

D 4154

AGIP S.p.A.
O P S I
Operazioni Sismiche

SEZIONE IDRO ARBURI	
NAPOLI	
12 GEN. 1980	
061	
Spa	

"P R O G E T T O P U G L I E"

VALUTAZIONE RILIEVI GULF-BP E PROGRAMMA DI PROVE SPERIMENTALI

* * * *

Dr. Lucio Deluchi

Ing. Adriano Muzzin

* * *

S. Donato Milanese, Novembre 1979

" P R O G E T T O P U G L I E "

* * *

S o m m a r i o

Gli obiettivi delle prove sperimentali che si intende far effettuare nell'ambito del "Progetto Puglie" sono i seguenti:

1. Verificare il responso sismico a riflessione, campionando le aree più interessanti con una serie completa di prove.
2. Ottenere informazioni essenziali sulle caratteristiche dei segnali e dei disturbi per ottimizzare le tecniche di acquisizione.
3. Ottenere tutte le informazioni necessarie contenendo i costi entro limiti ragionevoli.

Valutazione rilievi sismici esistenti nell'area pugliese

La GULF e la BP, nel corso del rilievo sismico effettuato nel periodo maggio-agosto 1971, hanno eseguito svariate prove atte a determinare le caratteristiche del disturbo e le possibilità di ricevere segnali riflessi o rifratti. Tutto il materiale è stato studiato.

In particolare sono state esaminate le seguenti prove:

Area Matera

- 1) noise analysis
- 2) confronto pattern geofoni
- 3) confronto profondità, carica e pattern di scoppio
- 4) expanding spread

Area Canosa di Puglia e Barletta

- 1) noise analysis
- 2) confronto pattern geofoni
- 3) confronto profondità, carica e pattern di scoppio.

In entrambe le aree sono state eseguite prove per determinare la velocità delle formazioni superficiali e per verificare la possibilità di ottenere arrivi riflessi e rifratti da orizzonti profondi.

Sono state prese in esame le sezioni sismiche e le prove di elaborazione relative al rilievo sismico vero e proprio, per ricavare ulteriori elementi sulle caratteristiche del segnale e del disturbo e del responso sismico in generale.

Noise analysis Matera

E' individuabile una serie di disturbi con le seguenti caratteristiche:

Primi arrivi rifratti:

velocità ca. 5000 m/sec, deboli, prevalentemente alta frequenza. Non dovrebbero causare problemi di sorta.

Arrivi diretti o rifratti :

velocità compresa tra ca. 1500 m/sec e 2500 m/sec, molto energetici, spettro di frequenza centrato sulle basse frequenze, ripetitivi con almeno 2 o 3 cicli successivi. Interferiscono con eventi riflessi a tempi di circa 0,9 - 1,2 secondi. Disturbi legati a modi complessi di propagazione (rifrazioni riflesse, diffrazioni, onde di superficie riflesse da ostacoli naturali, ecc.), correlabili probabilmente con questi disturbi, sono anche presenti su tutta la sezione, con velocità apparenti positive e negative variabili in una banda molto larga. Al di sopra di 25 -30 Hz, gran parte dell'energia legata a questi disturbi tende ad essere eliminata.

Arrivo diretto lento:

velocità circa 420 m/sec, energia molto debole, spettro ampio spostato verso le alte frequenze. Problemi limitati ad una fascia molto stretta; può essere trascurato.

Eventi riflessi:

l'unico evento quasi sicuramente riflesso è visibile a tempi di 0,9 -1 secondo, sul tratto di stendimento tra 1000 e 2250 m (fine stendimento),

nei displays filtrati con taglia basso superiore a 20-25 Hz. Sulle tracce vicine il rumore legato ai disturbi organizzati sembra coprire il segnale riflesso eventualmente presente.

Eventi pendenti che potrebbero essere riflessioni sono forse presenti a tempi di 2 + 4 secondi, ma potrebbe trattarsi anche di eventi riflessi non primari o di disturbi riflessi da discontinuità superficiali.

Dall'esame dello stendimento perpendicolare alla linea, si nota la presenza di eventi laterali, probabili disturbi, particolarmente nella banda 0-20 Hz, con andamento molto complesso e velocità apparenti medio-alte. Al di sopra di 20 Hz non si notano più eventi laterali, per cui o i disturbi sono prevalentemente onde di superficie a bassa frequenza, riflesse da ostacoli naturali, o gli allineamenti sono il risultato di un effetto ottico sui display a bassa frequenza.

Confronto pattern geofoni:

sullo stesso stendimento della noise analysis sono state fatte prove di pattern di geofoni, con 3 disposizioni areali diverse, e cioè:

- Stella a 5 braccia
- Parallelogramma di 4 file da 12 geofoni (100 x 12 m)
- Parallelogramma di 6 file da 6 geofoni (80 x 20 m)

Il tipo di rappresentazione utilizzato (sismogrammi equalizzati e filtri con larghezza di banda costante come numero di cicli invece di valore in ottave) rende impossibile una seria valutazione e studio dei risultati. In ogni caso l'effetto di filtraggio spaziale è quasi nullo, date le velocità alte e le frequenze basse in gioco. Le lunghezze d'onda dei disturbi radiali e loro echi sono infatti dell'ordine di centinaia di metri. I patterns di 80 + 100 metri riescono ad attenuare efficacemente i disturbi più forti che seguono i primi arrivi solo per le frequenze superiori a 15 + 20 Hz. Da 25 + 35 Hz questi disturbi, infatti, vengono quasi

totalmente eliminati dal pattern, in combinazione con l'attenuazione naturale dovuta al fatto che il disturbo è prevalentemente a bassa frequenza.

Il rapporto segnale disturbo è superiore a 1 per una probabile riflessione posta a 0,6 secondi, solo nella banda passante sopra i 20 Hz.

Confronto, carica, profondità e pattern

Linea 1 - confronto pattern 3 fori contro foro singolo, tutti alla stessa profondità.

Si nota un leggero miglioramento con pattern di 3 fori ma non tale da giustificare il forte aumento di costo.

Il confronto tra foro singolo e pattern superficiale non dovrebbe essere fatto sui sismogrammi equalizzati, tuttavia si ha l'impressione che non esistano forti differenze, tali cioè da giustificare l'effettuazione di fori molto profondi.

I confronti di carica non sono valutabili sulla base della documentazione disponibile; non si notano tuttavia differenze sostanziali tra cariche di 20 Kg e di 90 Kg. L'impressione è che le cariche molto forti introducano solamente ulteriori disturbi, peggiorando il rapporto segnale/disturbo. Ciò non si verifica per i pattern di scoppio superficiali con molti fori, in cui la quantità totale di esplosivo distribuita in molti pozzetti, può assumere valori notevoli.

Area Barletta - CanosaNoise analysis linea 1 :

è stata effettuata utilizzando come ricevitori pattern di circa 80 metri, modificando quindi sostanzialmente le caratteristiche dei dati che si sarebbe dovuto registrare. Non si possono quindi ricavare esattamente i dati relativi al disturbo.

Si distinguono diversi treni d'onda con velocità di 3600 m/sec (primi arrivi), 1350 m/sec, 1050 m/sec e 800 m/sec. Non sono evidenti arrivi riflessi.

C'è un miscelamento (trascinamento meccanico) eccessivo dei dati causa il tipo di rilevamento effettuato. Il confronto tra il pattern di 80 metri pesato a parallelogramma ed il pattern a stella non è possibile per l'incompletezza dei dati e per il tipo di presentazione.

Confronto pattern di scoppio:

SP 128 foro singolo contro pattern superficiale di 80 fori. Mancano dati riflessi. Al di fuori del cono di "air wave" sembra, limitatamente alle possibilità offerte dal tipo di rappresentazione utilizzato, che anche il pattern possa fornire un livello di energizzazione sufficiente. Moltissimo disturbo ad alta frequenza all'interno del cono di air wave dovuto probabilmente ad echi o ad accoppiamento dell'onda sonora nell'aria col suolo con propagazione di onde superficiali.

Le altre prove di paragone tra foro singolo e combinazione di fori sono di difficile valutazione e non offrono indicazioni chiare e conclusive.

Expanding spread Canosa Linea 1:

Permette di valutare molto bene le caratteristiche dei disturbi. Sono individuabili i primi arrivi con velocità di ca. 3600 m/sec e ca. 6000 m/sec. Specialmente i secondi sono molto ripetitivi, arrivando fino a tempi di 1 secondo per un profilo di 3000 metri. Sono poi presenti disturbi organizzati con velocità di circa 1700 m/sec. Anche questi molto ripetitivi e leggermente più deboli rispetto agli arrivi rifratti a 6000 m/sec.

La maggior parte dei disturbi viene fortemente attenuata da un filtro taglia basso posto a 10-15 Hz. Per attenuare gli arrivi rifratti è tuttavia necessario spingersi fino a 20 Hz.

Propagation profile BR-2

profilo di 12.600 m, scoppiato ad entrambe le estremità.

Dalla lettura dei primi arrivi, si individuano tre velocità, rispettivamente di 4600, 5500 e 6650 m/sec, con profondità del primo rifrattore a 5500 m/sec di circa 400 metri e del secondo rifrattore di circa 1300 metri.

Il disturbo è in prevalenza contenuto in un cono compreso tra le velocità massima di 2250 m/sec e minima di 1200 m/sec.

La dispersione è normale, non molto pronunciata. La frequenza apparente del disturbo è di 8-10 Hz, con spettro probabilmente non molto largo e possibilità di intervento con filtri elettrici. Questa prova è una delle più interessanti per verificare la fattibilità di profili molto lunghi e constatare l'effetto dei disturbi.

Linea Matera - 3

Presenta dati riflessi di qualità medio-buona a tempi di 1,2 - 2,2 - 3 - 3,2 - 4 e 4,7 secondi.

E' interessante verificare il tipo di filtraggio adottato dalla G.S.I. per l'elaborazione, con passa banda 18-40 Hz a 5 secondi e 20-45 fino a 1 secondo.

Il motivo di un filtraggio spostato verso le alte frequenze è evidente esaminando una sezione 100% della linea 1 dell'area di Barletta, in cui sono presenti forti disturbi, prevalentemente a bassa frequenza, sia organizzati che apparentemente casuali o aleatori (random).

Conclusioni sul rilievo GULF-BP

Date le notevoli velocità in gioco, che vanno da un minimo di 1500 m/sec fino a 6000 m/sec, (treni ripetitivi dei primi arrivi) con eventi molto ripetitivi ed energetici, pensare di eliminare il disturbo a bassa frequenza per mezzo di pattern di scoppio o di ricezione non è possibile, a meno che non si voglia realizzare pattern di geofoni di dimensioni notevoli.

Nella banda da zero a 10 Hz, le lunghezze d'onda in gioco vanno, per $f = 10$ Hz, da : $\lambda_{\max} = \frac{6000}{10} = 600$ m

$$a : \lambda_{\min} = \frac{1500}{10} = 150$$

Per le frequenze al di sotto di 10 Hz naturalmente le lunghezze d'onda sono proporzionalmente superiori.

Anche pensando di utilizzare pattern complessi e con dimensioni di 120 - 150 metri, l'effetto sui disturbi a più alta velocità

sarebbe praticamente nullo, mentre è quasi certa una notevole attenuazione delle componenti a frequenza più elevata presenti nei segnali riflessi, per effetto delle differenze di quota, di statiche e di velocità (move-out) apparenti, che potrebbero essere dello stesso ordine di grandezza di quelle dei disturbi per i gruppi con offset più grande.

Ammettendo di adottare un pattern a parallelogramma 6 x 6 (1,5) con distanza tra i grofoni di 10 metri, la lunghezza totale del pattern sarebbe di 120 metri, e l'attenuazione teorica del disturbo sarebbe meno di 0,5 dB per $\lambda = 600$ e meno di 8 dB per $\lambda = 150$ mt.

Alcune considerazioni sui prossimi rilievi sismici

Se le prove di campagna confermeranno la presenza di disturbi a bassa frequenza ed alta velocità, l'unico mezzo a disposizione per aumentare il rapporto segnale disturbo sarà l'impiego di filtri elettrici. La registrazione con filtri completamente aperti verso le basse frequenze può portare ad una notevole riduzione della dinamica disponibile in fase di registrazione per la banda di frequenza compresa tra 20 e 60 Hz, entro la quale può essere rilevata energia riflessa con S/N favorevole.

L'effetto di filtraggio spaziale dei pattern di scoppio o di ricezione sarà irrilevante alle basse frequenze e, date le alte velocità apparenti in gioco, sarà ridotto anche per le componenti del segnale ad alta frequenza.

L'uso di geofoni a frequenza naturale troppo bassa potrebbe creare ulteriori problemi, a causa della generazione di oscillazioni spurie provocate da eccitazioni trasversali, dovute anche alla presenza di disturbi superficiali orizzontali molto energetici. I geofoni di qualsiasi tipo o costruttore attualmente in commercio presentano risonanze spurie a frequenze da 7 a 15 volte circa la frequenza naturale dei geofoni. Impiegando geofoni a 10 Hz si può essere certi di non avere questo tipo di problemi nella gamma da zero a 70-100 Hz.

Anche l'esame di due linee rilevate negli scorsi anni in aree vicine alla piattaforma carbonatica pugliese mostrano riflessioni profonde con carattere di frequenza medio-alta (All. sez. linee PZ-335-78, MT-307-77-HR). In particolare la seconda linea è stata rilevata con geofoni a 30 Hz e filtro taglia basso 18 Hz 18 dB/oct, quindi discriminando già in fase di acquisizione il segnale dal disturbo in base alle rispettive frequenze.

Riteniamo che l'obiettivo principale di questo programma sperimentale sia quello di individuare i parametri per ottenere degli eventi riflessi dalle profondità desiderate, che sono notevoli, e generati da superfici di contatto tra materiali che non hanno certamente grandi contrasti di

velocità e di densità.

I valori dei coefficienti di riflessione degli orizzonti che si desidera individuare sono probabilmente ridotti, per cui, per migliorare al massimo il rapporto S/N, sarà necessario sfruttare tutti gli strumenti disponibili, dall'ordine di copertura al filtraggio elettrico e spaziale ed alla geometria del dispositivo sismografico.

Sulla base di queste considerazioni si propone di effettuare, su almeno sei o sette siti dell'area delle Puglie coperta dal permesso di prospezione, il programma di prove dettagliato nelle pagine seguenti.

Tali prove dovranno essere effettuate, se possibile, in prossimità di sondaggi esplorativi profondi, dei quali esistano il Sonic Log e la misura di velocità in pozzo, ed in punti in cui la litologia degli strati superficiali, la morfologia dei terreni e l'assetto strutturale del sottosuolo possano essere rappresentativi per vaste zone. Ciò dovrebbe permettere un adeguato "campionamento sismico" delle aree più interessanti, in maniera da potere, sulla base dei risultati che si otterranno anche in sede di elaborazione, progettare le tecniche (mezzi e metodi) di acquisizione ottimali. Si prevede che per ogni programma completo di prove saranno necessari dai tre ai cinque giorni. Se il programma sperimentale avrà una durata di 3-4 mesi, sarà possibile rilevare alcune linee sismiche sperimentali per circa 40-50 Km.

Tutto il programma sperimentale verrà effettuato nell'ambito del Progetto AGIP/CEE "Situazioni geologiche complesse".

Prove di disturbo, pattern di scoppio e di ricezione, profondità e carica

Le prove di disturbo verranno effettuate su ciascuna area prescelta, impiegando un dispositivo sismografico con geofoni a 10 e 30 Hz e con le seguenti modalità operative (fig. 1A):

- esplosivo in pozzetti singoli, la cui profondità verrà definita in base alle caratteristiche della zona, ed in pattern di scoppio superficiali;
- carica : da definirsi in campagna;
- campionamento spaziale: 10 m in superficie;
- campionamento temporale : 2 millisecondi;
- numero gruppi geofoni, raggruppati : 2x40 con spaziatura di 50 metri;
- numero gruppi di geofoni stesi : 3x5, con spaziatura di 100 metri;
- filtri di registrazione: Antialias 110 Hz, Low cut OUT per la prima serie di scoppi, 15 Hz per la seconda serie;
- numero geofoni per gruppo: 1 catena raggrupata per il profilo di misura del disturbo:
 - 36 geofoni 30 Hz per il pattern A
 - 36 geofoni 10 Hz per il pattern B
 - 72 geofoni 10 Hz per il pattern C

Lo stendimento verrà successivamente spostato di 2000 metri ed un'altra serie di scoppi registrata per ottenere una copertura totale in superficie di 4000 metri.

La disposizione del dispositivo e dei punti di tiro permetterà in fase di elaborazione di eseguire le seguenti prove:

- 1) Analisi del disturbo ed effetto della frequenza naturale dei geofoni e dei filtri apparecchiatura, utilizzando i 2 x 40 gruppi di geofoni raggruppati.
- 2) Esame preliminare dell'effetto del pattern di geofoni, utilizzando i 3 x 5 pattern ed i tiri extra scoppiati per simulare un intertraccia di 100 o di 50 metri.
- 3) Simulazione di pattern di scoppio, pesati o meno, utilizzando i tiri singoli effettuati per l'analisi del disturbo.

Alcuni scoppi supplementari potranno essere fatti su alcune o su tutte le prove di disturbo, per l'effettuazione di prove atte a stabilire, per gli scoppi in pattern superficiali, l'adeguatezza nel numero dei fori, superficie occupata dal pattern ed energia sismica. Per stabilire la presenza ed entità di disturbi laterali e la necessità di disporre i rilevatori su distanze o superfici adeguate, verrà effettuata una prova di disaccoppiamento (decouplage).

Negli allegati sono riportati i responsi dei pattern di ricezione e di scoppio previsti per le prove.

Le prove profondità di scoppio e di carica, verranno effettuate come segue:

- prove di profondità : in pozzetti perforati fino ad almeno 40 m verrà fatta scoppiare, a diverse profondità, una carica, la cui massa in Kg verrà determinata dai risultati delle prove di disturbo.
- prove di carica : alla profondità ottimale verranno fatte scoppiare cariche di diverso peso, per determinare la carica ottimale per ottenere un responso con buoni livelli di energia e buon S/N.
I risultati verranno confrontati con quelli ottenuti utilizzando pozzetti multipli.

Immediatamente prima di ogni scoppio verrà registrato un file del disturbo ambientale per una durata equivalente a quella delle registrazioni normali.

Rilievo "extended spread"

Come da proposta STRA, in corrispondenza del pozzo CANOSA-1-AX verrà effettuata la registrazione di un extended spread, con intervallo tra i gruppi di 25 metri, 18 geofoni per gruppo, per una lunghezza totale di 7125 metri.

La prova potrà venir eseguita dopo aver rilevato e valutato una o più analisi di disturbo ed aver quindi stabilito la carica ottimale di scoppio.

Lo schema di esecuzione della prova si ricava dall'allegato B.

Registrazione up-holes

In tutti i casi in cui ciò risulterà possibile, verrà eseguita la registrazione del segnale di up-hole nell'intento di rilevare il contenuto spettrale dell'impulso emesso dalla sorgente di energia. Verranno utilizzati geofoni di tipo particolare con escursione della bobina superiore del 50% a quella dei geofoni standard ed eventualmente geofoni con smorzamento fluido. Questo materiale è già stato richiesto alla C.G.G. che provvederà di rettamente all'acquisto.

Elaborazione e valutazione dei datiPreprocessor

In questa fase dovrà essere fatta l'applicazione del guadagno e le tracce disposte opportunamente per ricostruire, dai vari scoppi effettuati, i seguenti dispositivi:

- a. Profili di analisi del disturbo, 400 tracce con intervallo di 10 metri, uno con geofoni raggruppati 10 Hz, l'altro 30 Hz.
Due versioni con filtro di registrazione OUT a 15 Hz.
- b. Profili di confronto dei pattern, di 20 tracce intervallate di 50 metri, 3 profili con pattern diversi (A, B, C).
- c. Eventuali profili compositi con combinazioni di punti scoppio o di tracce.

Display in ampiezza al geofono dei profili ricavati nella fase iniziale, effettuando eventualmente più displays con guadagni diversi per evidenziare punti diversi della sezione ottenuta.

Il display in ampiezza reale permetterà di misurare e calcolare il rapporto segnale disturbo a vari livelli e dare quindi un valore numerico ai singoli eventi.

Sugli stessi dati potranno o meno essere applicati dei tests di filtro per evidenziare il contenuto spettrale dei vari disturbi e dell'eventuale segnale presente.

Applicazione di un gain RMS o AGC ai dati in ampiezza reale, con finestre di equalizzazione specificate. La versione equalizzata è più adatta per valutare i trend principali del disturbo ed individuare i segnali riflessi. Display convenzionale, eventuali tests di filtro o di deconvoluzione, display finale filtrato e deconvoluto per alcune versioni particolari.

Applicazione programmi display analisi di disturbo nel piano F-K, con valutazione del numero d'onda, della velocità apparente e dell'ampiezza dei singoli eventi.

Per ogni prova dovrà essere compilato un rapporto in cui siano elencati tutti gli elementi individuati e le loro caratteristiche.

In base ai dati raccolti per ogni area saranno forniti i suggerimenti per il progetto di tecniche di acquisizione tali da ottenere il miglior rapporto segnale/disturbo compatibile con il materiale a disposizione ed a costi sostenibili.

In base a ciò si potranno definire l'attività futura di prospezione geofisica e definire quindi le specifiche tecniche dei gruppi sismici che verranno impiegati.

Anche le zone in cui operare potranno venir scelte in base ai risultati delle prove sperimentali ed alle indicazioni da esse ricavate.