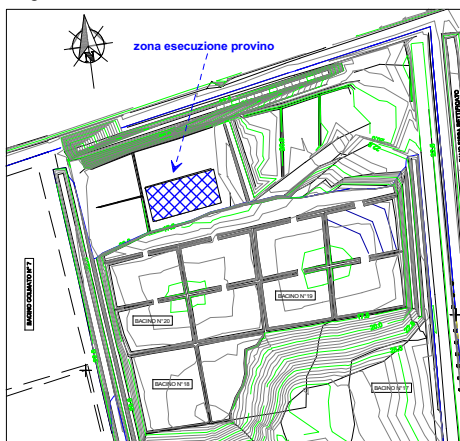


SINERGIA TRA RILIEVI CON EM31 E PROVE DI CONDUCEBILITA' IDRAULICA IN SITU

"Mappatura in sovrapposizione da indagine elettromagnetica areale, per la ricerca di eventuali zone a compattazione non ottimale nel massetto di impermeabilizzazione a fondo invaso - Discarica Intercomunale di Novellara."

Figura 1



Nell'ambito delle indagini e verifiche per il collaudo funzionale in corso d'opera della Discarica Intercomunale di Novellara (RE), a gestione S.A.Ba.R. Spa, sono emerse interessanti tecniche di collaudo areale, relative alla possibilità di avere una mappatura qualitativa completa del massetto di impermeabilizzazione, realizzato in argilla compattata accoppiata a telo in HDPE, al fondo dei bacini destinati (nel caso in esame) allo stoccaggio definitivo di rifiuti non pericolosi.

A tale scopo immediatamente a nord degli invasi n° 19-20, costruiti e collaudati nel corso del corrente anno (2008), è stato predisposto un apposito campo prova, per verificare la possibilità e la potenzialità della mappatura dei massetti d'impermeabilizzazione, mediante tecnica elettromagnetica.

(In particolare è stato utilizzato un elettromagnetometro EM31 MK2 sh (Geonics Ltd. Canada) che nel prosieguo sarà indicato con EM31).

Tale nuova metodica di "collaudo areale elettromagnetico" nasce dalla possibilità di:

- 1) praticare nel massetto compattato d'impermeabilizzazione, un minor numero di fori o cavità, necessari per l'esecuzione del collaudo "tradizionale", che si basa su prove dirette in situ (prelievo campioni indisturbati, prove di permeabilità, densità, di carico su piastra, ecc.);
- 2) avere a disposizione una verifica areale su tutta la superficie lavorata, del massetto compattato, che consenta rapidamente di individuare eventuali settori mal realizzati (evidenziati da anomalie elettromagnetiche), ove effettuare o concentrare le prove dirette in situ.

La mappatura di tutta la superficie occupata dal massetto d'impermeabilizzazione di fondo invaso dei bacini di discarica, consentirebbe infatti di realizzare un'importante sinergia, tra il collaudo elettromagnetico e quello "tradizionale". Infatti dalla mappa di conducibilità elettromagnetica potrebbero essere individuati settori a "scarsa compattazione" verificando gli stessi con prove dirette per controllare in modo numerico e quantitativo, se i valori di permeabilità idraulica da prova in situ, sono conformi oppure no a quanto fissato da normativa (D. Lgs. 36 del 13/01/03, DM 13/01/05). Con la mappatura EM31, sarà quindi rapido e facile decidere se i settori evidenziati da valori "anormali", possono essere "accettati" poiché conformi ai valori di conducibilità idraulica da normativa, oppure se sono necessari lavori di ripristino del massetto compattato.

Tale metodica di collaudo con EM31, consentirebbe quindi di limitare i fori od "disturbi" necessariamente eseguiti nel massetto d'impermeabilizzazione in argilla compattata durante il collaudo "tradizionale", tali cavità è buona norma vengano adeguatamente ripristinate, con analoga tecnica e cura di quella utilizzata per la costruzione del massetto stesso.

L'operazione di ripristino dei fori, è molto delicata in particolare nel conseguire il mantenimento dell'impermeabilizzazione laterale del massetto compattato e comporta in genere un impegno economico-temporale proporzionale al numero di fori o prove dirette eseguite nel massetto compattato.

La tecnica di collaudo elettromagnetico EM31, è stata testata in un'area di 15x30 m, a nord dell'area di sedime dei bacini n° 19-20 (vedi fig. 1) realizzando con identiche modalità costruttive, di quelle utilizzate per il massetto dei bacini sopra citati, un "pacchetto" compattato di 1 m complessivo di spessore realizzato per strati come in seguito descritto in dettaglio:

- 1) regolarizzazione del fondo naturale, con riproccamento con lama cingolata e leggera compattazione dei terreni naturali argillosi per compensare l'effetto "strappo" dello scavo;
- 2) stesura di strati in terre naturali argillose, con spessore massimo dopo la posa e prima della compattazione di 20 cm;
- 3) passate successive e sovrapposte con compattatore (BOMAG mod. 772 a rullo dentato da 36 ton) spessore di fine compattazione di ogni livello pari a circa 0.14-0.15 m;
- 4) sovrapposizione in continuo di 7 strati, per la realizzazione della barriera impermeabile in progetto con spessore minimo di 100 cm.

Successivamente sulla superficie compattata del provino (vedi Foto 1), mediante escavatore meccanico e circa al centro della stessa, è stata realizzata una trincea a forma di "T" (vedi foto 2) che poi è stata ritombata con gli stessi materiali provenienti dallo scavo (vedi Foto 3). Tale operazione ha consentito, rimangiando completamente lo spessore del compattato, di creare un "disturbo" della qualità di compattazione del massetto impermeabilizzante, cercando di simulare condizioni di cantiere, relative ad un eventuale mal funzionamento del compattatore od una non adeguata compattazione, non visibili ad occhio (vedi Foto 4 al termine dei lavori di ripristino della trincea).

La mappatura con EM31 del provino, è stata eseguita secondo 3 steps distinti, corrispondenti ad altrettante fasi di lavorazione del materiale del massetto:

- la prima al momento della predisposizione del fondo naturale prima della posa degli strati compattati;
- la seconda al termine della compattazione degli orizzonti al raggiungimento del metro di spessore previsto;
- la terza fase dopo la realizzazione e relativo ripristino della trincea a "T" per simulare una condizione di cantiere, con presenza di un settore "ammalorato" e non visibile ad un semplice esame visivo.

Il collaudo elettromagnetico di tutta la superficie del provino (15x30 m) è stato eseguito mediante un elettromagnetometro, avente le seguenti caratteristiche:

- sistema ad induzione elettromagnetica "low induction number";
- frequenza di 9,8 kHz;
- coppia di sensori sistemati a distanza fissa di 2.36 m su un apposito supporto rigido collegato all'apparecchiatura;
- sorgente del campo magnetico Dipolo trasmettitore interno
- range di conducibilità: 10, 30, 100, 300, 1000, mS/m
- accuratezza delle misure: ±5% a 20 mS/m
- livelli rumore 0.1 mS/m 0.03 ppm

Lo strumento può operare con la posizione dei dipoli orizzontali o verticali. La risposta dello strumento, nei confronti della penetrazione nel sottosuolo dei loop di corrente indotta, varia infatti significativamente nelle due modalità operative.

Operando con il dipolo verticale (in posizione normale), lo strumento indaga fino ad una profondità massima che è circa doppia rispetto al modo di operare con i dipoli orizzontali. Possono essere rilevati e registrati per l'elaborazione 2 parametri:

- la componente in quadratura di fase, influenzata principalmente dalla conducibilità (elettrica);
- la componente in fase, significativamente più sensibile alla presenza di oggetti metallici e quindi utilizzabile nella ricerca di corpi sepolti di questa natura.

Per gli scopi della presente indagine i valori della componente in fase, non hanno fornito informazioni interessanti, quindi i dati non sono stati elaborati.

L'EM31 è stato utilizzato con disposizione dei dipoli in posizione orizzontale, in quanto non interessava indagare in profondità il sottosuolo, al di sotto del campo prova; inoltre è stato impostato per registrare il valore di conducibilità elettrica (Conducibilità apparente del terreno in milliSiemens al metro: unità di misura mS/m), ipotizzando che il terreno attraversato dai loop di corrente, sia costituito da materiale omogeneo. Se il sottosuolo è stratificato, ciascun strato ha un proprio differente valore di conducibilità (elettrica) e lo strumento leggerà quindi un valore mediato.

Nell'ipotesi di sottosuolo composto da 2 strati (come nel nostro caso), ci sono 3 fattori da esaminare, es. la conducibilità dello strato superiore (massetto compattato) quella dello strato inferiore (la conducibilità del terreno naturale) e lo spessore dello strato superiore (spessore massetto compattato).

Conoscendo 2 di questi parametri è possibile ricavare il terzo, tramite la formula:

ove:

- σ_a = conducibilità elettrica apparente di entrambi gli orizzonti
- σ_1 = conducibilità dello strato superiore
- σ_2 = conducibilità dello strato inferiore

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_a - \sigma_2 \cdot R'}{1 - R'}$$

$R'(z)$ = funzione profondità
 z = spessore dello strato a conducibilità σ_1

poiché σ_1 ed σ_2 sono comparabili e σ_2 è conosciuto (conducibilità del terreno naturale) ed essendo $z = 1$ m tramite i grafici relativi si ottiene il valore della funzione di profondità (R') da inserire nella formula, che consente quindi di "isolare" il valore della conducibilità elettrica del primo strato.

Con tale ipotesi sono state elaborate 2 mappe:

- la prima (fig. 4) che rappresenta la distribuzione dei valori di σ_1 ottenuti utilizzando per σ_a i valori della seconda mappatura effettuata al termine dei lavori di compattazione del massetto d'impermeabilizzazione prima dello scavo;

- la seconda (fig. 5) che mostra la distribuzione dei valori di σ_1 i valori della terza mappatura effettuata dopo l'esecuzione del saggio a "T".

Analizzando le 2 figure, è evidente che nella prima (fig. 4) non sono presenti valori "anormali", certificando in tal modo la buona ed omogenea realizzazione del massetto compattato d'impermeabilizzazione; la seconda (fig. 5) è caratterizzata invece dalla presenza di un settore con valori "anormali" (tonalità gialle) che delimitano con sufficiente precisione la zona ove è stata realizzata la trincea a "T", che per confronto è stata sovrapposta con un graticolo.

Nella stessa figura 5 è anche stata sovrapposta l'elaborazione, basata dall'utilizzo dei valori di permeabilità puntuali, da prove dirette in situ, (metodo del permeametro a carico variabile) evidenziati da croci di colore ciano, che sono stati installati in corrispondenza dell'anomalia ed immediatamente all'interno della stessa.

In relazione ai valori di permeabilità (K) misurati nei 12 punti indicati in figura, applicando un algoritmo basato sull'uso di uno stimatore ausiliario di tipo polinomiale, che consente di rappresentare l'andamento globale della variabile in esame, è stato possibile restituire un elaborato che rappresenta l'andamento dei valori di permeabilità, rappresentato da isolinee di colore blu, anch'esse sovrapposte alla mappa con EM31 di fig. 5.

La metodica d'indagine diretta, sopra descritta ha evidenziato e confermato la zona "anomala" scoperta con l'indagine EM31, infatti le curve sono tutte schiacciate all'interno della zona con scavo a "T" ed i valori di permeabilità misurati sono caratterizzati da uno scarto di circa 2 ordini di grandezza:

- terreni compattati inalterati: $K = 1 \times 10^{-6}$ cm/sec
- terreni della zona "anomala": $K = 1 \times 10^{-4}$ cm/sec

L'analisi comparata tra queste 2 metodiche di verifica e/o collaudo, di massetti argillosi compattati per l'impermeabilizzazione al fondo degli invasi di discariche controllate, evidenzia un'elevata potenzialità e sinergia, infatti dalla metodica indiretta (mappatura con EM31) è possibile ottenere la verifica o collaudo globale qualitativo di tutta l'area in studio, consentendo di "guidare" la scelta dei punti d'indagine diretta, ove posizionare i permeametri (od altre indagini in situ) per le verifiche puntuali quantitative, che con tale approccio multidisciplinare possono essere ridotte numericamente oppure concentrate nelle zone caratterizzate da "anomalie elettromagnetiche".



Foto 5: Indagine con elettromagnetometro EM31 utilizzato in Discarica Sabar anche per verificare-collaudo le coperture definitive dei bacini esauriti.



Foto 1



Foto 2

Foto 4

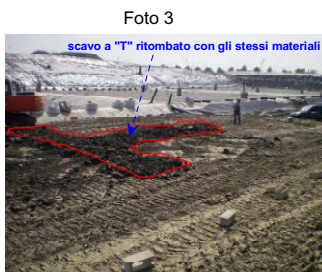


Foto 3

scavo a "T" ritombato con gli stessi materiali

Figura 2: Terreno naturale a fondo invaso

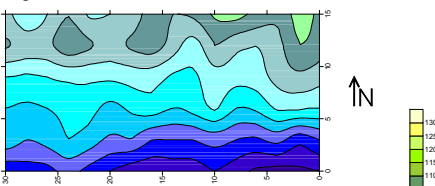


Figura 3: Terreno naturale a fondo invaso + Massetto impermeabilizzazione in Argilla Compattata

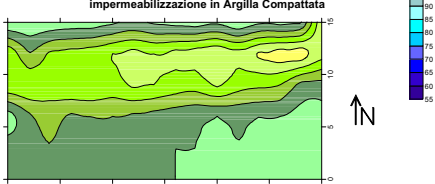


Figura 4: Massetto impermeabilizzazione in Argilla Compattata

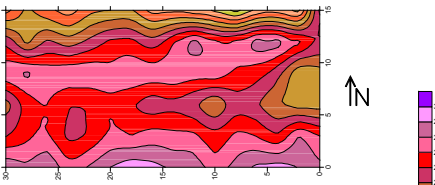


Figura 5: Massetto impermeabilizzazione in Argilla Compattata con scavo a "T"

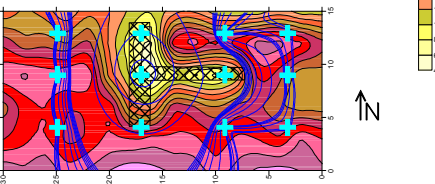
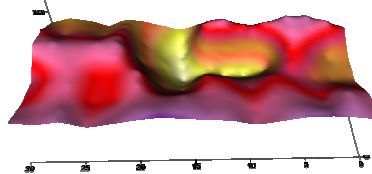


Figura 6: Simulazione 3D della mappa di Fig. 5 che meglio evidenzia la zona anomala a forma di "T"



5 a Edizione Workshop in Geofisica

Metodi geofisici a suffragio della geologia ambientale, con particolare attenzione al monitoraggio di siti sensibili.

Museo Civico di Rovereto (TN) 05-12-2008

TECNOGEOFISICA S.N.C.

Verifiche strutturali non distruttive

Prospezioni geofisiche

Geognostica tradizionale

www.tecnogeoitalia.it

SEDE Carpi (MO) 41012 Via Malta n° 2 tel. 059/693491 - cell. 348/7442774 - 7957305

di R. Triches e F. Olivi

Committente:

s.a.bar. spa
 SERVIZI AMBIENTALI BASISA REGIONALIA

Direttore Generale S.A.Ba.R. spa:

Dr. Mirco Marastoni

Direttore Tecnico Impianto S.A.Ba.R. spa:

Geom. Luca Maricardi