

SOCIETA' IRMINIO S.R.L.

# Progetto

Rilievo geofisico 3D  
Permesso di Ricerca "Santa Croce"

2015

VIA RENO N. 5 - ROMA

## SOMMARIO

1. PREMESSA	3
1.1 UBICAZIONE GEOGRAFICA	6
1.2 SOGGETTO PROPONENTE	7
2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ' DEL PROGETTO DI RICERCA	8
2.1 OBIETTIVI DELLA RICERCA	8
2.1.1 Interesse minerario per la Piattaforma Apula sepolta	13
2.2 DESCRIZIONE DELLE TECNOLOGIE DI RICERCA	19
2.2.1 Prospezione mediante il metodo geofisico	19
2.2.2 Tipologia delle sorgenti di onde elastiche	20
2.2.3 Progettazione di una campagna di acquisizione geofisica	22
2.2.4 Tipologia degli stendimenti ed ubicazioni	24
2.2.5 Energizzazione	29
2.2.5.1 Vibroseis	30
2.2.5.2 Cariche	36
3. NORMATIVA TECNICA E STANDARD DI RIFERIMENTO	39

## 1. PREMESSA

L'attività che si svolgerà nella suddetta area consiste nell'acquisizione di un rilievo geofisico 3D di un'area di circa 87 kmq (vedi Tavola n. 1). Nell'ambito del programma di ricerca in oggetto, le sorgenti di onde elastiche saranno di tipo misto: per la quasi totalità dell'esplorazione (90%) si utilizzeranno Vibroseis montati su camion mentre, nelle zone a maggiore pendenza o nei boschi privi di piste percorribili dai Vibroseis (circa il 10%), si utilizzeranno piccole cariche alloggiare in pozzetti.

**Un rilievo geofisico è l'unico metodo scientifico di ricerca, utilizzato in tutto il mondo da più di 70 anni, attraverso il quale è possibile ricostruire la struttura geologica del sottosuolo senza l'utilizzo di metodi diretti quali la realizzazione di perforazioni profonde (pozzi esplorativi).**

La crosta terrestre è in gran parte costituita da rocce sedimentarie stratificate che sono il risultato della lenta ma continua deposizione di materiali in bacini sedimentari. In seguito a fenomeni come la velocità e il tipo di sedimentazione o la compattazione dei depositi favorita dal carico litostatico, le rocce subiscono variazioni di alcune proprietà fisiche/meccaniche quali, ad esempio, la densità e la compressibilità.

Quando in superficie, o in prossimità di questa, si applica una forza variabile nel tempo utilizzando una sorgente di energia (energizzazione), si osserva la generazione di onde elastiche di cui è possibile seguire la propagazione nel sottosuolo. Infatti con opportuni sensori (geofoni) si possono misurare i tempi di ritorno in superficie delle onde riflesse o rifratte dalle discontinuità che delimitano le unità sedimentarie principali, caratterizzate, come già detto, da proprietà fisiche e da una storia geologica differente.

La restituzione finale dei risultati è presentata sotto forma di immagini della crosta terrestre (sezioni), in cui l'organizzazione e il carattere delle forme d'onda costituenti i segnali (gli echi registrati in superficie) possono permettere di formulare ipotesi sull'assetto geometrico delle formazioni sepolte, sulla natura delle rocce investigate e, infine, sulle loro proprietà petrofisiche, comprese le valutazioni sui fluidi eventualmente contenuti nelle rocce. Notevoli complicazioni sorgono quando gli strati sono stati piegati, deformati o fagliati come si osserva nei processi di formazione delle montagne oppure quando si verificano movimenti legati alla tettonica salina, o all'intrusione di corpi vulcanici.

Per la ricostruzione di queste geometrie complesse, le tecniche più recenti richiedono speciali elaborazioni digitali delle immagini, quali le acquisizioni 3D.

**Presso l'area in studio, in passato, sono state realizzate altre campagne geofisiche (Figura n. 1).**

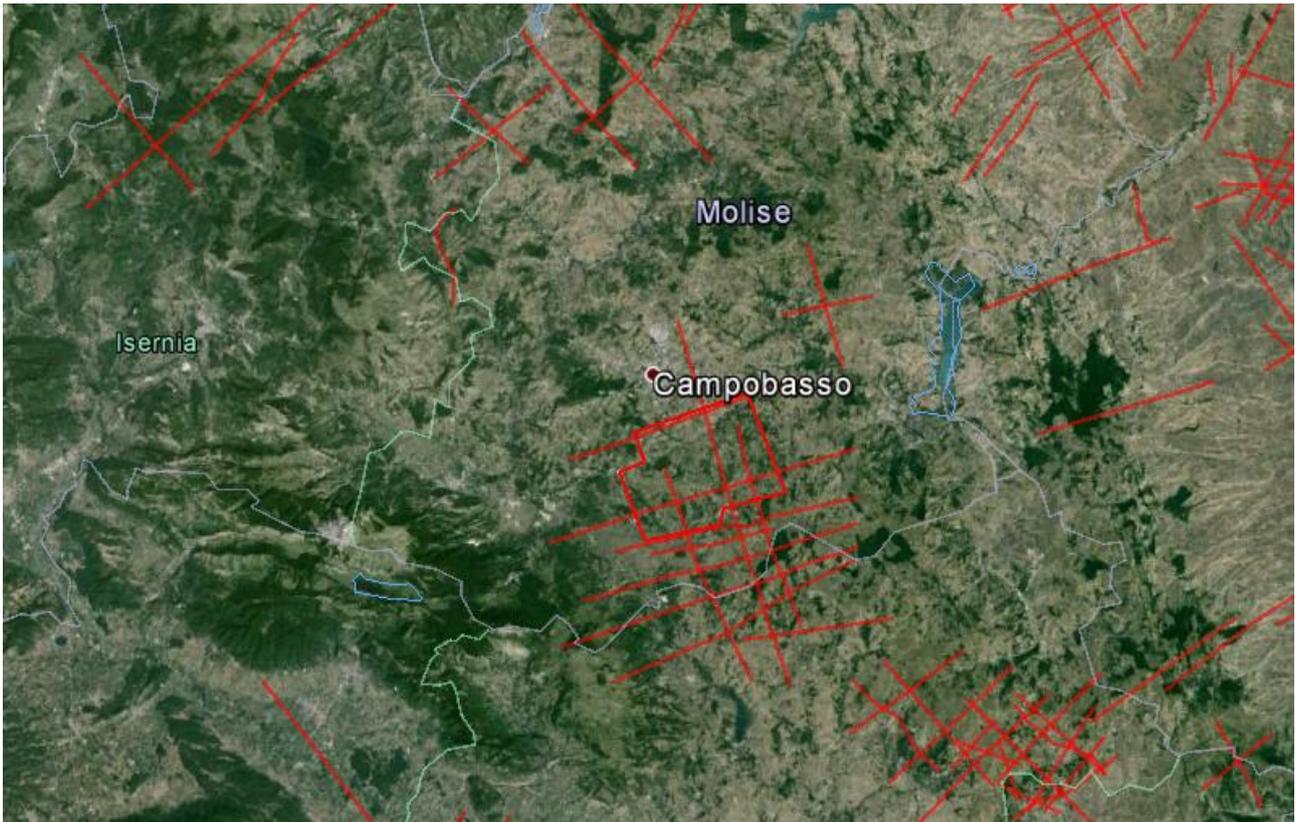


Figura n. 1: le linee rosse indicano i rilievi realizzati in passato presso l'area in studio

**Un esempio del risultato della ricerca è quello raffigurato nella figura n. 2: questa sezione geofisica è stata interpretata riconoscendo sia le formazioni geologiche più importanti sia le strutture tettoniche (faglie e pieghe) presenti in profondità.**



Figura n. 2: esempio di sezione geofisica interpretata con evidenziazione delle strutture e delle formazioni geologiche del sottosuolo registrate in altre campagne di ricerca precedenti

### 1.1 Ubicazione geografica

L'attività in oggetto si trova all'interno del Permesso di Ricerca Idrocarburi "Santa Croce" avente come vertici i punti con le seguenti coordinate geografiche (vedi Tavola n. 1):

#### **Coordinate geografiche dei vertici (Roma 40 - M.M.)**

Vertice	Longitudine	Latitudine
a	2° 04'	41° 37'
b	2° 24'	41° 37'
c	2° 24'	41° 24'
d	2° 19',84	41° 24'
e	2° 19',34	41° 21',67
f	2° 17',5	41° 21',9
g	2° 17',48	41° 21',8
h	2° 17'	41° 21',86
i	2° 17'	41° 21'
l	2° 09'	41° 21'
m	2° 09'	41° 24'
n	2° 04'	41° 24'

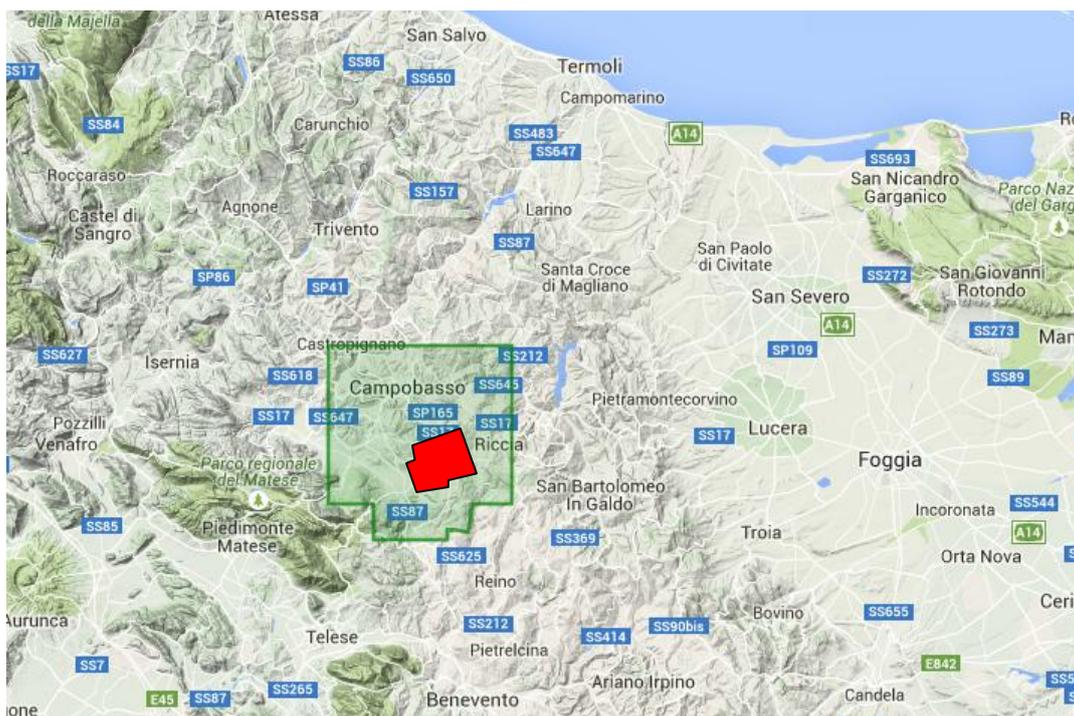


Figura n. 3: ubicazione geografica del permesso "Santa Croce"

Regioni e province in cui ricade il permesso di ricerca summenzionato (superfici parziali):

<b>MOLISE (641,2 Km<sup>q</sup>)</b>	Campobasso (641,2 Km <sup>q</sup> )
<b>CAMPANIA (104,4 Km<sup>q</sup>)</b>	Benevento (104,4 Km <sup>q</sup> )

L'area oggetto della ricerca ha un'estensione di circa 87 kmq, ricade interamente nella Regione Molise, provincia di Campobasso, ed ha i seguenti vertici:

<b>Coordinate (Gauss-Boaga)</b>	
<u>Longitudine</u>	<u>Latitudine</u>
2490296.2	4596498.3
2499242.5	4599365.2
2502049.4	4591495.3
2497207.3	4590337.3
2496816.3	4589041.3
2490948.1	4587933.3
2489074.2	4593401.3
2491065.2	4594147.3

I comuni interessati saranno:

<b>Comune</b>	<b>%<sup>1</sup></b>	<b>kmq<sup>2</sup></b>
Campodipietra	3.7	3.2
Cerçemaggiore	16.4	14.3
Cerçepiccola	13.2	11.5
Ferrazzano	8.2	7.1
Gildone	29.9	26.1
Mirabello Sannitico	18.0	15.7
San Giuliano del Sannio	9.4	8.2
Vinchiaturo	1.3	1.1

## 1.2 SOGGETTO PROPONENTE

Il soggetto proponente del progetto è la società IRMINIO S.R.L. con sede legale in Palermo, via Principe di Villafranca n. 50, sede secondaria in Roma, via Reno n. 5, iscritta alla camera di commercio di Palermo (P.IVA/C.F. 03922140821).

<sup>1</sup> % di territorio interessato dalla ricerca per ogni comune

<sup>2</sup> Kmq interessati dalla ricerca per comune

## 2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ' del PROGETTO di RICERCA

L'attività che si svolgerà nella suddetta area consiste nell'acquisizione di un rilievo geofisico 3D di un'area di circa 87 kmq. Nell'ambito del programma di ricerca in oggetto, le sorgenti di onde elastiche saranno di tipo misto: per la quasi totalità dell'esplorazione (90%) si utilizzeranno Vibroseis montati su camion mentre, nelle zone a maggiore pendenza o nei boschi privi di piste percorribili dai Vibroseis (circa il 10%), si utilizzeranno piccole cariche alloggiare in pozzetti.

### 2.1 OBIETTIVI DELLA RICERCA

L'obiettivo principale della ricerca è la rappresentazione tridimensionale, sia stratigrafica che strutturale, del sottosuolo con la finalità di individuare possibili trappole di accumulo di idrocarburi nella Piattaforma Apula. Il play di ricerca della Piattaforma Apula riveste per il permesso "Santa Croce" uno dei temi principali di ricerca, in quanto esso ha un ottimo potenziale minerario come è stato accertato dai ritrovamenti del campo pozzi di Castelpagano e Benevento nonché, a scala più ampia, nelle scoperte avvenute in Basilicata (Val D'Agri e Tempa Rossa).

Gli studi sismici, gravimetrici, di geologia regionale e i dati delle esplorazioni petrolifere indicano che la Piattaforma Apula non è in affioramento nell'area di ricerca "Santa Croce" a causa della copertura delle falde alloctone mioceniche del bacino molisano sannitico.

La successione della Piattaforma Apula risulta essere costituita da una spessa serie calcareo e calcareo dolomitica (soprattutto alla base) triassico-miocenica, la cui porzione basale non è ben conosciuta in modo ottimale, tuttavia i dati del pozzo Puglia 1, perforato nell'area garganica, indicano un contatto discordante della serie carbonatica apula al di sopra di un basamento costituito da depositi continentali a basso grado metamorfico tra cui ardesie, metareniti e breccie poligeniche.

L'unità della Piattaforma Apula e la sua sequenza stratigrafica può essere schematizzata dal basso verso l'alto come segue:

- **Unità di base Permiana** : identificata dal pozzo Puglia 1, tale unità è caratterizzata da un insieme di rocce di origine continentale, che presentano un metamorfismo di basso grado come dimostrano i dati di perforazione che indicano la presenza di argilliti, ardesie metareniti e breccie poligeniche
- **Anidriti di Burano (Triassico Medio-Superiore)** : alternanza di anidriti, dolomie, dolomie calcare calcari dolomitici, con livelli di marne argillose e livelli sottili di evaporiti. Le dolomie si presentano di colore nerastro con sottili livelli argillosi e livelli di argille e dolomie bituminose, i caratteri sedimentologici e litologici indicano una deposizione di piana di "Sabka" prospiciente ad una area marina confinata ad elevata salinità, inoltre

l'esistenza di depositi evaporitici lascia presupporre anche la presenza di bacini evaporitici chiusi. Tale formazione riveste un notevole ruolo nella generazione di olio, infatti studi geochimici e analisi isotopiche indicano che ci sono famiglie di olio ritrovate nella zona a mare in Adriatico che derivano da una roccia madre Triassica e successivamente hanno subito delle migrazioni principalmente verticali.

- **Dolomie di Ugento (Triassico Medio-Superiore)** :dolomie grigio scure a grana fine oolitiche con noduli e livelletti di anidrite, dolomie intraclastiche. I caratteri sedimentologici e litologici di questa formazione ci indicano una deposizione di piattaforma interna ristretta di acqua bassa e basso idrodinamismo, con elevati fattori di evaporazione, tale formazione presenta caratteri di roccia serbatoio.
- **Calcarei di Cupello (Cretacico Medio Superiore)** : Packstone talora Wackestone intraclastico pellettifero e fossilifero da grigio a biancastro, duro dolomitizzato nella parte bassa con rare intercalazioni di argilla rossa e marna grigio verde.  
Per questa formazione risulta particolarmente importante l'intervallo Cretacico del Cenomaniano caratterizzato dalla presenza di calcari lagunari, infatti da studi geochimici ed analisi isotopiche risulta che tale intervallo rappresenta la "source cretatica" che ha originato gran parte degli oli nell'area dell'Appennino Meridionale tuttavia ci sono ancora dei rischi esplorativi per quanto riguarda questa sorgente cretatica in quanto è stato dimostrato la non continuità stratigrafica del Cenomaniano lagunare all' interno della Piattaforma Apula. Questo problema è stato identificato dal pozzo San Gregorio Magno 1 in cui la serie in questione non è presente o per mancata sedimentazione oppure per erosione, questo secondo le ricostruzioni paleodeposizionali può essere spiegato dal fatto che le aree lagunari ed euxiniche intrapiattaforma erano delle aree molto articolate batimetricamente e con varie disarticolazioni tra di loro per questo non si ha una estesa continuità stratigrafica.
- **Calcarei di Lavello (Paleocene-Eocene)**: caratterizzati da calcari marnosi in facies bacinale, brecce calcaree e livelli vulcanoclastici, anche questa formazione ha buone caratteristiche di roccia serbatoio.
- **Formazione Bolognano (Langhiano-Tortoniano)**: calcareniti e calcareniti lito-biostatiche di rampa carbonatica con abbondanti frammenti di Briozoi e Litotamni. Tali calcareniti passano verso l'alto ad una alternanza di marne e calcari bioclastici e litoclastici a Globigerine e Orbuline
- **Formazione Gessoso Solfifera (Messiniano)** : argille con alternanza di banchi e strati di anidriti a gesso microcristallino, risedimentato e blocchi di gesso selenitico, intervalli con intercalazioni di calcari detritici e marne calcaree. Tale formazione ha uno spessore

maggiore di 50 metri ed è considerata una ottima roccia di coperture a causa della sua forte presenza della percentuale argillosa.

Al di sopra della formazione Gessoso Solfifera si sovrappongono le unità alloctone medio mioceniche appartenenti alle unità Sicilidi e Sannite, che, in alcuni pozzi, sono sovrapposte a lembi di Pliocene argilloso Bradanico. Sia l'unità pliocenica (in modo marginale) che le unità alloctone in modo maggiore svolgono una sufficiente funzione di copertura soprattutto se in condizione di giacimento in sovrappressione.

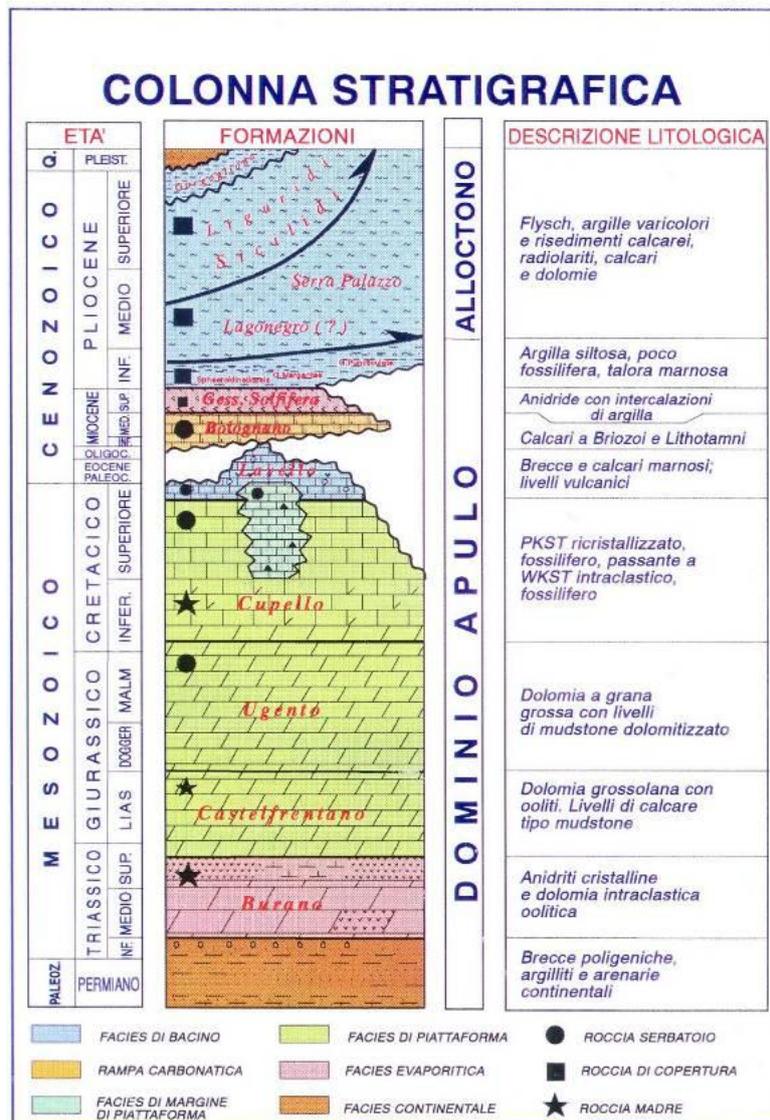


Figura n. 4: schema stratigrafico delle unità della Piattaforma Apula e relative collocazione stratigrafica delle rocce madri, serbatoio e rocce di copertura

Sono stati studiati modelli stratigrafici e paleodeposizionali per migliorare la conoscenza sulla evoluzione della Piattaforma Apula e fare delle dovute considerazioni petrofisiche e sedimentologiche.

I modelli paleodeposizionali fatti per la Piattaforma Apula evidenziano una piattaforma carbonatica variamente articolata compresa tra aree bacinali circostanti e con aree intrapiattaforma lagunari e solchi bacinali.

Secondo questi modelli la Piattaforma Apula è caratterizzata da una zona di sedimentazione interna e da aree di transizione e margine che fanno da passaggio alle aree a sedimentazione di bacino. La piattaforma interna è rappresentata da una sequenza di fango carbonatico e da biomicriti fini, con presenza di alghe. Tale facies risulta essere di una deposizione di acqua bassa, protetta e a basso idrodinamismo, all'interno delle aree di piattaforma interna si evidenziano delle facies lagunari di acqua bassa e piccoli bacini intrapiattaforma euxinici e a forte evaporazione, soprattutto durante il Cenomaniano, generando ottime condizioni di accumulo di materiale organico e quindi un buon potenziale naftogenico. Durante il Cretacico la Piattaforma Apula vede l'instaurarsi, soprattutto nella parte di Piattaforma esterna poco profonda e nelle aree di margine, di sistemi biocostruiti a Rudiste e banchi oolitici che vedono un maggiore incremento costruttivo durante il Cretacico Medio-Superiore, tali facies evidenziano a causa del loro forte sviluppo nel Cretacico Medio una trasgressione al di sopra delle unità fangose della parte interna della piattaforma. Tali unità di margine risultano essere particolarmente interessanti ed importanti dal punto di vista della successione petrolifera in quanto rappresentano ottime rocce serbatoio a causa della loro porosità primaria generata dalle costruzioni bioermali a Rudiste e successivamente dalla loro intensa fratturazione avvenuta durante le fasi di compressione mioceniche.

La Piattaforma Apula risulta essere un ottimo ambiente per la generazione di idrocarburi a causa della sua conformazione paleodeposizionale e stratigrafica e per la presenza di rocce sia "madre" ad elevato potere naftogenico (Calcari lagunari cenomaniani e le dolomie triassiche) che rocce "serbatoio" (Calcari di margine, biocostruzioni di margine interno ed esterno).

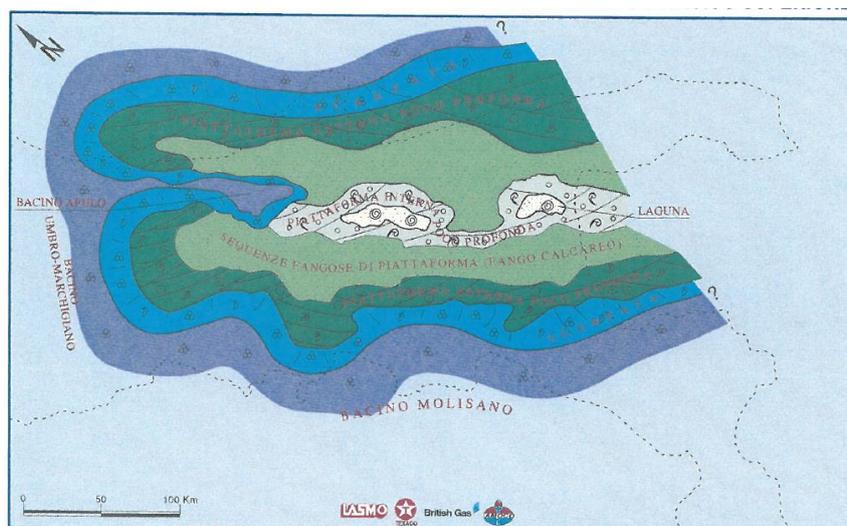


Figura n. 5: Ricostruzione paleodeposizionale della Piattaforma Apula nel Cretacico Superiore, si evidenziano aree di piattaforma interna a deposizione fangosa con la presenza di aree lagunari di acqua bassa e le aree più esterne di margine con zone di reef biocostruiti a Rudiste

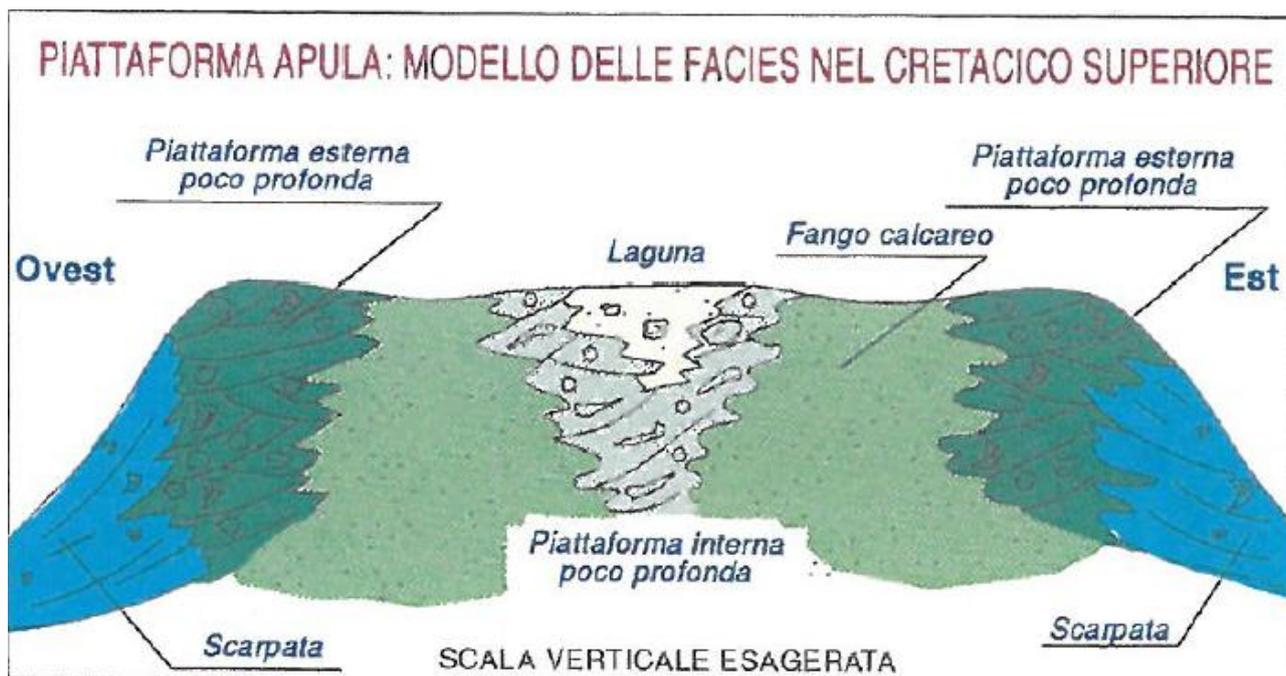


Figura n. 6: sezione stratigrafica della Piattaforma Apula sono bene evidenziate le facies fangose di piattaforma interna e le facies di bacini ristretti lagunari, mentre i margini sono costituiti da facies calcaree bioerziali a Rudiste che nel Cretacico Superiore trasgrediscono sopra le facies di piattaforma interna creando un buon assetto stratigrafico per la formazione della roccia serbatoio.

Secondo i modelli e studi fatti in precedenza si osserva che la qualità della roccia serbatoio dipende più dai processi deformativi subiti (fratture) che dai fenomeni diagenetici (micro cavità e allargamento delle fratture) dovuti alla circolazione tardiva di acque meteoriche o di fluidi legati all'ultima fase tettonica che ha coinvolto la Piattaforma Apula. Tali fenomeni sia di fratturazione che di circolazione delle acque possono determinare un aumento della porosità secondaria della roccia e quindi la sua capacità di ritenzione di idrocarburi.

Secondo questi modelli di diagenesi si individuano due fasce di qualità per la roccia serbatoio, una più profonda con porosità distrutta a causa della circolazione profonda di fluidi salini e per vari fenomeni di ricristallizzazione e occlusione minerale e una fascia di rocce, soprattutto cretatiche, che presentano una porosità creata a causa sia della intensa fratturazione (fasi compressive mioceniche) sia della circolazione di acqua meteorica a basso contenuto di sali che ha dato un contributo marginale all'incremento della porosità secondaria. Inoltre resta importante, soprattutto per quanto riguarda le unità cretatiche, la presenza di rocce biocostruite a Rudiste che possono presentare anche una porosità primaria.

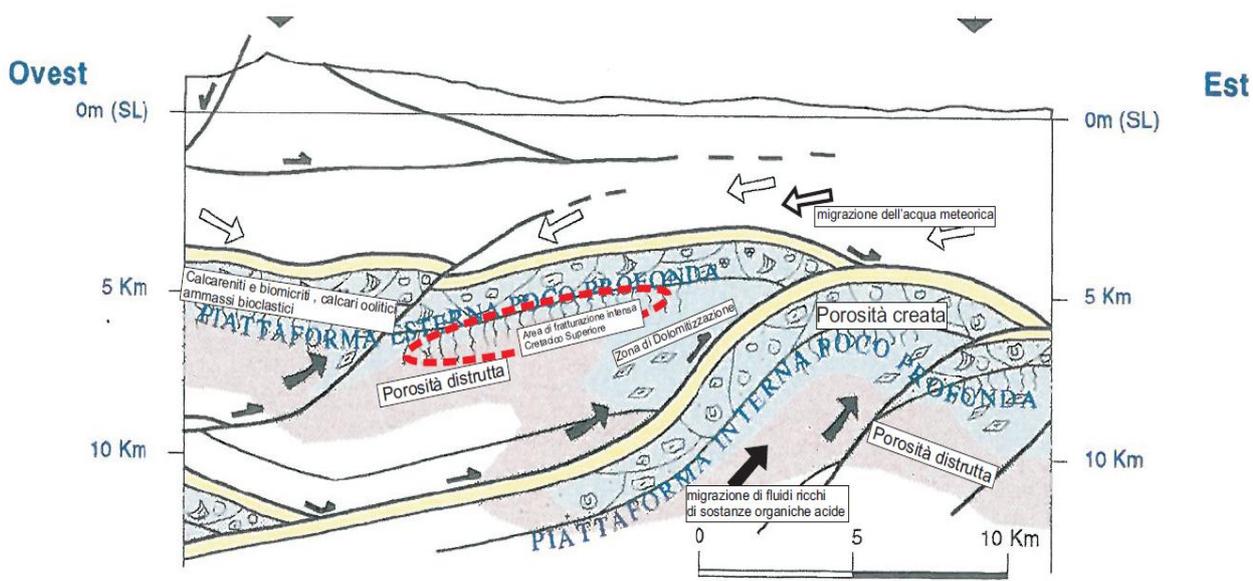


Figura n. 7: modello di diagenesi della Piattaforma Apula, si evidenziano le due zone a diversa porosità una inferiore con porosità distrutta a causa di fenomeni di mineralizzazione per risalita di fluidi ad elevata concentrazione salina e una zona, soprattutto la parte cretacea che presenta una intensa fratturazione e una porosità creata anche dalla circolazione e migrazione dell'acqua meteorica, da questo modello si evince che la parte alta della Piattaforma Apula presenta ottime caratteristiche di roccia serbatoio a causa della sua porosità secondaria.

### 2.1.1 Interesse minerario per la Piattaforma Apula sepolta

Il play di ricerca della Piattaforma Apula riveste per il permesso "Santa Croce" uno dei temi principali di ricerca, in quanto esso ha un ottimo potenziale minerario come è stato accertato dai ritrovamenti del campo pozzi di Castelpagano e Benevento.

Da studi precedenti e dalle analisi fatte in gran parte su idrocarburi ritrovati nell'Appennino meridionale risulta che la Piattaforma Apula a causa della sua conformazione stratigrafica e litologica è uno dei play petroliferi più interessanti con elevati potenziali.

Inoltre in questa parte dell'Appennino centro-meridionale esiste anche una ottima struttura a falde di ricoprimento che fungono da seal ben rappresentate dalle unità alloctone, questo fattore è di notevole importanza in quanto può abbassare il rischio esplorativo.

I Calcari della Piattaforma Apula interna risultano essere molto fratturati e tettonizzati e si sono strutturati in una serie di scaglie tettoniche di accavallamento verso oriente sulle quali si sono depositi le unità alloctone Lagonegresi e Molisane anch'esse in direzione orientali. La forte attività tettonica è proseguita nel Pliocene, soprattutto nella parte frontale della catena e durante questa fase si sono originati movimenti sia trascorrenti che transpressivi che sono stati particolarmente importanti per la migrazione degli idrocarburi.

Questa struttura geologica con le falde alloctone che ricoprono la Piattaforma Apula è stata ben evidenziata dai pozzi che sono stati analizzati : Circello 1, Castelpagano 1 (mineralizzato ad olio), Castelpagano 2, Benevento 1, Benevento 2 (Mineralizzato ad Olio), Benevento Sud 1, Benevento 3 (mineralizzato ad olio).

Tutti questi pozzi sono perforati a profondità variabile dell'ordine dei 4300-4500m e tutti si arrestano nei carbonati della Piattaforma Apula, attraversando prima una spessa serie in facies prevalentemente argillosa delle coltri alloctone (Unità Irpino-Sannite).

La situazione litostratigrafica e strutturale, sia del campo pozzi di Castelpagano che di Benevento, è composta essenzialmente da due grandi unità geologiche ben distinte tra di loro: la prima è quella delle unità "Irpino-Sannite" che sono caratterizzate da marne ed argille e calcari detritici intercalati di età miocenica; la seconda unità rappresenta i carbonati della Piattaforma Apula interna che secondo l'analisi della stratigrafia dei pozzi può essere dall'alto verso il basso così semplificata :

- **Formazione Gessoso Solfifera equivalente (Messiniano):** caratterizzata da brecce calcaree a matrice argillosa e livelli di Mudstone-Packstone in cui la frazione biogenica è rappresentata da molluschi. Tale formazione non presenta una percentuale elevata di rocce evaporitiche, probabilmente causata da un ambiente di sedimentazione più profondo e distante da aree di forte evaporazione.

Lo spessore misurato nei pozzi di questa formazione è dell'ordine dei 50-70m e a causa della sua facies prevalentemente argillosa risulta essere una buona roccia di copertura.

- **Unità calcarenitica e marnosa paleocenica-eocenica :** tale unità può essere distinta in tre facies ; una facies a marne sabbiose rosse e grigie, una facies di calcari brecciati e brecce calcaree con sottili intercalazioni di Packstone intraclastico e una facies a calcari bianchi compatti tipo Wackestone con intercalazioni di Packstone intraclastico. Tale formazione risulta mineralizzata ad olio nell'intervallo dell'Eocene inf nel pozzo Castelpagano 1 (**Figura n. 8**) per uno spessore di 57 m, la cui copertura è fatta da un livello di marne rosse del Miocene medio inferiore.

- **Formazione dei calcari di Cupello equivalenti(Cretacico medio-superiore) :** tale formazione è caratterizzata da calcari bianchi, compatti tipo Packstone con intercalazioni di mudstone fossilifero a Ostracodi, la porzione del Cretacico inferiore (Neocomiano-Barremiano) è costituita da una dolomia grigio scura, nocciola e nerastra a grana da fine a media con intercalazioni di Wackestone e Mudstone fossilifero. Si evidenziano livelli di brecce calcaree e calcari brecciati.

Tale porzione è risultata essere mineralizzata per uno spessore di circa 50m nel pozzo Benevento 2 con un olio a densità di 34-38°API.

- **Formazione Dolomie e Calcari di Ugento equivalente (Malm):** formazione raggiunta dal pozzo Benevento Sud 1, si presenta come calcari dolomitici brecciati ad intraclasti e rari fossili.

Dallo studio dei livelli di mineralizzazione della Piattaforma Apula si evidenzia che esso è un ottimo target petrolifero per le sue accertate mineralizzazioni: infatti risultano delle mineralizzazioni ad olio nella sua parte cretacea, come è stato evidenziato dai pozzi del campo di Benevento, e nella parte paleo-eocenica, come evidenziato dal pozzo Castelpagano 1.

Per valutare al meglio le potenzialità di questi target sono state fatte delle considerazioni anche sui caratteri petrofisici della roccia serbatoio utilizzando anche i dati dei relativi ritrovamenti precedenti.

Il reservoir cretaceo mineralizzato nel pozzo Benevento 2 è costituito da calcari mesozoici di piattaforma carbonatica, variamente fratturati (micro e macro fratture), secondo le prove di porosità il serbatoio ha una bassa porosità di matrice dell'ordine di 1-4%, mentre la porosità secondaria per fratturazione da un aumento del contributo erogativo anche se con valori di permeabilità (essenzialmente di frattura) compresi tra i 20 e 30 mD, questo ci indica il contributo importante della porosità per fratturazione che tuttavia varia e tende ad aumentare nelle aree di culminazione strutturale.

L'olio di questo intervallo è di tipo saturo con una densità di circa 34-38°API. Per quanto riguarda invece l'assetto minerario dei pozzi del campo di Castelpagano, risulta che la mineralizzazione è situata all'interno dell'intervallo Eocene inferiore-Eocene Superiore, dove secondo le prove di produzione svolte a profondità di 4190-4247 m.R.T è stata riscontrata una mineralizzazione ad olio compreso tra 4202-4256m con un olio a 30.8°API.

Secondo gli studi di giacimento condotti dall'ENI per il pozzo Castelpagano 1 i valori di porosità media (fratture più porosità matriciale) della formazione eocenica mineralizzata si attestano mediamente attorno a valori dell'8% e dalle misure di permeabilità delle carote dei calcari eocenici si evidenziano bassi valori di permeabilità comprese tra 0.1 e 0.4 Md.

Pozzo Benevento 2 e relativo log delle mineralizzazioni ad olio del Turoniano

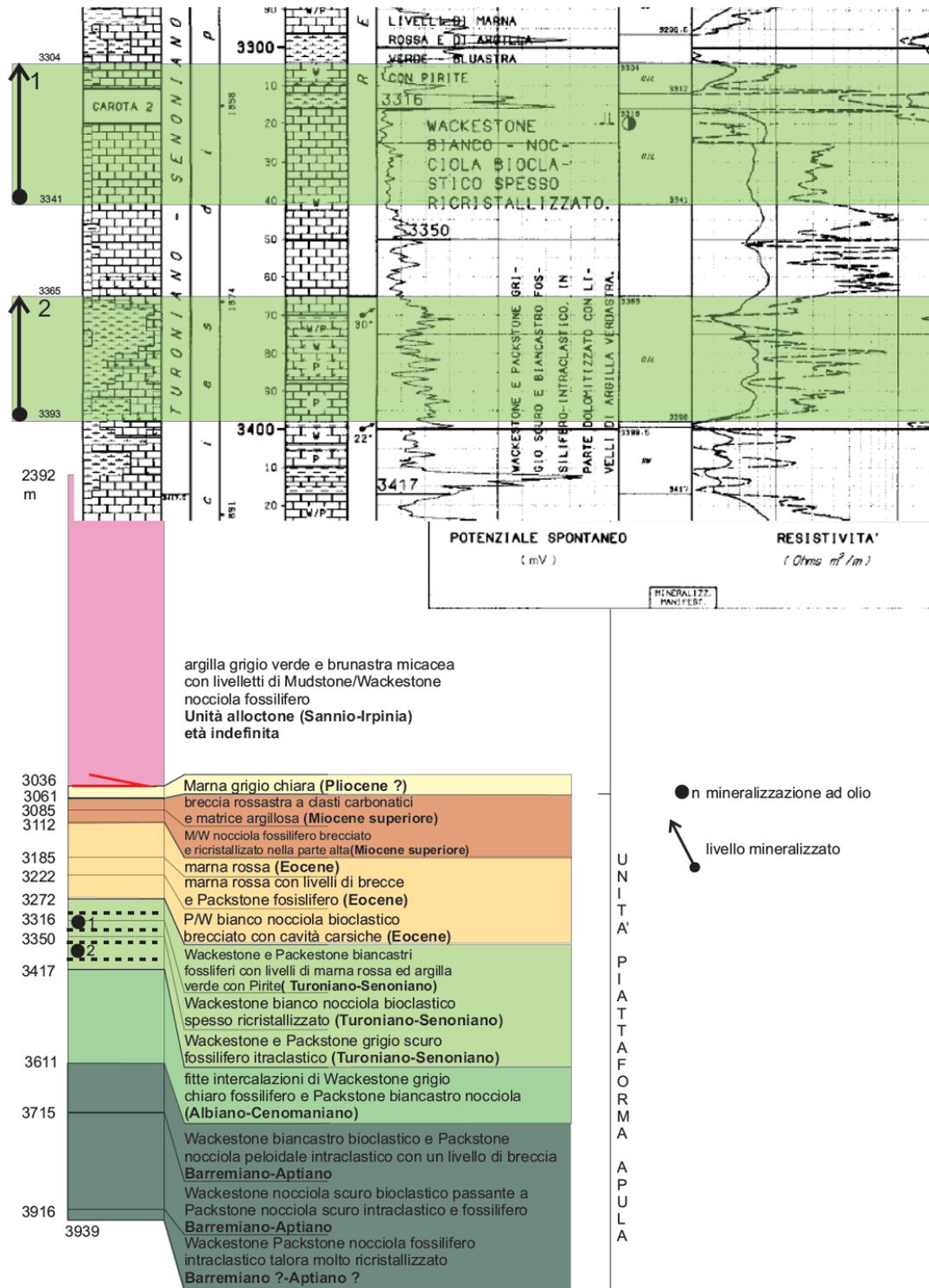


Figura n. 8: Schema semplificato del log del pozzo Benevento 2 e log elettrico della formazione mineralizzata ad olio, l'assetto stratigrafico strutturale evidenzia la sovrapposizione delle unità alloctone Irpino-Sannite al di sopra delle unità carbonatiche della Piattaforma Apula che risulta essere mineralizzata ad olio ad una profondità di circa 3300m all'interno dei calcari turoniani della Piattaforma Apula.

Tratto della stratigrafia del Castelpagano 1 e relativo log con la formazione mineralizzata

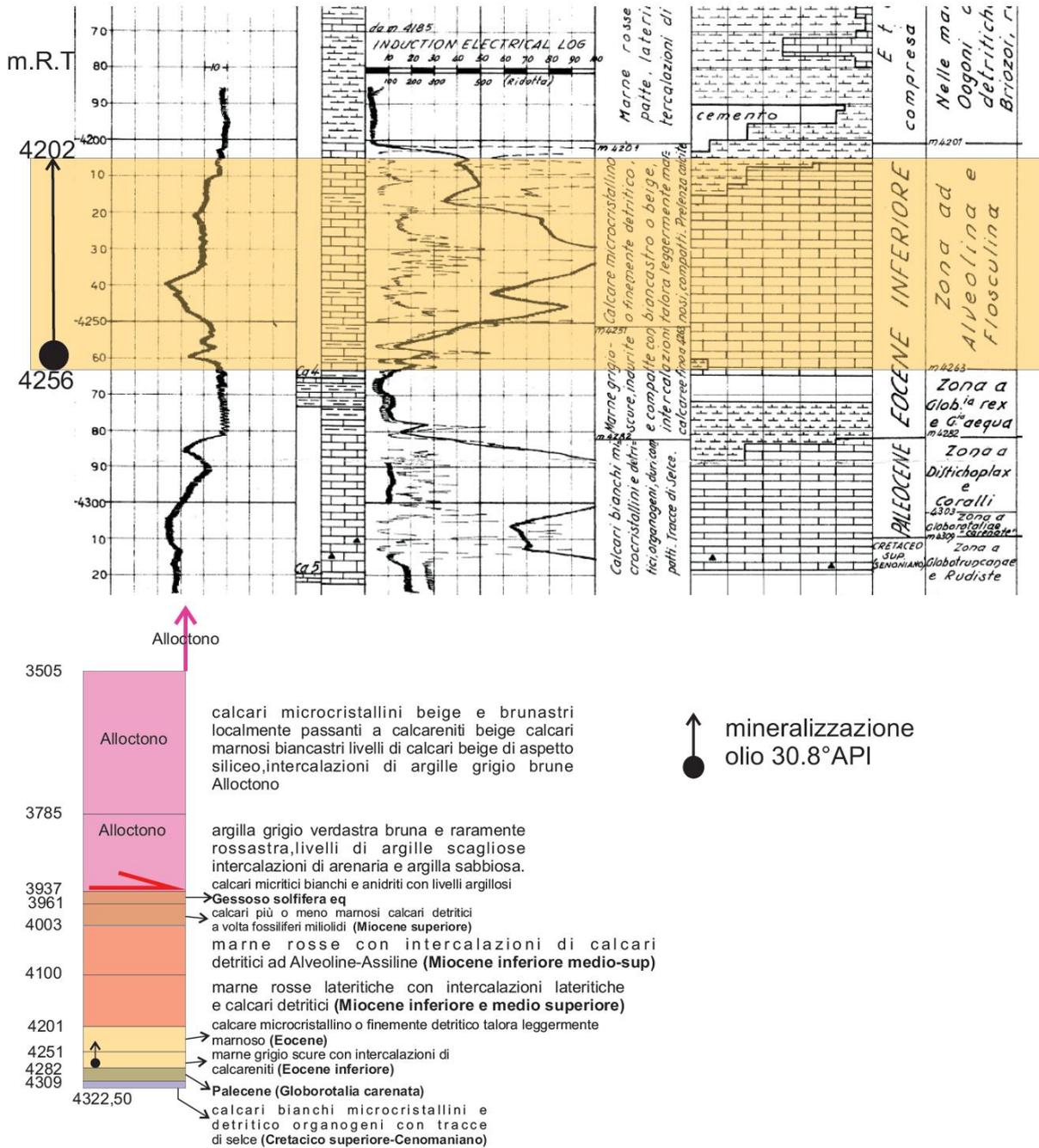


Figura n. 9: tratto della stratigrafia semplificata del pozzo Castelpagano 1 e relativo log di resistività, in questo pozzo si evidenzia una mineralizzazione all'interno di una formazione eocenica, marnoso-calcarenitica ad una profondità di circa 4200m. La stratigrafia come el pozzo Benevento 2 ci indica la sovrapposizione delle unità alloctone al tetto della Piattaforma Apula.

Particolare del Log di resistività della formazione mineralizzata del pozzo Castelpagano 1

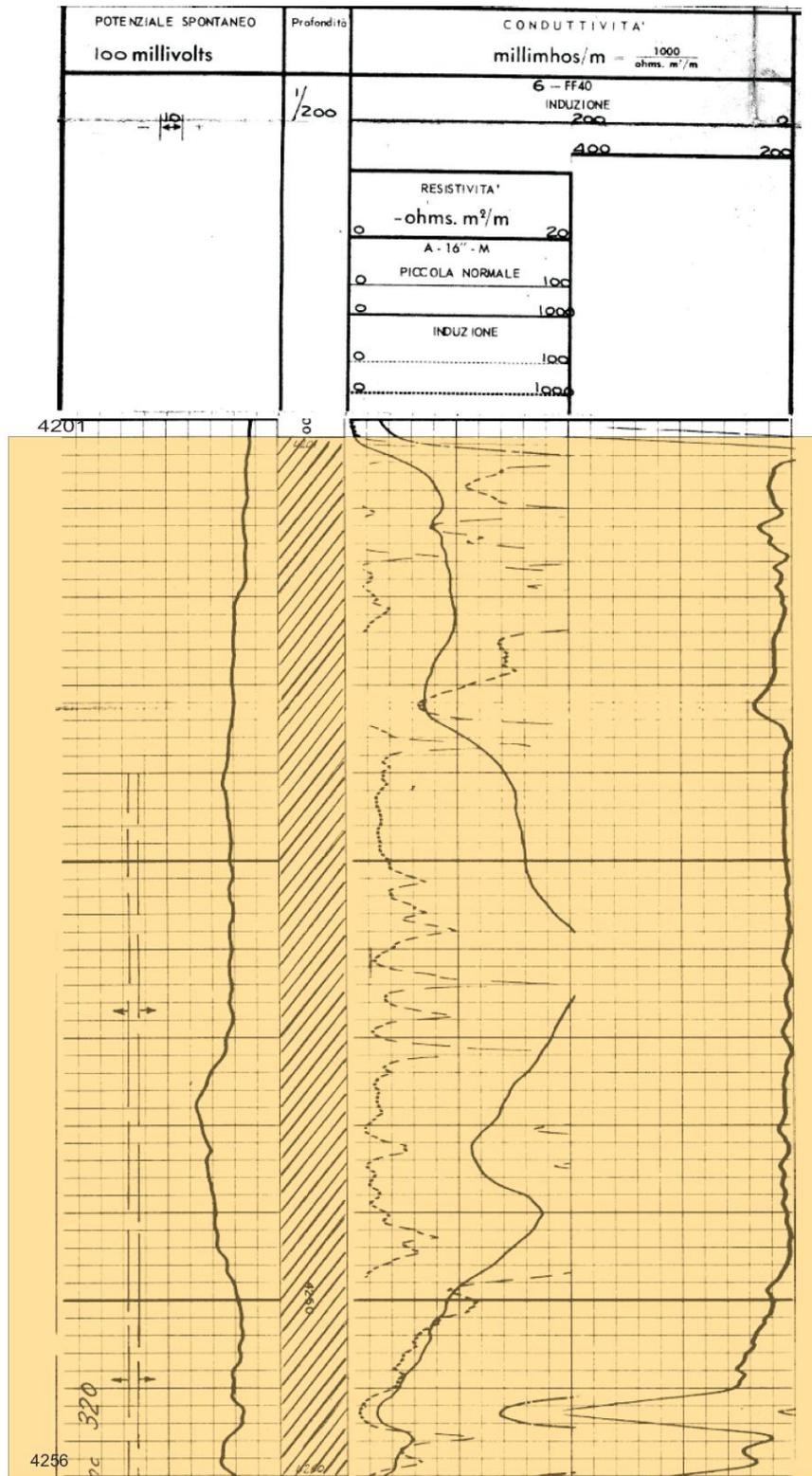


Figura n. 10: log di resistività della formazione eocenica mineralizzata nel pozzo Castelpagano 1 da 4201m a 4256m

## 2.2 DESCRIZIONE DELLE TECNOLOGIE DI RICERCA

Il rilevamento geofisico in progetto consiste nella registrazione strumentale di segnali riflessi dalle superfici di discontinuità presenti nel sottosuolo. Tali discontinuità sono dovute alla diversa natura litologica dei terreni e/o ai reciproci rapporti di giacitura (direzione, immersione e inclinazione degli strati). Fra i metodi di indagine del sottosuolo, utilizzati nella ricerca di idrocarburi, i più efficaci sono quelli geofisici (rifrazione e riflessione), che si basano sui diversi tempi di propagazione delle onde elastiche nei vari tipi di rocce e che permettono, opportunamente interpretati unitamente a tutti i dati geologici disponibili, di ricostruire le successioni litologiche, le profondità ed il loro assetto tettonico-strutturale.

**Nel presente programma di ricerca è previsto un rilievo geofisico con il metodo a riflessione.**

### 2.2.1 Prospezione mediante il metodo geofisico

Il rilievo geofisico a riflessione consente di riconoscere e ricostruire la struttura e giacitura delle formazioni geologiche, fino alle profondità di interesse minerario. Il principio fisico, su cui si basa questo metodo di studio del sottosuolo, è il seguente: la generazione artificiale di un impulso meccanico provoca nel terreno la propagazione di onde elastiche, che si trasmettono in ogni direzione. In corrispondenza di superfici di discontinuità e di separazione tra rocce con caratteristiche meccaniche differenti, le onde subiscono deviazioni, con conseguenti rifrazioni o riflessioni in funzione dell'angolo di incidenza. Le onde rifratte continuano a propagarsi, con velocità e caratteristiche differenti a seconda del mezzo attraversato. Gli strumenti di rilevamento utilizzati per captare le onde riflesse, analoghi per i diversi tipi di prospezione geofisica, risultano essenzialmente i seguenti:

- stendimenti di geofoni;
- strumentazione di superficie per la registrazione delle onde riflesse dagli strati nel sottosuolo (**Figura n. 11**).



Figura n. 11: Automezzo per acquisizione (carro del registro)

Attraverso lo studio dei tempi di percorrenza delle onde elastiche e della loro velocità, si può risalire alla disposizione geometrica ed alle proprietà meccaniche delle rocce presenti in profondità nelle aree investigate. I dati così acquisiti possono, quindi, essere opportunamente elaborati e interpretati.

### 2.2.2 Tipologia delle sorgenti di onde elastiche

Le sorgenti impiegate per l'energizzazione del terreno sono molteplici e differenti tra loro: esse servono a determinare artificialmente una serie di onde elastiche che si propagano nel terreno.

Nell'ambito del programma di ricerca in oggetto, le sorgenti di onde elastiche saranno di tipo misto: per la quasi totalità dell'esplorazione (90%) si utilizzeranno Vibroseis montati su camion (**da Figura n. 12 a Figura 13**) mentre, nelle zone a maggiore pendenza o nei boschi privi di piste percorribili dai vibroseis (circa il 10%), si utilizzeranno piccole cariche. Questa combinazione di metodi risulta assolutamente necessaria per evitare la realizzazione di nuove piste con conseguente taglio di vegetazione e quindi limitare al massimo gli impatti sull'ambiente.



*Figura n. 12: Autocarro Vibroseis*



*Figura n. 13: Vibroseis leggero montato su mezzo agricolo operativo in area appenninica*



Figura n. 14: Acquisizione mediante sorgente a vibrazione

### 2.2.3 Progettazione di una campagna di acquisizione geofisica

La progettazione di un rilievo geofisico, riassunta schematicamente nel diagramma seguente, è funzione dell'obiettivo di ricerca e della litologia attraversata. Definendo quindi le caratteristiche tecniche del rilievo, si pianifica l'ubicazione preliminare dei punti di energizzazione e di quelli di registrazione. Entrambi vengono solitamente posti lungo profili rettilinei (linee di registrazione ed energizzazione) di lunghezza variabile da pochi km a diverse decine di km.

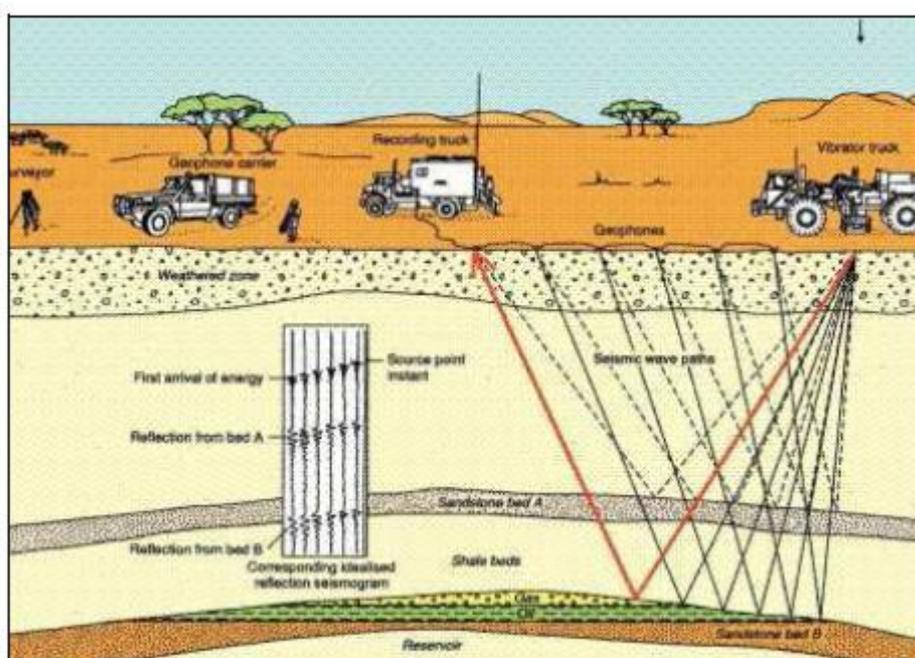
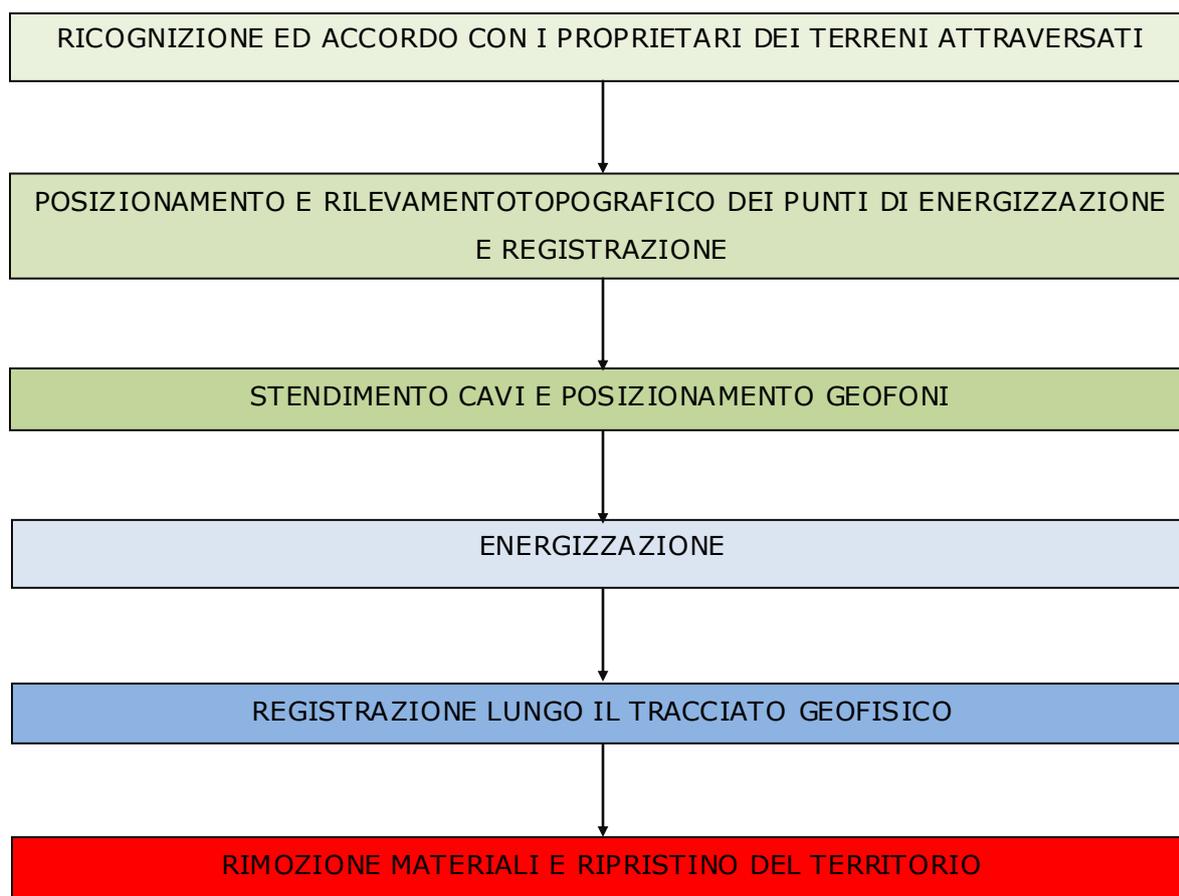


Figura n. 15: Acquisizione mediante sorgente a vibrazione



**L'ubicazione effettiva dei profili viene poi realizzata dopo sopralluoghi in loco, tenendo conto delle varie caratteristiche ambientali (tipi e quantità di essenze vegetali, manufatti, siti archeologici ecc.) e della morfologia del territorio. La scelta del metodo di generazione delle onde elastiche (sorgente) è controllata da considerazioni tecniche, ambientali e morfologiche.**

Le onde elastiche generate dalla sorgente di energizzazione verranno registrate da piccoli sismografi (geofoni) abitualmente di frequenza propria di 10 Hz (**Figura n. 16**), che sono posti generalmente lungo un profilo in gruppi di 12-16 distanziati di ca. 2 m l'uno dall'altro. I geofoni sono collegati a stazioni remote (cassette) che provvedono al filtraggio ed alla digitalizzazione dei dati. I dati, in forma digitale, vengono trasferiti, tramite cavo, ad una unità di registrazione montata su camion.



Figura n. 16: Posizionamento dei geofoni

I dati vengono abitualmente registrati su supporto digitale e quindi spediti ad un centro di calcolo per la loro elaborazione fino all'ottenimento di una "sezione geofisica". **L'effetto meccanico prodotto da queste sorgenti di energia, adeguatamente limitate e controllate nella loro potenza, risulta essere assolutamente innocuo a persone, animali, manufatti ed ambiente naturale, già a pochi metri di distanza.**

#### 2.2.4 Tipologia degli stendimenti ed ubicazioni

Il programma geofisico, ossia la disposizione ed ubicazione sul terreno delle linee da rilevare, viene stabilito in base alla valutazione del potenziale minerario dell'area. Tali linee, compatibilmente con l'assetto topografico locale, hanno generalmente un andamento rettilineo. Per meglio definire l'area da investigare, le linee di registrazione/energizzazione vengono ubicate lungo più tracciati, tra loro paralleli e perpendicolari, in modo da formare una maglia con punti di copertura comuni. Le linee vengono posizionate sul terreno mediante rilievi topografici molto accurati, che utilizzano il sistema satellitare GPS (**Figura n. 17 e Figura n. 18**). Una linea per il rilevamento geofisico è materializzata da un allineamento di punti equidistanti, detti punti di stazione, che rappresentano i centri teorici (baricentri) dei gruppi di geofoni (**Figura n. 19 e Figura n. 20**).

Il termine stendimento (o base o spread) indica l'insieme costituito dalla posizione del punto di energizzazione (shot point), che può essere collocato in un punto di stazione o in un punto intermedio, e dalle posizioni dei centri di gruppi di geofoni, utilizzati per la registrazione dell'onda generata.

I geofoni sono collegati tramite cavi (**Figura n. 21**) al sistema di registrazione (**Figura n. 22**) che è, in genere, ospitato in un automezzo apposito.



*Figura n. 17: Rilievo topografico mediante uso di GPS*



*Figura n. 18: Rilievo topografico mediante uso di GPS*

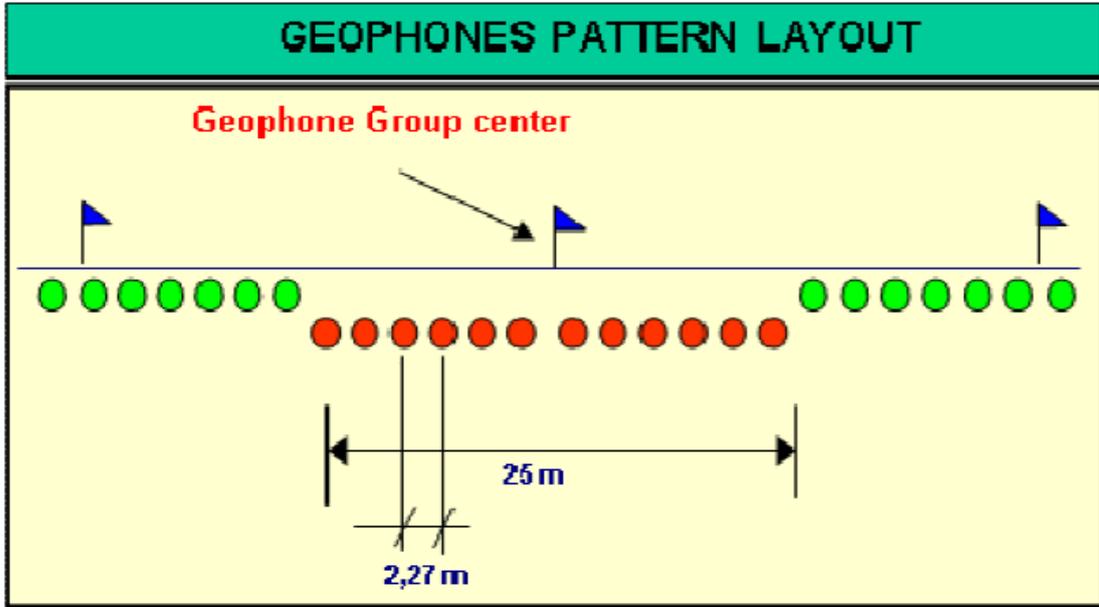


Figura n. 19: Esempio di pattern di geofoni, che prevede gruppi di 12 geofoni distanti fra loro 2,27 m, per una lunghezza totale del pattern di 25 m

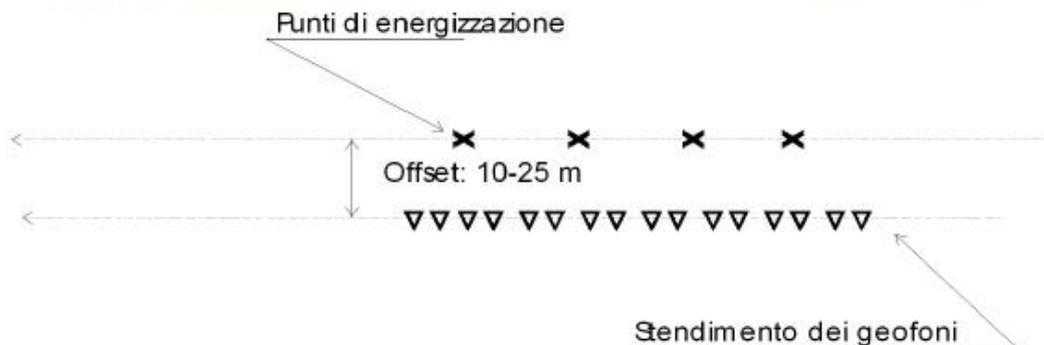


Figura n. 20: Esempio di stendimento che prevede una linea di stendimento con gruppi di 16 geofoni ed una linea di energizzazione distante dalla prima 10-25 m; nella foto si vede un Vibroseis montato su trattore agricolo che procede sul campo arato, parallelamente alla linea dei geofoni, con offset di ca. 6 m



Figura n. 21: Stesura dei cavi, dei geofoni e della strumentazione



Figura n. 22: Sistema di registrazione

A seconda della posizione del punto di energizzazione rispetto ai geofoni, si hanno diversi tipi di stendimento, che possono essere utilizzati nell'ambito di un singolo progetto (grid di linee da rilevare in un'area stabilita) dipendente dalle condizioni locali ed ai vincoli tecnici imposti dalla geologia dell'obiettivo da investigare.

Dal punto di vista prettamente operativo la squadra topografica ha il compito di tracciare sul terreno tutte le linee, materializzandole mediante picchetti in legno disposti ad intervalli prefissati, che rappresentano i punti di stazione (baricentro teorico dei gruppi di geofoni) e di segnalare la posizione dei punti di energizzazione.

**Ovviamente la vicinanza di luoghi abitati, strade, ponti, ferrovie, acquedotti, fabbriche, metanodotti ed in generale qualsiasi tipologia di manufatto è da tenere in debita considerazione. La fase progettuale tiene già conto di questi elementi ed il**

**programma viene modificato e adattato in funzione dell'ambiente antropico esistente così come delle normative vigenti, sia dal punto di vista della sicurezza che da quello ambientale; talvolta il programma deve essere modificato in campagna per l'insorgere di impedimenti imprevisti.**

Lo stendimento dei cavi e dei geofoni segue il tracciato topografico della linea. Nel caso della viabilità ordinaria, i cavi di colorazione ben visibile vengono posizionati parallelamente ad essa ed al lato della stessa; l'eventuale attraversamento di strade con i cavi avviene secondo le modalità indicate dagli organi di competenza (Anas, Polstrada, Vigilanza Urbana ecc.). **Per lo stendimento di cavi, geofoni e apparecchiature elettroniche su fondi privati, l'accesso avviene solo a piedi e dietro consenso del proprietario.**



Figura n. 23: Esempio di stendimento geofoni su strada



Figura n. 24: Esempio di stendimento geofoni su strada sterrata

Il posizionamento dei sensori e dei punti di energizzazione sarà curato nei minimi particolari, in modo da ridurre al minimo l'impatto ambientale sia sul terreno che sulle attività svolte dalla popolazione residente. **Le operazioni si svolgeranno durante le ore diurne.** Gli allineamenti teorici dei punti di registrazione e di energizzazione potranno subire alcune variazioni a seguito di problemi ambientali (es. pessime condizioni meteo, aree non attraversabili, culture di pregio) ed operativi (es. presenza di metanodotti, acquedotti, pozzi ecc.) che potrebbero emergere durante le ricognizioni di dettaglio delle linee sul terreno in fase di realizzazione del progetto. E' previsto pertanto un possibile scostamento laterale degli allineamenti rispetto al tracciato teorico; tale scostamento sarà contenuto comunque entro un corridoio di 200 m. Per gli eventuali punti di energizzazione posizionati, secondo quanto previsto dal programma teorico, in prossimità di sistemi di captazione idrica (sia ad uso potabile che irriguo) e/o di manufatti sensibili, verranno adottate adeguate procedure di sicurezza quali, ad esempio, l'effettuazione di prove vibrometriche in prossimità di manufatti sensibili, al fine di poter stabilire con estrema precisione la distanza di sicurezza a margine di detti manufatti.

#### 2.2.5 Energizzazione

L'energizzazione, come già riportato, sarà di due tipi:

1. Vibroseis (90%)
2. Cariche (10%)

#### **2.2.5.1 Vibroseis**

Come già accennato nei paragrafi precedenti, le operazioni di rilievo geofisico in progetto nel permesso di ricerca, saranno realizzate, per la quasi totalità, utilizzando la metodologia di energizzazione a mezzo di massa vibrante su camion (Vibroseis).

Le operazioni di campagna possono essere, in via indicativa, distinte in n. 4 sottofasi operative (tale distinzione è stata operata privilegiando rispetto ai reali criteri di operatività temporale, valutazioni relative ai possibili impatti indotti ed alle conseguenti operazioni di minimizzazione). Le sottofasi identificate sono così sintetizzate:

- a) transito dei mezzi di energizzazione (VIBRATORI) in avvicinamento ai punti di energizzazione;
- b) operazioni manuali di tracciamento topografico delle linee e stesura di cavi e sensori;
- c) operazioni di energizzazione del terreno e registrazione del segnale;
- d) ripristino del sito dopo il passaggio dei mezzi.

Relativamente a ciascuna di tali sottofasi operative si è proceduto alla valutazione preliminare di fattibilità ed alle conseguenti limitazioni imposte dalle situazioni ambientali riscontrate. Per tale valutazione si è considerato che, mediamente, la permanenza di una squadra in una singola località è breve e varia tra i 2 ed i 4 giorni complessivamente per tutte le operazioni: stendere i cavi, registrare, recuperare i cavi e ripulire da picchetti, nastri di segnalazione ecc. Per quanto concerne i tempi complessivi di esecuzione, per la produzione di un gruppo a riflessione con vibroseis e relative attività di recupero e ripristino finale, si possono considerare ca. 50 km/mese.

#### **A) Transito dei mezzi (vibratori) in avvicinamento ai punti di energizzazione**

Tale fase riguarda di fatto un'operazione preliminare e propedeutica al rilievo vero e proprio e contempla le necessarie movimentazioni sul territorio dei mezzi di trasporto delle attrezzature di energizzazione e dei mezzi minori utilizzati per il trasporto di cose e persone, durante le fasi di spostamento per raggiungere e ritornare dalle aree di esecuzione delle tratte di rilievo giornaliero. In relazione alla tipologia ed al numero dei mezzi di appoggio per i topografi e per il personale incaricato della stesura dei cavi e sensori, costituiti da una decina di auto fuoristrada o mezzi furgonati, si può con certezza affermare che il relativo impatto sulla viabilità sia da considerarsi pressoché nullo in quanto costituente una presenza occasionale e comunque totalmente simile a quella già esistente sul territorio. Di fatto trattasi di mezzi con caratteristiche simili a quelle di un camion motrice a pieno carico, con una velocità di spostamento su strada analoga a quella di un normale mezzo di trasporto pesante, e sono pertanto, assimilabili a quanto già in transito sulla rete viaria locale. Durante le fasi di spostamento, i vibratorii (che viaggiano in un gruppo) transiteranno seguendo la viabilità principale, specie per quanto concerne l'attraversamento dei centri abitati; in relazione alle

esperienze già maturate in passato, il movimento su strada viene comunque effettuato mantenendo una distanza tra i singoli mezzi tale da permettere un agevole superamento da parte del normale traffico.

### **B) Operazioni manuali di tracciamento topografico delle linee e stesura di cavi e sensori**

Tale fase riguarda le operazioni condotte da squadre composte da 4-6 operatori, generalmente appoggiati da 1-2 autoveicoli (furgone o fuoristrada), pertinenti l'esecuzione del rilievo topografico sia per il tracciamento della linea di rilievo geofisico, sia per l'identificazione dei punti di energizzazione sul terreno, nonché la posa in superficie dei sensori (geofoni) e dei relativi cavi di collegamento ed il successivo recupero. Le predette operazioni riguarderanno i tracciati del rilievo per intervalli progressivi della lunghezza massima di 8-10 km, sui quali i lavori svolti dalle squadre incaricate verranno effettuati e completati nell'arco delle 24-48 ore, in una unica soluzione. La presenza sul territorio delle squadre e delle relative attrezzature è pertanto da considerarsi totalmente occasionale e di nessun impatto. Per quanto riguarda i materiali utilizzati, se si escludono i mezzi di appoggio (comunque riconducibili a normali veicoli fuoristrada e furgonati) questi sono costituiti unicamente da cavi elettrici di piccolo diametro attraversati da tensioni di 12 V, collegati a sensori (geofoni) e segnaletica provvisoria. Con specifico riguardo ai sensori (geofoni), questi sono riconducibili a semplici apparecchiature a picchetto o scatolari di dimensione decimetrica che possono essere appoggiati o infissi sul terreno superficiale per rilevare le accelerazioni trasmesse al terreno. Anche in questo caso, per la tipologia delle operazioni previste, eseguite prevalentemente da personale a piedi, affiancato da mezzi leggeri che possono transitare e sostare in un raggio di azione nell'ordine dei 200-300 m, si può affermare che il relativo impatto sia da considerarsi nullo, anche in relazione alla occasionalità di svolgimento delle operazioni sulle singole tratte di rilievo.

### **C) Operazioni di energizzazione del terreno e contestuale registrazione del segnale**

Tale fase riguarda le operazioni condotte da squadra composta da 3-5 camion trasportanti la massa vibrante. In particolare le operazioni previste comportano la trasmissione al terreno di vibrazioni da parte di una piastra montate su ciascun camion, avente una massa di circa 2 tonnellate collegata con un vibratore idraulico. L'impulso trasmesso al terreno ha una durata media di 10 secondi e massima di 16 secondi con una frequenza variabile tra 12 e 80 Hz (tali parametri saranno definiti in forma conclusiva solo a seguito dell'effettuazione di specifici test preliminari).

L'energizzazione del terreno è effettuata secondo posizionamenti successivi, in progressione secondo intervalli nell'ordine dei 40 m. Per ogni singolo punto di stazionamento, in relazione alla necessità di posizionare gli autoveicoli tra loro ravvicinati e di pervenire ad un sicuro collegamento e sincronizzazione delle apparecchiature, è previsto un tempo operativo

nell'ordine massimo dei 10-15 minuti. L'energia viene distribuita generalmente su più Vibroseis disposti in fila a costituire un gruppo o pattern (**Figura n. 25**).



*Figura n. 25: Pattern di vibroseis*

Generalmente l'energizzazione viene ripetuta spostando sia il gruppo di Vibroseis di qualche metro (move up distance) che i dati sommati (vertical stacking, **Figura n. 26**). Quello che resta dopo una vibrata è semplicemente una zona (circa 1 m x 1 m) di terreno compattato. Altra caratteristica fondamentale di questa tecnologia è il totale controllo sull'energia emessa, avendo la possibilità di variare in qualsiasi momento il carico applicato alla piastra, il tempo di energizzazione, il numero di Vibroseis e il range di frequenze immesse.

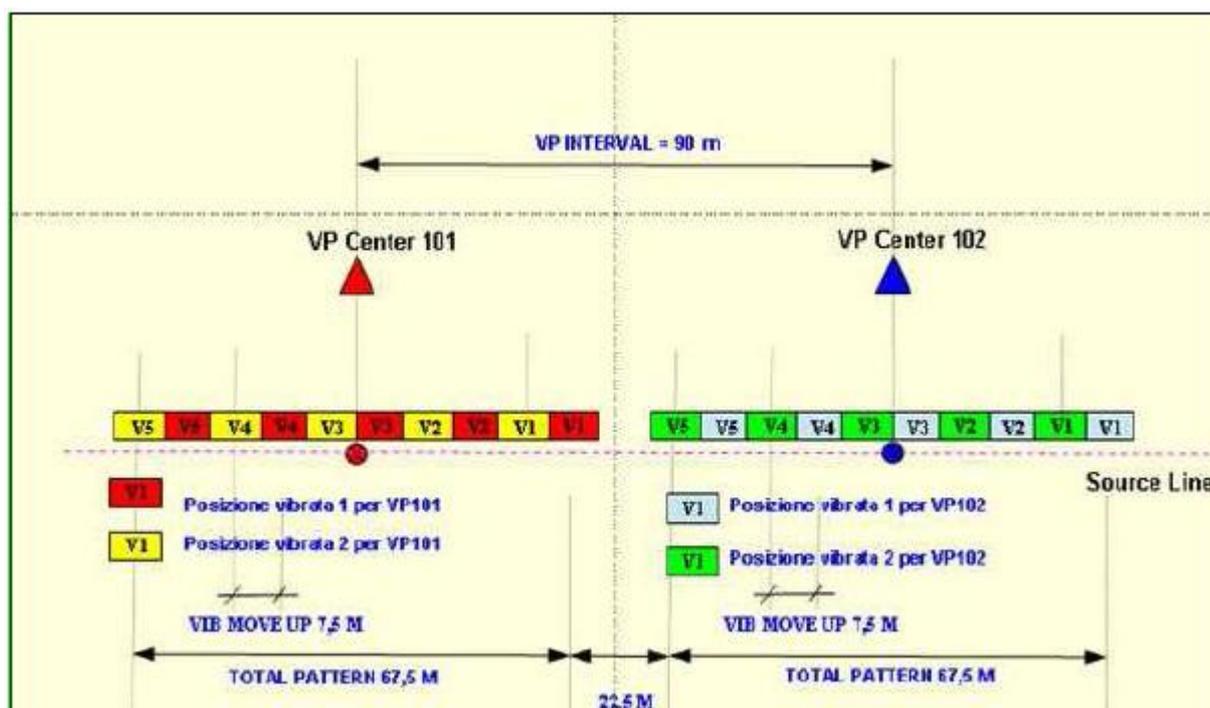


Figura n. 26: Schema di avanzamento del Vibroseis

Anche per questa fase operativa, similmente a quelle già descritte, la permanenza dei mezzi e operatori sulle singole tratte di rilievo si esaurirà nell'arco massimo della giornata. In relazione alle specifiche modalità di acquisizione proposte, le operazioni di energizzazione verranno effettuate per la quasi totalità "su strada", operando preferenzialmente sulle aree sterrate poste a margine banchina. In via nettamente subordinata e occasionale è possibile l'effettuazione di operazioni di energizzazione entro le aree agricole, finalizzate unicamente alla copertura di eventuali "fallanze" di idonei punti di energizzazione sulla rete viaria esistente. Per quanto riguarda i possibili impatti indotti dalle operazioni sopra descritte, questi possono essere considerati estremamente ridotti e comunque riconducibili al transito per il posizionamento dei mezzi (per il quale valgono le considerazioni già fatte in precedenza relativamente alle operazioni di transito in avvicinamento) nonché alle vibrazioni indotte. Per quanto riguarda questo ultimo aspetto, le onde generate che vengono generate sono caratterizzate da una bassissima intensità; la sorgente di energia artificiale, infatti, genera delle onde con una frequenza compresa tra 12 e 80 Hz e con una energia cinetica indotta già insignificante a pochi metri dalla sorgente. Il metodo basato sull'utilizzo di Vibratori prevede l'energizzazione del terreno attraverso sollecitazioni a carattere ondulatorio a limitata energia e con una durata dell'impulso normalmente pari a 10-16 secondi. Il vibratore è costituito da un pistone idraulico che esercita una forza tra una massa di reazione ed una piattaforma montata su apposito veicolo.

Tale piattaforma viene messa in contatto con il terreno in modo che su di essa venga scaricato parte del peso del veicolo; il movimento del pistone è controllato da un sistema di valvole

idrauliche che converte un impulso elettrico di riferimento in un flusso di olio idraulico e che gestisce la massa di reazione.



Figura n. 27: Esempio di vibratore predisposto per l'energizzazione del terreno

Questa tecnica provoca interferenze praticamente nulle sull'ambiente naturale rispetto. In questa maniera si ha l'immissione nel terreno, già dal punto d'origine, di onde con velocità di oscillazione molto bassa e quindi non dannose rispetto ad eventuali infrastrutture o costruzioni.

**Per quanto riguarda le possibili influenze su cose e persone, sulla base delle esperienze già maturate (operazioni simili sono state condotte in passato anche entro aree urbane e monumentali) si può escludere a priori ogni possibile interferenza o modificazione delle condizioni di assestamento del terreno.** Le vibrazioni prodotte nel terreno sono difficilmente percepibili già a pochi metri dalla sorgente (fino a 25 m si percepiscono le onde a bassa frequenza, a 75 m ogni percezione scompare).



Figura n. 28: Esempio di utilizzo di Vibroseis in prossimità di beni architettonici

**La ridotta ampiezza delle vibrazioni prodotte permette, quindi, l'impiego di questa tecnica anche nei centri urbani.** Ai fini del presente studio, si ritiene comunque doveroso

procedere ad una breve analisi delle possibili percezioni da parte di persone ed edifici.

Preme comunque precisare che, in relazione a quanto previsto dalle normative vigenti in argomento alla sicurezza dei lavori di energizzazione del terreno con carica si è pervenuti alla determinazione di mantenere, anche in occasione delle operazioni condotte a mezzo Vibratori, le medesime distanze di tutela già previste dalla normativa vigente, equivalenti a 50 m. In questo senso si osserva che, mentre nella prospezione effettuata con sorgenti esplosive viene immesso nel terreno un impulso di breve durata avente una grande quantità di energia, con i Vibratori viene trasmessa al terreno una sollecitazione a carattere ondulatorio caratterizzata da limitata quantità di energia, seppure a fronte di una durata relativamente maggiore e pari ad alcuni secondi. **In relazione alle considerazioni sopra esposte si può pertanto affermare che i Vibratori presentano un potenziale impatto praticamente nullo.**

#### **D) Ripristino del sito dopo il passaggio del mezzo**

Terminata la prospezione e ritirati i cablaggi ed i geofoni, una squadra apposita provvede allo sgombero di quanto eventualmente lasciato sul terreno, come banderuole e picchetti di segnalazione e a cancellare le tracce della ricerca. In questa fase, in accordo con i proprietari dei terreni attraversati, verranno anche eseguite e controllate le eventuali azioni di ripristino

specificamente richieste dai proprietari e dalle varie autorità che governano il territorio quali: manutenzione della viabilità minore, piantumazioni, ripristino dello stato di erpicatura dei terreni attraversati dai mezzi ecc.

#### **2.2.5.2 Cariche**

Per circa il 10% del rilievo come sorgenti energizzanti si utilizzeranno piccole cariche. Questa scelta risulta operativamente obbligata poiché le caratteristiche naturali del territorio oggetto di ricerca non consentono ovunque il passaggio di 3-5 mezzi con vibroseis: la realizzazione di piste (strade) realizzate ad hoc per il passaggio di questi mezzi all'interno dei numerosi boschi presenti nella zona e privi di strade battute determinerebbe, senza alcun dubbio, un impatto molto più elevato di quello che si avrebbe utilizzando questa tecnica. Infatti, in questo caso, l'energia che viene sfruttata ai fini geofisici è quella liberata a seguito dell'onda d'urto che si genera al momento dell'esplosione di una piccola carica all'interno di pozzetti scavati nel terreno e di profondità non superiore ai 10-12 m.

La carica utilizzata deve rispondere ai seguenti requisiti principali:

- ❖ Elevata velocità di detonazione, costante nel tempo anche sotto carichi idrostatici elevati;
- ❖ Stabilità della prestazione, anche dopo una lunga permanenza in acqua;
- ❖ Elevato peso specifico, per un facile affondamento delle cariche nei pozzetti riempiti di fango di perforazione.

Generalmente le singole cariche, rigide, di plastica antistatica e di dimensioni standard (diametro 50-80 mm, lunghezza della carica 400-600 mm), sono avvitabili fra di loro, consentendo quindi la formazione di colonne rigide e solidali.

#### **Perforazione dei fori**

I mezzi utilizzati possono essere: perforatrici convenzionali, perforatrici a limitato impatto ambientale (LIA), perforatrici elitrasportate, compressore, autobotte per la fornitura di acqua agli impianti di perforazione, automezzo di appoggio per il trasporto del personale e del materiale necessario, vasca per il fango bentonitico, ghiaia per il borraggio.

Il sistema di perforazione usato è quello a rotazione con circolazione diretta di fango o aria, ed il foro viene effettuato con l'impiego di uno scalpello.

Il diametro dei pozzetti varia a seconda del tipo di perforatrice (6 - 10 cm) e la profondità non sarà maggiore di 15 m dal piano campagna.

Terminato il foro, il perforatore inserisce un tubo in PVC della lunghezza pari alla profondità raggiunta per evitare il franamento del foro stesso.

L'orografia e morfologia dell'area operativa determina la scelta della modalità di perforazione e del tipo di perforatrice. **Nel caso del rilievo "Santa Croce" la perforatrice utilizzata sarà del tipo "perforatrice automontate a limitato impatto ambientale (LIA)" o una piccola perforatrice automontate (Micro LIA).**



Figura n. 29: Perforatrice Limitato Impatto Ambientale (LIA)

Questa tipologia di perforatrice consente di garantire la buona riuscita del foro in qualsiasi tipologia di terreno e di limitare al minimo l'impatto con l'ambiente riducendo i possibili danni. Dopo tutte le operazioni, l'area interessata viene ripristinata alle condizioni ambientali iniziali, eliminando ogni traccia del passaggio delle attività di acquisizione.

- ✓ *Asportazione del materiale di risulta.* terminate le operazioni di registrazione e raccolti i geofoni, una squadra di operai procede alla rimozione dei materiali di risulta della perforazione e di tutto il materiale rimasto sul terreno delle operazioni. Il materiale di risulta è composto da un misto di detrito di foro e fango di perforazione a base di acqua.



*Figura n. 30: Punti di energizzazione con foro di scoppio PRIMA (sinistra) e DOPO (destra) la bonifica*

### **3. NORMATIVA TECNICA E STANDARD DI RIFERIMENTO**

L'esecuzione dell'attività di indagine geofisica, svolta da una società contrattista specializzata sarà eseguita nel pieno rispetto della regolamentazione imposta dalle Leggi vigenti in materia e degli standard internazionali tecnici ed ambientali dell'IAGC (International Association of Geophysical Contractors). Per quanto riguarda gli specifici adempimenti preventivi, questi sono così riassunti:

- Autorizzazione dai Comuni e dai proprietari dei poderi e terreni attraversati
- Autorizzazione al transito di mezzi meccanici che superano i valori massimi ammissibili sugli assi per sagoma o carichi
- Denuncia di esercizio agli organi competenti del Ministero delle Infrastrutture.

La specifica legislazione e bibliografia di riferimento è così riassunta:

- Legge di P.S. - Regio Decreto del 18/6/1931 n. 773 e successive modifiche
- Regolamento di P.S. - Regio Decreto del 6/5/1940 n. 635 e successive modifiche
- Norme di Polizia delle Miniere e delle Cave - D.P.R. del 9/4/1959 n. 128
- Norme in materia di protezione dei lavoratori dal rumore - D. Lgs. del 9/4/2008 n. 81
- DIN STANDARD 4150 (RTF, 1983)
- Linee guida E&P Forum (The Oil Industry International Exploration and Production Forum - London)
- Linee guida IAGC (International Association Geophysical Contractors - Houston - USA)
- "Manuale tecnico su Prospezione, Ricerca e Coltivazione di Idrocarburi.

Parte I: Prospezione e Metodologie geofisiche.

Parte II: Perforazione" Protocollo d'Intesa tra Ministero dell'Ambiente e Assomineraria, maggio 2000.