

SISMOLOGIA DI ESPLORAZIONE E LOG GEOFISICI

Alfredo MAZZOTTI – Università di Pisa

CFU : 9

Lezioni: 72 h (frequenza: consigliata)

Syllabus

Relazioni petrofisiche, Log sonici, elettrici, radioattivi. Esempi di interpretazione. Acquisizione di dati sismici a riflessione. Elementi di cinematica e dinamica della propagazione. Realizzazione di immagini sismiche. Concetti di base sulla sequenza di elaborazione di dati sismici a riflessione fino alla realizzazione di sezioni “tempi migrati”. Tipologie di rumore e loro attenuazione. Esempi di prospezioni sismiche.

Programma dettagliato del corso

Il corso è suddiviso in due parti, ciascuna dotata di specifiche dispense.

I Parte: Introduzione ai log geofisici di pozzo

Vengono evidenziate le relazioni causa-effetto, derivate sperimentalmente, esistenti fra proprietà delle rocce e le loro caratteristiche fisiche. Tali relazioni costituiscono la base sulla quale si sviluppa la descrizione dei log geofisici di pozzo dei quali vengono forniti i concetti fondamentali di acquisizione ed interpretazione.

Introduzione alla rock physics

Relazioni sperimentali fra alcune caratteristiche della roccia (litologia, pressione, temperatura, porosità, fratturazione, saturazione, composizione, etc) e conseguenti proprietà fisiche (soniche, elettriche, radioattive, etc). Cenni su fenomeni di anisotropia legati al fabric della roccia.

Realizzazione ed interpretazione di log geofisici di pozzo.

Cenni sulle strumentazioni di pozzo.

Log elettrici: Spontaneous Potential, Normal e Inverse Resistivity, Focused Resistivity, Micro Resistivity, Induction

Log sonici : Standard Sonic, Array Sonic, Borehole Acoustic Televiewer

Log radioattivi: Gamma Ray, Formation Density, Neutron.

Cenni su altri log: Formation MicroScanner, Standard Caliper, Thermal Decay, ed altri

Esempi di log geofisici applicati alla ricerca per acqua, per idrocarburi, alla ricerca geotermica e a tematiche ambientali.

Criteri base di interpretazione ed esempi di interpretazione integrata.

II Parte: Sismologia a riflessione

Questa è una parte principalmente metodologica. Si inizia da alcuni richiami sul modello convoluzionale e su elementi di base di elastodinamica e di ottica per poi sviluppare l'intera sequenza delle operazioni di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici a riflessione, fino alla realizzazione delle immagini sismiche del sottosuolo.

Richiami sulla descrizione dei segnali sismici

Definizione di un sistema acustico: pressione, velocità, spostamenti, impedenza e analogie con il sistema elettrico. Linearità, stazionarietà, risposta all'impulso. Teorema della Convoluzione.

Campionamento monodimensionale: Teorema di Shannon-Nyquist.

Analisi di Fourier monodimensionale. Spettri di ampiezza e fase. Relazioni qualitative fra spettro e segnale temporale. Concetti di fase minima e fase zero. Conversione a fase minima tramite Trasformata Z.

Convoluzione in tempi e suo equivalente in frequenza. Operazioni di cross-correlazione e autocorrelazione e operazioni equivalenti nel dominio delle frequenze.

Trasformata bidimensionale di Fourier: disposizione degli eventi sismici in dominio f-k.

Campionamento bidimensionale: aliasing in f-k.

Tecniche di acquisizione dei dati sismici

Strumenti di registrazione e sorgenti di energia terrestri e marine. Stendimenti di acquisizione 2D.

La sorgente vibroseis. Tecniche di array forming. Criteri di progettazione dell'acquisizione: campionamento bidimensionale. Principio della copertura multipla. Cenni di acquisizione 3D marina e terrestre.

Esempi di registrazioni reali eseguite per obiettivi superficiali (geologia applicata, ingegneria) e per obiettivi profondi (idrocarburi, geotermia, studi crostali).

Elementi di cinematica e dinamica della propagazione.

Traiettorie dei raggi in mezzi semplificati e relativi tempi di transito. Dromocrone per eventi diretti, riflessi, rifratti e diffratti. Dimostrazione del Dix-Al Chalabi (approssimazione per offset corti, concetto di V_{rms}). Partizione dell'energia sulle interfacce. Energia e ampiezza. Spreading geometrico del fronte d'onda. Fattore di qualità (Q), assorbimento e dispersione, scattering.

Elaborazione numerica dei segnali sismici.

Filtraggio monodimensionale nel dominio delle frequenze, rimozione della signature delle apparecchiature. Correzioni statiche. Riordinamento in famiglie CMP. Correzione di Geometrical Spreading e recupero statistico delle ampiezze dei segnali.

Deconvoluzione: filtraggio inverso, teoria del Filtro di Wiener monocanale, deconvoluzione predittiva, spiking e shaping. Rimozione di multiple a breve periodo. Aumento della risoluzione temporale.

Filtraggio bidimensionale in dominio f-k per rimozione di rumori coerenti e riflessioni multiple.

Analisi di velocità: velocità di stack, concetto di massimo stack. Correzione di normal move out.

Stack: incremento del S/N, attenuazione di multiple a lungo periodo.

Principio della migrazione temporale di orizzonti sismici: *swinging circles* e *collapsing hyperbolas*.

Migrazione di Kirchhoff. Dipendenza dalla velocità. Il problema della conversione in profondità delle immagini sismiche.

Discussione su esempi di prospezioni sismiche relative a bacini sedimentari (Mare del Nord, Pianura Padana e Mar Adriatico), ad aree di catena (Alpi CROP-01-02, Appennini CROP-03-04) e a problematiche di ingegneria e geotecnica.

Obiettivi formativi: Il corso, di tipo metodologico, fornisce i concetti fondamentali dei metodi di misure geofisiche in pozzo e sviluppa, con un certo approfondimento, la tecnica di esplorazione tramite prospezioni sismiche a riflessione. I vari esempi applicativi a fini di ricerca di fonti energetiche (idrocarburi e geotermia), per lo studio di strutture crostali e per applicazioni di ingegneria, supportano le parti teoriche e illustrano le molteplici possibilità di applicazione. I contenuti del corso si raccordano con quanto sviluppato nei corsi di *Laboratorio di elaborazione numerica dei dati geofisici* e di *Laboratorio e campagna geofisica*.

Prove di verifica dell'apprendimento: Esame orale

Argomenti da conoscere per poter frequentare efficacemente il corso: Basi di Analisi Matematica, Elementi di Fisica, Elementi di Teoria dei Segnali.

Obiettivi minimi: Al termine del corso lo studente conoscerà i principali metodi di misure geofisiche in pozzo e ha sviluppato una limitata esperienza di interpretazione. Avrà inoltre appreso l'intera sequenza di prospezione sismica, dall'acquisizione all'elaborazione, comprese le sue criticità, e se dotato di opportuno software sarà in grado di eseguire le elaborazioni necessarie a realizzare sezioni sismiche a riflessione. Infine, si sarà dotato di alcune conoscenze di base sul trattamento dei dati che sono di utilità generale.

Bibliografia: Sono disponibili le dispense del corso che coprono interamente il programma e all'interno delle quali sono reperibili ulteriori riferimenti bibliografici.

Commissione d'esame

Presidente: A. Mazzotti

Membri: A. Tognarelli, P. Cantini