

## 408SM - ELECTROMAGNETIC METHODS IN GEOPHYSICS

### Teaching objectives

At the end of the course, the student will be able to understand the theory of the described methods, to evaluate the applicability as a function of different specific targets, to design a geophysical survey, to analyze and process the data, to manage and apply adequate inversion techniques. The student will further evaluate the reliability of the obtained results, critically interpreting the proposed data sets and integrating the information obtained by the different methodologies.

### Teaching methods

Front lectures integrated by the critical discussion of scientific papers previously assigned to the students.

### Examination

Oral examination about one of the papers proposed for the discussion during the course and extension to the whole course program. The ability to connect and integrate the physical concepts and between the different topics will be particularly appreciated.

### Course Program (preliminar)

The course aims at giving detailed information about theoretical and applied issues about the electromagnetic methods used in applied geophysics. All the methodologies based on electromagnetic fields and waves are considered, including all the frequency range, both induction and wave propagation principles. The final objective is always to extract qualitative and quantitative information of the subsurface at various scales and with a different resolution level.

The course is organized in four teaching units: a) Classic theory of electromagnetic fields and their peculiarities for geologic materials. Description of the electrical conductivity, the dielectric permittivity and the dielectric polarization vector for homogeneous and not homogeneous media, with a focus on the different possible approximations. Analysis of the behavior as a function of the frequencies. Differences between induction and propagation methods. Names and classification of the different geophysical techniques with some details about their historical evolution and implementation. Mentions about peculiar application in specific environments (boreholes, see, airborne). b) Electromagnetic methods. Time domain (TDEM) and frequency domain (FDEM) electromagnetic methods. Skin depth and diffusion depth. Measurement parameters and empirical relations. Conductivity. Resolution/maximum investigation depth. Description of the instruments and of the acquisition configurations. Multi-frequency systems. Analysis, processing and data inversion techniques. Data interpretation and correlation with other methods. Potential and limitations. c) Time Domain Reflectometry (TDR). Description of the measurement modes and of the different possible applications. System calibration and equation to recover the electrical conductivity and the dielectric permittivity. Analysis and data processing. Interpretation and data correlation. Examples of application in hydrogeology and glaciology. Potential and limitations. d) Ground Penetrating Radar (GPR). Description of the different measurement techniques and of the acquisition parameters. Analysis and data processing. Inversion techniques and methods to recover qualitative and quantitative information, including GPR attributes. Examples of application and integration with other techniques. Potential and limitations.

## Personal skills

D1 - Knowledge and understanding: the student, at the end of the course, shall know the main physical laws at the base of the described EM geophysical methods, the electric behavior of geologic materials and the application of different methods, even applied in an integrated way.

D2 - Applying knowledge and understanding: the student shall be able to evaluate which are the most appropriate EM methods for different problems analyzing the physical behavior, the applicability as well as logistical issues. Moreover, he/she shall be able to critically and objectively evaluate the content of a scientific paper, explaining its main topics.

D3 - Making judgments: the student shall be able to independently establish the appropriate choices for the achievement of the objectives according to the required detail and geological complexity. In addition, he/she shall be able to critically and objectively evaluate the content and results of a scientific paper or a technical report.

D4 - Communication skills: the student shall be able to describe the main results of the work carried out with appropriate technical and professional language, specific for each application field.

D5 – Learning skills: The student will acquire skills that will allow to autonomously improve his/her scientific and professional training in order to maintain an adequate level of skills with continuing education in a disciplinary area of Applied Geophysics characterized by a continuous evolution and with continuously increasing applied potential.

----- 0 -----

## Obiettivi formativi

Lo studente, al termine del corso, dovrà essere in grado, per le diverse metodologie descritte, di comprenderne gli aspetti teorici, di valutarne il livello di applicabilità anche in funzione di obiettivi specifici, di progettare un rilievo, di analizzare ed elaborare i dati, di applicare opportune tecniche di inversione valutando l'attendibilità dei risultati, di interpretare un set di dati e di integrare le informazioni relative a diverse metodologie.

## Metodi didattici

Lezioni frontali integrate dalla discussione critica di paper scientifici preventivamente proposti agli studenti.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Colloquio su uno dei paper proposti durante il corso ed oggetto di discussione con estensione all'intero programma del corso. Verranno privilegiati i collegamenti ed i legami fisici e concettuali tra le diverse tematiche affrontate.

## Contenuti del corso (Programma di massima)

Il corso mira a fornire informazioni dettagliate sugli aspetti teorici e applicativi relativi ai metodi elettromagnetici utilizzati in geofisica. Sono considerate tutte le metodologie che si basano su campi e onde elettromagnetiche a varia frequenza e che sfruttano i principi dell'induzione e della propagazione di onde elettromagnetiche per ricavare informazioni qualitative e quantitative sul sottosuolo a diversa scala e con diverso livello di risoluzione. Il corso è articolato in 4 moduli distinti per un totale di 6 CFU: a) Teoria classica dei campi elettromagnetici e loro peculiarità nei materiali geologici. Descrizione della conduttività elettrica, della permittività dielettrica e del vettore polarizzazione del dielettrico per mezzi omogenei e non omogenei e descrizione delle diverse approssimazioni possibili. Analisi delle peculiarità in funzione delle frequenze.

Distinzione tra metodi induttivi e nel regime di propagazione. Nomenclatura e classificazione delle diverse metodologie geofisiche con cenni sulla storia e sul loro sviluppo. Cenni ad applicazioni in ambienti particolari (pozzi, mare, airborne). b) Metodi elettromagnetici. Metodi elettromagnetici nel dominio del tempo (TDEM) e della frequenza (FDEM). Skin depth e diffusion depth. Parametri di misura e relazioni empiriche. Conduttività. Risoluzione/massima profondità di indagine. Descrizione delle strumentazioni e delle configurazioni di acquisizione. Sistemi multifrequenza. Analisi, elaborazione e tecniche di inversione dei dati. Interpretazione dei dati e correlazione con altre tecniche. Potenzialità e limiti. c) Time Domain Reflectometry (TDR). Descrizione delle modalità di misura e delle diverse possibilità applicative. Taratura dei sistemi ed equazioni per ricavare la conduttività elettrica e la permittività dielettrica. Analisi ed elaborazione dei dati. Interpretazione e correlazione dei dati. Esempi di applicazione in ambito idrogeologico e glaciologico. Potenzialità e limiti. d) Ground Penetrating Radar (GPR). Descrizione delle diverse modalità di misura e dei parametri di acquisizione. Tecniche di analisi ed elaborazione dei dati. Tecniche di inversione dei dati e metodologie per ricavare informazioni quantitative sul sottosuolo, inclusi gli attributi GPR. Esempi di applicazione e integrazione con altre tecniche. Potenzialità e limiti.

### Conoscenze e abilità

D1 - Conoscenza e capacità di comprensione: lo studente, al termine del corso, dovrà conoscere le leggi fisiche alla base dei metodi elettromagnetici utilizzati in Geofisica Applicata, il comportamento elettrico dei materiali geologici e gli aspetti applicativi relativi ai diversi metodi, applicati anche in maniera integrata

D2 - Capacità di applicare conoscenza e comprensione: lo studente dovrà essere in grado di valutare quali siano i metodi EM più indicati per le diverse problematiche sulla base di aspetti fisici, applicativi e logistici. Inoltre dovrà essere in grado in modo autonomo di valutare i contenuti di un articolo scientifico e di esporne gli elementi salienti.

D3 - Autonomia di giudizio: lo studente dovrà essere in grado di stabilire in modo autonomo le scelte appropriate per il conseguimento degli obiettivi in funzione del dettaglio richiesto e della complessità geologica. Dovrà essere inoltre in grado di valutare criticamente in maniera oggettiva i risultati e le deduzioni descritti in relazioni tecniche e su articoli scientifici.

D4 - Abilità comunicative: lo studente dovrà essere in grado di descrivere i principi risultati del lavoro svolto utilizzando un lessico appropriato e specifico rispetto al campo di applicazione.

D5 – Apprendimento: Lo studente acquisirà competenze che gli permetteranno di perfezionare in modo autonomo la sua formazione scientifica e professionale ai fini di mantenere un adeguato livello di competenze con modalità di formazione permanente (*continuing education*) nell'ambito di un settore della Geofisica Applicata in continua evoluzione e con sempre più potenzialità applicative.