

Nuove tecnologie - Best practise

LA GEOFISICA A TUTELA DELL'AMBIENTE

A cura del Dott. Armando Franza e del Dott. Marco Marchetti

La geofisica è la scienza che studia la Terra e lo spazio che la circonda attraverso i metodi della fisica.

La *geofisica ambientale*, che in particolare si occupa di problematiche ambientali in senso lato, permette di evidenziare la presenza di masse, strutture o fluidi nel sottosuolo:

- a. rilevando in superficie gli effetti da questi prodotti nell'ambiente circostante;
- b. misurando le variazioni di alcuni parametri fisici nel sottosuolo stesso.

Generalmente l'indagine geofisica viene programmata tenendo ben presente l'obiettivo della ricerca, analizzando le particolarità del sito e le condizioni al contorno.

Per questi motivi solitamente le indagini geofisiche:

- a. impiegano metodi non invasivi, che mantengono inalterata la naturale disposizione del terreno (ad es. non compromettono l'integrità delle barriere geologiche);
- b. permettono di indagare rapidamente ed economicamente aree di territorio abbastanza vaste senza dover intervenire, almeno nella fase preliminare della ricerca, direttamente nel sottosuolo.

La geofisica ambientale utilizza tecniche di indagine che possono fornire informazioni per:

- a. individuare masse anomale nel sottosuolo (fusti, serbatoi, ordigni, strutture sepolte, discariche);
- b. verificare la presenza di agenti inquinanti, fornendo spesso un quadro generale e sufficientemente preciso delle caratteristiche fisiche del terreno indagato.

L'utilizzo dei metodi geofisici, recentemente, si è molto diffuso grazie:

- a. al grado di precisione raggiungibile con costi generalmente bassi;
- b. agli sviluppi tecnologici dell'elettronica e dei *software* per l'elaborazione dei dati.

Grazie ai metodi geofisici si può individuare ed analizzare con un buon dettaglio, ad esempio, il propagarsi di inquinanti, percolati o idrocarburi e, mediante osservazioni ripetute nel tempo, si può seguire l'evoluzione spazio-temporale nel sottosuolo. Risulta poi abbastanza agevole sia localizzare dei serbatoi di stoccaggio interrati e verificarne eventuali perdite (es. perdite di idrocarburi o sostanze chimiche), sia individuare smaltimenti di fluidi o sostanze varie pericolose nel sottosuolo.

Tra i molti metodi geofisici esistenti per lo studio e l'esplorazione del sottosuolo, quelli che hanno una maggiore applicabilità nelle varie problematiche in campo ambientale sono i metodi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, spesso utilizzati insieme, per aumentare il potere risolutivo.

Le metodologie di indagine impiegate dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia in campo ambientale, consentono di affrontare gran parte dei problemi legati all'inquinamento sotterraneo: l'INGV si occupa dell'esplorazione geofisica del sottosuolo per fini ambientali fin dal 1994.

A seguito delle richieste di intervento tecnico da parte delle Forze di Polizia che si occupano di ambiente, alcuni ricercatori iniziarono ad occuparsi di queste tematiche avviando questa nuova attività per l'Istituto.

La pianificazione di un intervento sul territorio

Di seguito si riporta uno *schema di pianificazione* delle attività da svolgere durante un intervento sul territorio.



La pianificazione di un intervento sul territorio inizia sostanzialmente dall' *analisi delle caratteristiche fisiche dell'oggetto della ricerca*. Conoscere le caratteristiche dell' oggetto della ricerca è pertanto fondamentale per valutare quale sia il parametro fisico che può essere messo in evidenza e stabilire quale metodologia impiegare. Difatti, ricercare dei fusti metallici è cosa ben diversa da ricercare dei liquidi inquinanti nel sottosuolo.

Quindi si procede con la *scelta della tecnica geofisica più opportuna*; ma questo non è sufficiente, perché bisogna *valutare la possibilità di applicazione della metodologia scelta* nel contesto ambientale in cui si andrà ad operare. Questa è una fase di valutazione molto importante, dove si cerca di raccogliere il maggior numero possibile di informazioni sulle caratteristiche del sito stesso; se le informazioni non sono sufficienti, si pianifica un sopralluogo sul sito da investigare e nei casi dove ciò non fosse possibile per motivi di "discrezione" si può procedere mediante sorvolo con elicottero. I principali elementi che si cerca di acquisire riguardano le dimensioni, la presenza di terreno coltivato, o di sterpaglie molto sviluppate, la morfologia, la presenza e la distanza dal sito in esame di una linea ferroviaria elettrificata, di linee elettriche ad alta tensione, di strutture metalliche in superficie, di rifiuti ferrosi sparsi sul terreno, ecc... Dopo aver acquisito queste informazioni si decide la modalità di intervento. Può anche accadere che non sia possibile intervenire con le misure geofisiche, e quindi si decide di volta in volta come procedere. Oppure le caratteristiche fisiche o morfologiche del sito sono inusuali (cava profonda riempita, terreno morfologicamente molto accidentato, area particolarmente vasta, impraticabilità del sito, ecc.) e quindi risulta necessario studiare una specifica modalità di intervento, una particolare tecnica di misura. Si procede con una fase di studio e di ricerca volta alla risoluzione dei nuovi problemi in modo da poter intervenire al meglio. Generalmente, comunque, è possibile operare con la tecnica geofisica prescelta: si esegue il rilievo, si elaborano i dati acquisiti e si analizzano i risultati.

L'indagine geofisica può garantire, relativamente all'oggetto della ricerca, tre tipologie di risposte:

- a. positiva; in tal caso, generalmente, si procede con l'accertamento diretto, cioè con lo scavo ubicato in corrispondenza delle aree individuate dal rilievo e si osservano le masse responsabili delle anomalie misurate;
- b. negativa, cioè la segnalazione non trova riscontro nell'indagine geofisica; in questo caso si rivalutano le informazioni a disposizione, e nella maggior parte dei casi, si conclude l'accertamento sul terreno;
- c. incerta; Per definire meglio le caratteristiche del sottosuolo laddove la risposta è risultata incerta, poco chiara, si può intervenire con l'integrazione di altre tecniche geofisiche, o quando queste potrebbero comunque non essere risolutive si può decidere di procedere con l'esecuzione di saggi nel terreno.

In tutti e tre i casi, comunque, si riesce a dare una risposta e un contributo molto utile all'indagine stessa.

Metodi geofisici e applicazioni

Il **Georadar o GPR (Ground Penetrating Radar)** è uno strumento che permette di esplorare il sottosuolo mediante l'invio di impulsi elettromagnetici di breve durata (nanosecondi).

Gli impulsi, emessi da un'antenna, si propagano nel terreno e vengono riflessi quando raggiungono un'interfaccia tra materiali che possiedono differenti proprietà elettromagnetiche (resistività e costante dielettrica).

La **Geoelettrica** si basa sullo studio della risposta del sottosuolo al passaggio di una corrente elettrica immessa in superficie.

Le misure sono finalizzate quindi principalmente alla determinazione della resistività elettrica del terreno che dipende da molti fattori, e in particolare è funzione della quantità d'acqua contenuta nei pori, dal suo contenuto salino o dalla presenza di fluidi conduttivi.

L' **Induzione elettromagnetica** utilizza la risposta del terreno alla propagazione di onde elettromagnetiche basandosi sulla misura del rapporto tra campo magnetico alternato (primario) generato dallo strumento e secondario generato dal flusso di corrente indotto dal campo primario all'interno del terreno stesso.

La **Magnetometria** si basa sull'impiego di *magnetometri*, con i quali è possibile misurare le variazioni spaziali del campo magnetico terrestre.

La presenza nel sottosuolo di masse con proprietà ferromagnetiche altera il valore del campo magnetico naturale generando un'anomalia che viene misurata dallo strumento stesso.

Prospettive e sviluppi futuri

E' evidente quindi come la **geofisica** offra numerosi contributi in campo ambientale sia nelle ricerche nel sottosuolo sia nelle attività di studio e monitoraggio.

Le metodologie geofisiche di indagine descritte, e utilizzate in Italia dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, coprono numerosi campi di interesse ambientali e, soprattutto per gli studi che riguardano l'inquinamento sotterraneo.

Essi, oltre a consentire l'individuazione di masse estranee al terreno naturale, possono fornire utili informazioni sullo stato fisico-strutturale del sottosuolo stesso, fornendo indicazioni su possibili fonti di inquinamento e sull'evoluzione nel tempo di tali fenomeni. Queste tecniche di rilievo sono relativamente semplici da applicare, di rapida esecuzione, relativamente costose, e possono essere utilizzate singolarmente o integrate tra di loro, nei casi più complessi.

In questi ultimi anni le tecniche geofisiche si sono ulteriormente evolute, affinate, mirando sempre di più alla possibilità di seguire l'evoluzione delle attività di smaltimento illecito, come per esempio lo spandimento di materiali nel sottosuolo o addirittura il loro miscelamento con terreno vegetale.

Per ottenere una sempre migliore caratterizzazione del sottosuolo, per ampliare le possibilità di esplorazione e di controllo del territorio, è necessario disporre di tecnologie all'avanguardia e sperimentare le applicazioni di nuova strumentazione.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, in qualità di ente di ricerca, trova la sua naturale collocazione nello studio e nella sperimentazione di tecniche e metodologie geofisiche anche in campo ambientale, avendo oltretutto la possibilità di operare su casi reali.

Come è ormai noto, lo studio e il controllo del territorio trae oggi notevole vantaggio dall'impiego di foto aeree ripetute nel tempo e dall'utilizzo dei dati acquisiti da sensori (ottici o radar) su piattaforma satellitare.

Le modificazioni operate sulla superficie terrestre possono essere infatti monitorate "a distanza" soprattutto attraverso tecniche di telerilevamento basate su satelliti che orbitano ad una altitudine media compresa tra i 450 e gli 800 km: i sensori ottici, infatti, a partire dal 2000 hanno raggiunto risoluzioni metriche o addirittura sub-metriche al suolo (la risoluzione è la capacità di distinguere due oggetti posti ad una certa distanza l'uno dall'altro).

Inoltre, operando sia nel visibile che nell'infrarosso, consentono di identificare variazioni in alcuni parametri superficiali, quali la temperatura e l'umidità del terreno, che possono essere utili indicatori di tombamenti di rifiuti.

I sensori radar SAR (Radar ad Apertura Sintetica), disponibili dal 1992, anche se a minore risoluzione, possono fornire informazioni circa i movimenti del suolo e quindi, tramite un monitoraggio nel tempo, permettono di individuare le modificazioni di porzioni del territorio. L'utilizzo congiunto di dati radar e ottici costituisce uno strumento molto utile per individuare sul territorio le discariche abusive, gli stoccaggi illeciti di materiali pericolosi, le possibili perdite di percolato da discariche di RSU, oltre alla ricerca di siti "sospetti", potenzialmente interessati da interrimento di rifiuti, sui quali eseguire successivamente indagini geofisiche di dettaglio a terra, per verificare l'effettiva presenza dei rifiuti e stimare la consistenza dei materiali smaltiti illecitamente.

L'uso integrato di queste tecniche di indagine consentirebbe sia l'individuazione di vecchi siti, sia il controllo periodico del territorio, finalizzato all'individuazione di nuove attività di scavo e/o interrimento.

Armando Franza e Marco Marchetti

Publicato il 15 dicembre 2008

- M. Marchetti - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma