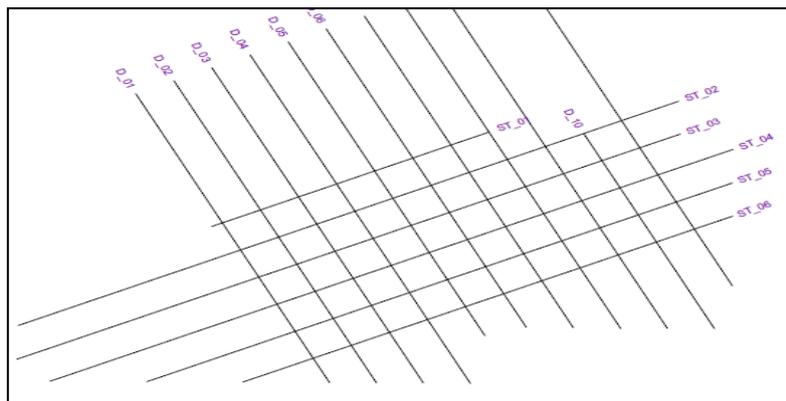


Figura 17: Griglia pianificata delle linee sismiche

I punti di sorgente (sia usando vibroseis sia usando cariche sismiche) e i punti di ricezione (geofoni) sono piazzati ad intervalli regolari, tipicamente 25 m o 50 m, lungo le linee sismiche. Per tecniche di registrazione simmetrica, ogni punto di sorgente viene energizzato, prevedendo 4 km di punti di ricezione attivi lungo ogni lato del punto, per un totale di 8 km di linea attiva; l'esatta deviazione massima dal punto sorgente dipende dalla profondità di interesse dell'obiettivo geofisico.



Le linee sismiche 2D oggetto del rilievo sono illustrate nel layout di progetto nella Tavola 1.

#### **4.1.7 Attività di rilievo sismico**

Un rilievo sismico viene effettuata seguendo una serie di passi, che sono descritti qui sotto in sequenza temporale:

- 1. Autorizzazioni e permessi locali:** prima dell'inizio del rilievo sismico devono essere ottenute tutte le autorizzazioni e i permessi necessari dalle autorità nazionali, regionale e locali.
- 2. Permessi di accesso al territorio:** prima dell'impiego delle apparecchiature e del personale per il rilievo sismico, bisogna accertarsi che l'accesso ai terreni sia permesso, attraverso accordi fatti prima con le associazioni di categoria e poi con i rispettivi proprietari/affittuari dei terreni nell'Area Ristretta. Un tecnico esperto verrà nominato a rappresentare Shell Italia nel processo di accesso ai terreni. Questa attività avrà una durata di circa sei (6) mesi e richiederà circa 4-6 persone. Le attività di accesso ai terreni saranno svolte quindi da personale dedicato che rappresenterà il punto di contatto tra Shell Italia e i portatori di interesse (*stakeholder*) durante l'intero ciclo vita del rilievo sismico. Questa attività generalmente comincia due (2) mesi prima dello svolgimento delle attività sul campo.
- 3. Mobilitazione dei veicoli, del personale e delle apparecchiature:** durante questa fase i veicoli, il personale e le attrezzature saranno trasferiti presso un sito all'interno o nei pressi dell'area ristretta che rappresenterà il campo base delle attività di rilievo sismico. Il campo sarà idealmente situato in un complesso industriale o commerciale esistente non utilizzato e non sarà quindi prevista la costruzione di nuovi edifici o infrastrutture. L'area dovrebbe comprendere un parcheggio custodito per circa 50 veicoli, uffici e servizi per circa 100 addetti e un'area di stoccaggio/manutenzione delle apparecchiature sismiche. Si prevede che il personale richiesto per le attività sismiche, sarà alloggiato in alberghi locali, pensioni e appartamenti.
- 4. Rilievi topografici:** il rilevamento topografico sarà eseguito prima delle attività di rilievo sismico vere e proprie. La squadra di addetti esplorerà l'Area Ristretta e indicherà tramite marcatori temporanei sul terreno (ad es. banderuole o aste in materiali ecologici) la posizione esatta dei punti sorgente e dei punti di ricezione utilizzando strumentazione basata sul sistema GPS (vedere Figura 18). I rilievi topografici avranno inizio quando la mobilitazione sarà completata e tutti i permessi di accesso ai terreni saranno stati ottenuti; durerà fino a quando tutte le linee sismiche saranno state dislocate e saranno state definite le necessarie deviazioni e salti dei punti di sorgente e ricezione dovuti a elementi contingenti riscontrati sul territorio. L'attività totale richiederà circa tre (3) mesi, e verrà svolta da un massimo di cinque (5) squadre composte di 1 topografo e di un aiutante ciascuna. Questa attività generalmente comincia circa 1-2 mesi prima dell'inizio delle attività di registrazione.



*Figura 18: Esempio di attività di rilievo topografico*

- 5. Perforazione dei fori di energizzazione:** i fori di energizzazione in cui collocare le cariche sismiche saranno perforati prima della registrazione. I fori di energizzazione avranno un diametro di circa 10 cm e saranno perforati ad una profondità di circa 10-30 m dal piano di campagna. Se necessario i fori saranno rivestiti con un involucro di plastica biodegradabile per garantire la stabilità del foro. Per motivi di sicurezza il foro sarà temporaneamente chiuso con un tappo di plastica fino a quando verranno eseguite le attività di energizzazione. La perforazione sarà effettuata utilizzando strutture convenzionali di perforazione o, preferibilmente strutture montate su trattori o carrelli, prevedendo acqua e fango come fluidi di perforazione. Ogni perforazione è supportata da un camion cisterna di acqua o da un trattore con rimorchio contenente acqua e bentonite (un fillosilicato argilloso usato per prevenire la perdita di fluido di perforazione nelle ghiaie o in formazioni rocciose porose), se necessario per la perforazione. I mezzi di perforazione saranno riforniti di gasolio direttamente sul posto tramite mezzi attrezzati.





*Figura 19: Esempi di strutture di perforazione montati su un trattore.*

La fase di perforazione partirà non appena saranno state completate le attività di rilevazione topografiche di una o più linee e avranno una durata approssimativa di tre (3) mesi. Le operazioni di perforazione richiederanno almeno 2-3 ore per ogni foro di energizzazione. L'equipe di perforazione è generalmente composta da quattro (4) squadre che includono un perforatore e 3 aiutanti ciascuna. La dimensione di un'equipe di perforazione e il numero delle squadre di perforazione che operano simultaneamente dipende normalmente dal numero di fori richiesti per rimpiazzare i punti di sorgente inaccessibili ai camion vibroseis. Questa attività comincerà approssimativamente 1 mese prima dell'inizio delle attività di energizzazione e sarà organizzata e pianificata prima, a seguito di una consultazione e di una concertazione con i proprietari del sito e con gli utilizzatori per assicurare il minimo disturbo all'accesso del sito. I fori potrebbero essere realizzati alcune settimane prima delle attività di energizzazione ma saranno dotati di cariche solo a ridosso delle attività stesse, poiché la collocazione della carica nel foro prima della registrazione non è permessa in Italia.

Le trivelle montate sui mini-trattori potranno essere utilizzate per aree ad accesso limitato.



*Figura 20: Esempi di trivelle montate su mini-trattori*

- 6. Caricamento ed energizzazione del foro:** durante la fase di registrazione le cariche sismiche saranno collocate nei fori di energizzazione da parte del personale specializzato con qualifiche e certificazioni necessarie. Poiché il pre-caricamento non è consentito dalla legislazione italiana, le cariche sismiche verranno inserite nei fori di energizzazione il giorno stesso dell'attivazione. Diverse squadre di carico e di registrazione (composte da 2-3 persone ciascuna) saranno schierate contemporaneamente in diversi punti lungo la linea sismica. Gli esplosivi (cariche sismiche) saranno trasportati quotidianamente dal



deposito più vicino alla zona di intervento da un lavoratore specializzato. Le cariche sismiche non utilizzate verranno riportati al deposito durante la notte, pertanto nessun deposito di cariche sismiche è previsto in loco. Ogni squadra di carico avrà il proprio mezzo di trasporto appositamente attrezzato. Ci sono diversi metodi per gestire il foro di energizzazione, di carico e di ripresa. Il metodo preferito da utilizzare è quello di realizzare una serie di fori avanti, ed iniziare a caricarli e farli esplodere una volta che un avanzamento sufficiente è stato realizzato per far partire le registrazioni. In questo caso è importante che i fori di energizzazione rimangano stabili per un periodo prolungato e può quindi rendersi necessario l'utilizzo di un rivestimento. I fori di energizzazione vengono quindi caricati ed attivati dalla mattina fino al tardo pomeriggio, quando l'operazione di caricamento viene fermata. I fori di energizzazione vengono riempiti sia con terra sia con ghiaia inerte per ridurre al minimo il rischio di scoppio verso l'esterno. Tutte le cariche immesse durante il giorno vengono quindi energizzate e i corrispondenti dati sismici vengono registrati. Nessuna carica sismica viene lasciata nel terreno durante la notte. Le operazioni di energizzazione saranno organizzate e pianificate in anticipo a seguito della consultazione ed alla stretta collaborazione con i proprietari dei terreni e degli utenti, al fine di garantire il minimo disturbo per l'accesso ai terreni.

- 7. Operazioni di vibroseis:** il metodo vibroseis verrà utilizzato ogniqualvolta le condizioni del terreno saranno adatte e l'accesso dei camion vibroseis sarà possibile. Saranno quindi impiegati gruppi da 2 a 4 vibratori per fornire energia sismica a punti sorgente collocati a intervalli regolari lungo la linea sismica. Il metodo delle cariche sismiche sostituirà la sorgente vibroseis in aree in cui l'accesso per i camion vibroseis non è possibile. La flotta di camion vibroseis sarà accompagnata da veicoli di supporto appropriati (controllo del traffico su strada e di manutenzione). Una volta che i camion saranno correttamente posizionati sui punti di origine previsti, l'operazione di vibrazione può iniziare. Come precedentemente descritto, questo consiste nella trasmissione a terra di una vibrazione (segnale pilota o *sweep*) che ha una durata compresa tra 10 e 20 secondi per una gamma di frequenze variabile tra 5 e 100 Hz. Vengono in genere eseguiti da 1 ad 8 movimenti (*sweep*) in ogni punto di vibrazione. I camion vibroseis saranno riforniti sul posto da veicoli adeguati. Le operazioni vibroseis di norma, in condizioni ideali, richiedono meno di cinque (5) minuti in ogni punto di vibrazione e saranno organizzate e programmate in anticipo a seguito della consultazione e stretta collaborazione con i proprietari dei terreni e degli utenti.
- 8. Monitoraggio della vibrazione:** prima delle operazioni di registrazione vengono definite le distanze minime di sicurezza da edifici e fabbricati, in accordo agli standard internazionali DIN 4150, già adottate per la localizzazione delle linee sismiche e dei punti sorgente; queste localizzazioni vengono poi confermate, o aggiustate se necessario sul campo attraverso la misurazione della Velocità di Picco della Particella (PPV) nell'Area Vasta in punti di prova. In aggiunta a quanto sopra, una dimostrazione delle operazioni vibroseis verrà effettuata per il pubblico.



*Figura 21: Misurazioni della PPV*

Durante le operazioni di registrazione, le onde sismiche prodotte dall'energizzazione della sorgente vengono monitorate in tempo reale in prossimità degli edifici e di oggetti sensibili, per assicurare che le distanze di sicurezza sopra menzionate e i limiti imposti per le PPV nell'Area Vasta siano rispettate.

- 9. Utilizzo dei geofoni:** i geofoni saranno utilizzati ad intervalli regolari lungo la linea sismica, nei punti indicati durante le operazioni di rilevamento topografico (vedere Figura 22 e Figura 23 sotto). La dislocazione dei geofoni sarà fatta da una squadra di persone chiamata "gruppo di testa", mentre il recupero sarà effettuato dal "gruppo di coda". Gruppi di testa e gruppi di coda utilizzeranno circa 10 veicoli e 30 persone. L'impiego dei geofoni comincia generalmente 2 settimane prima dell'inizio delle attività di energizzazione, che saranno organizzate e pianificate in anticipo a seguito della consultazione e della stretta collaborazione con i proprietari dei terreni e gli utilizzatori, al fine di minimizzare il disturbo nell'accesso ai terreni. Il recupero dei geofoni verrà completato in 1 settimana a seguito della fine delle attività di energizzazione.



*Figura 22: Geofoni utilizzati in contesto rurale*



*Figura 23: Geofoni utilizzati in contesto urbano (nodo)*

**10. Utilizzo di apparecchiature in linea e operazioni di registrazione:** il gruppo di testa e il gruppo di coda disporranno e raccoglieranno le linee dei cavi e/o i nodi. Dal momento dell'energizzazione dei punti sorgente, i segnali sismici dai geofoni vengono trasmessi all'unità di registrazione. Lo specialista per la registrazione (osservatore) controlla ed assicura la qualità dei dati sismici.



*Figura 24: Utilizzo delle apparecchiature in linea*



- 11. Fori per le cariche sismiche e ripristino delle aree di intervento:** dopo l'energizzazione, i fori saranno ripristinati rimuovendo, per quanto possibile, del tubo di plastica di rivestimento, e riempiendo nuovamente il foro con il suolo. Il rivestimento in plastica verrà smaltito ai sensi delle normative applicabili sulla gestione dei rifiuti. Il suolo disturbato dalle attività di campo verrà ripristinato per quanto possibile. Questa cosiddetta "squadra verde" è composta di 1 veicolo e due persone.
- 12. Valutazione della richiesta di danni e pagamento:** successivamente alla registrazione, eventuali danni al terreno che risultino dalle attività sopra descritte verranno valutati ed eventualmente ripagati al proprietario o all'affittuario, secondo quanto indicato nell'Accordo siglato con le associazioni di categoria.
- 13. Smobilitazione:** la smobilitazione consisterà nella rimozione di tutte le apparecchiature e dei materiali dal sito (inclusi i punti di marcatura), nel ripristino dei fori di energizzazione e dell'area di parcheggio dei veicoli, così come nel corretto smaltimento di ogni rifiuto generato ed accumulato durante le attività sopra citate.

#### **4.1.8 Personale, veicoli e campo base**

La tabella di seguito riporta il personale che sarà generalmente impiegato durante le varie fasi del progetto, secondo la suddivisione descritta nella sezione precedente:

**Tabella 3: Personale per le operazioni**

<b>Fase</b>	<b>Numero di squadre</b>	<b>Personale per squadra (totale)</b>	<b>Durata delle attività</b>
1. Autorizzazioni e Permessi locali 2. Permessi di accesso ai terreni	1	6 persone (6)	6 mesi
3. Mobilizzazioni di veicoli, personale e apparecchiature	-	-	2 mesi
4. Rilievo topografico	5	3 persone (15)	circa 3 mesi
5. Perforazione dei fori di energizzazione	4	4 persone (16)	circa 3 mesi
6. Caricamento dei fori di energizzazione	3	2-3 persone (6-9)	circa 3 mesi
7. Operazioni vibroseis	1	10 persone (10)	circa 3 mesi
8. Monitoraggio delle attività di energizzazione	3	2-3 persone (6-9)	3 mesi
9. Utilizzo dei geofoni	5	6 persone (30)	3 mesi
10. Utilizzo delle apparecchiature in linea ed operazioni di registrazione	Come sopra	Come sopra	3 mesi
11. Ripristino delle aree di intervento e dei fori di perforazione	1	2 persone (2)	3 mesi
12. Valutazione della richiesta di danni e pagamento	1	4 persone (4)	3 mesi
13. Smobilitazione	-	-	1 mese

Si specifica che le attività dettagliate nella tabella verranno svolte in parallelo e saranno pertanto in parte sovrapposte.



E' previsto pertanto che vengano impiegate un totale di ca.100 persone durante le varie attività, includendo approssimativamente 10 persone di supporto (amministrativo, manutenzione, sicurezza, ecc.)

In riferimento ai veicoli necessari per le attività, è previsto che vengano usati i seguenti:

- Camion vibroseis - 2, 3 or 4 unità + 1 libera: queste saranno usate per le operazioni di vibroseis lungo le strade esistenti, sentieri e campi aperti.
- Mini camion vibroseis - 1 o 2 unità, se necessarie: queste saranno usate in aree urbane inaccessibili ai camion vibroseis più grandi.
- Trattori per la perforazione - 4 unità (inclusi autobotti/autoarticolati): queste saranno utilizzate per perforare fori di energizzazione in terreni inaccessibili ai camion vibroseis.
- Mini trattori di perforazione - 2 unità, se necessarie: queste saranno utilizzate per perforare i fori per le cariche sismiche in terreni inaccessibili ai trattori più grandi;
- Veicolo di registrazione - 1 unità: questo sarà utilizzato per l'unità di registrazione.
- Veicolo di supporto 6x6/4x4 - 3 unità: queste saranno utilizzate per il rifornimento sul posto, controllo del traffico e manutenzione.
- Veicolo pick-up 4x4 - 20 unità: questi verranno utilizzati per il trasporto delle apparecchiature dal campo base da e per le linee sismiche, per i capigruppo, i topografi, i perforatori, i capisquadra, i controllori della linea, la squadra verde ecc.
- Piccoli bus per i gruppi di personale - 3 unità: questi saranno usati per il trasporto di personale dal campo base da e per le linee sismiche.
- Piccolo auto 4x4: - 6 unità per il personale incaricato di ottenere autorizzazioni e permessi locali.
- Auto compatte 2x4: - 4 unità per personale di ufficio e di supporto.

## **4.2 Descrizione del rilievo sismico passivo**

### **4.2.1 Metodologia di approccio**

Un rilievo sismico passivo ha l'obiettivo di indagare gli strati geologici presenti nel sottosuolo terrestre attraverso la registrazione, con il posizionamento di specifici sensori, delle vibrazioni della terra derivanti dal "rumore sismico ambientale" o più precisamente dalla vibrazione continua della terra dovuta a cause naturali e antropiche. Questa tecnica, nota come sismica passiva, non richiede alcuna energizzazione esterna, perché utilizza fonti come micro-sismi naturali, il traffico veicolare, la produzione industriale, il vento, la pioggia e fonti di mini-vibrazioni sulla superficie della terra.

#### **Il rilievo sismico passivo è complementare e contemporanea al rilievo sismico 2D.**

L'acquisizione di dati di sismica passiva include l'ubicazione sulla terra di specifici sensori noti come geofoni. Questi geofoni hanno un diametro di alcuni centimetri e verranno posizionati a intervalli di circa 2 km lungo le linee sismiche all'interno di corridoi già individuati, definiti come "area ristretta", prevedendo l'utilizzo di circa 245 geofoni

Inoltre alcuni di questi geofoni verranno impiegati per un periodo di circa due-tre settimane prima dell'avvio delle attività di sismica 2D in modo da registrare il "rumore di fondo" generato dalla micro-sismicità nell'area; infine alcuni di questi geofoni verranno utilizzati lungo specifiche linee sismiche a intervalli di circa 100 m in contemporanea con le attività di acquisizione di dati.

Il rilievo sismico passivo rappresenta una tecnica piuttosto nuova per l'industria Oil&Gas. Tuttavia a seguito di numerosi studi pubblicati, dal 2011 ha trovato spazio il concetto di utilizzo sismicità naturale, onde di pressione dagli oceani, e altre sorgenti di rumore di fondo naturale ed antropico (come il rumore del traffico) per ricostruire la geologia del sottosuolo. Shell sta costruendo particolare esperienza in questo settore, riconoscendo il valore dell'esplorazione di questa tecnica a supporto degli studi di sismica tradizionale.



Il presente progetto propone di registrare le onde sismiche naturali e superficiali, per ottenere dati di velocità superficiale che possono essere usati per creare un'immagine tomografica del sottosuolo nell'area di interesse. Queste immagini forniranno informazioni non presenti all'interno dei dati del rilievo sismico attivo, e così facendo, miglioreranno la qualità dei dati sismici per la successiva fase di interpretazione.

#### **4.2.2 Strumentazione di registrazione: Geofoni**

Per il rilievo è previsto l'uso dei geofoni *Fairfield Nodal ZLand 3-component (3C)*. Questi sono una nuova generazione di geofoni 3C, recentemente immessi nel mercato. I geofoni sono autonomi, ossia non richiedono cavi, unità di registrazione esterne o batterie esterne. Tutto è contenuto in una singola unità di 12 cm di diametro e di 17 cm di altezza, sulla base dei quali viene fisata una punta di 11 cm di lunghezza. Il tutto pesa 2,8 kg.

A seconda delle condizioni del suolo e del terreno, vengono usati due differenti metodi di collocazione dei geofoni:

1. Per sedimenti sciolti e/o terreno soffice, i geofoni vengono sotterrati sotto la superficie del terreno, per migliorare il segnale, riducendo il rumore del vento, e il rischio di disturbo da animali o di passanti nonché il potenziale furto. Ogni 4-6 settimane, i dati sismici vengono recuperati dalla memoria interna e vengono sostituite le batterie. Alla fine del periodo di acquisizione (ca.3-4 mesi a seconda della lunghezza del rilievo sismico attivo), i geofoni vengono rimossi ed i piccoli fori riempiti di terra.



*Figura 25: Esempio di impiego di geofono in sedimenti sciolti o suolo morbido. Sulla sinistra: un buco di 15 cm di diametro scavato ad una profondità di 25 cm. Al centro: il geofono è posizionato verticalmente nel buco a livello della superficie. Il suolo viene reimmesso intorno al geofono. Sulla destra la cima del geofono viene coperta con l'erba.*

2. Per le superfici rocciose e dure, il segnale risulta aumentato, ma il rischio di interferenze di animali o esseri umani è maggiore. Su superfici rocciose, la punta del geofono viene rimossa ed il geofono viene fissato alla superficie della roccia con una piccola quantità di stucco. Al completamento dell'acquisizione, l'intonaco viene rimosso e la roccia pulita fino a tornare alla sua condizione originale. Lo stucco viene smaltito secondo le norme di gestione dei rifiuti in vigore.



*Figura 26: Esempio di impiego del geofono su roccia. Sulla sinistra il geofono senza la punta viene fissato sulla roccia con dell'intonaco. Al centro: il geofono è posizionato verticalmente utilizzando lo stucco(zoom)/superficie rocciosa. Sulla destra: il geofono e lo stucco vengono rimossi, la superficie rocciosa viene ripulita con acqua e spazzole.*

Il metodo preferibile per l'impiego del geofono è il sotterramento nel terreno.

Il tempo richiesto per l'impiego iniziale, la raccolta dei dati, la sostituzione delle batterie, e il recupero del geofono dipende dalla metodologia sopradescritta e dal numero di persone coinvolte. Tuttavia, una squadra



di tre lavoratori, supportati da un veicolo leggero, dovrebbe essere in grado di piantare e rimuovere tutti i geofoni in una settimana rispettivamente prima e dopo il completamento dell'acquisizione dei dati sismici.

Si prevede che la squadra di sismica passiva sarà parte della squadra di sismica 2D, e così facendo, non sarà necessario realizzare due campi base separati.

### **4.3 Layout di progetto**

Il presente progetto è corredato da una tavola illustrativa (Tavola 1) che presenta il layout di progetto, inclusi gli elementi descritti nelle sezioni precedenti. La figura evidenzia quindi i seguenti elementi di progetto:

- le linee sismiche lungo le quali verranno effettuate le attività di rilievo sismico 2D, con indicazione delle sezioni ove verranno effettuate sia attività di energizzazione (vibroseis e cariche sismiche), sia attività di registrazione e delle sezioni terminali (code) ove verranno effettuate esclusivamente attività di registrazione;
- i confini:
  - del Permesso di Ricerca Cascina Alberto;
  - dell'Area Ristretta, ossia i corridoi di 400 m (+/-200 m dall'asse della linea sismica) entro cui verranno effettuate attività di energizzazione e/o attività di registrazione;
  - dell'Area Vasta, ossia l'area esterna al perimetro del Permesso di Ricerca Cascina Alberto interessata in parte ad attività di energizzazione e registrazione, in parte alle sole attività di registrazione.

### **5.0 CRONOPROGRAMMA**

Si prevede di effettuare le attività di progetto in campo in periodo invernale (indicativamente da settembre a marzo) non appena ottenute tutte le necessarie autorizzazioni. Si stima che le attività avranno una durata indicativa di circa 4-5 mesi.

### **6.0 QUADRO ECONOMICO**

I costi indicativi delle attività di progetto riportate nei precedenti paragrafi sono stati stimati essere pari a Euro 2.795.000,00.



## **Firme della Relazione**

Dr. Marco Brun  
n.q. di A.D. e l.r.p.t. di  
Shell Italia E&P S.p.A.

---

*(documento informatico firmato digitalmente  
ai sensi dell'art. 24 D.Lgs. 82/2005 e ss.mm.ii)*