



**CONSORZIO FUTURO IN RICERCA**

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FERRARA**

**Via G. Saragat, 1 – 44122 FERRARA**

AREA IMPIANTI S.p.A.

DISCARICA “CRISPA” VIA GRAN LINEA 12, 44037

JOLANDA DI SAVOIA (FE)

MONITORAGGIO GEOELETTRICO

DEI MANTI IN HDPE E TOMOGRAFIA DELLA RESISTIVITÀ ELETTRICA

PER LA CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

**LOTTO V**

**MONITORAGGIO N. 1\_18**

gennaio 2018

Università degli studi di Ferrara

Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra

Dr. Nasser Abu Zeid

Geol. Libero Professionista

Dott. Geol. Marco Condotta

## **sommario**

CONSORZIO FUTURO IN RICERCA .....	1
Premessa .....	3
2. RISULTATI .....	7
2.1. TELO INFERIORE (Lotto V Vasche: 1,2,3) .....	8
2.2. TELO SUPERIORE (Vasche:1,2,3) .....	9
2.3. Tomografia Elettrica in 3D (Vasche 1 e 2) .....	10
2.3. Tomografia Elettrica in 3D (Vasca-3) .....	12
3. CONCLUSIONI .....	14

## PREMESSA

In data **24 gennaio 2018** è stato eseguito il Monitoraggio n. **1/18** mediante metodo GMS (Geoelectrical Monitoring System). Il sistema di monitoraggio è composto da elettrodi installati nello strato di sabbia sotto il telo superiore e nel manto di argilla sotto il telo inferiore. I sistemi di monitoraggio sono stati installati dalla precedente ditta "Resources management Company di Pisa". Il sistema di monitoraggio elettrico sfrutta la capacità del sistema di individuare variazioni di densità di corrente a causa di una eventuale rottura dei sistemi di impermeabilizzazione. Il metodo geoelettrico è completamente indiretto e non invasivo.

La posizione del V lotto e delle tre vasche è riportata in **Figura 1** mentre la distribuzione degli elettrodi in argilla (sotto il telo inferiore) e nello strato di sabbia (sotto il telo superiore) del sistema GMS sono riportate in **Figure 2a,b**. La configurazione del sistema GMS installato ha permesso di effettuare le seguenti verifiche:

- tenuta elettrica dei manti in HDPE (localizzazione eventuali zone di lacerazione)
- tomografia elettrica del terreno sottostante la discarica (localizzazione eventuale presenza di plume di contaminazione).

Il monitoraggio prevede una prima fase di acquisizione dati sul campo dei dati geoelettrici ed una seconda fase di post-elaborazione mediante appositi software dedicati.



Figura 1. Ubicazione del V lotto e delle tre vasche (1, 2, 3) del polo di discarica "CRISPA".

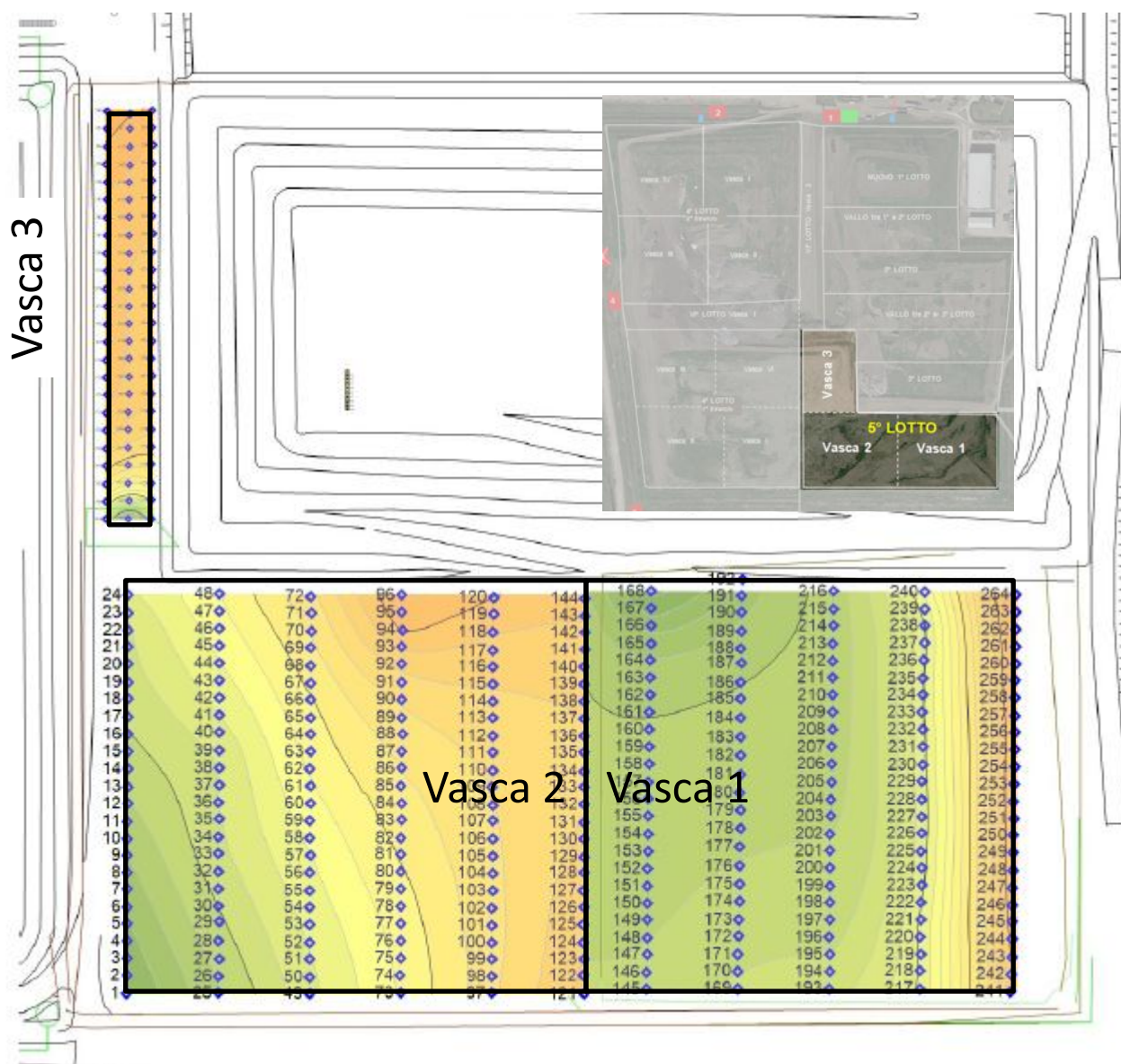


Figura 2a. posizione degli elettrodi nel manto di argilla sotto il telo inferiore.

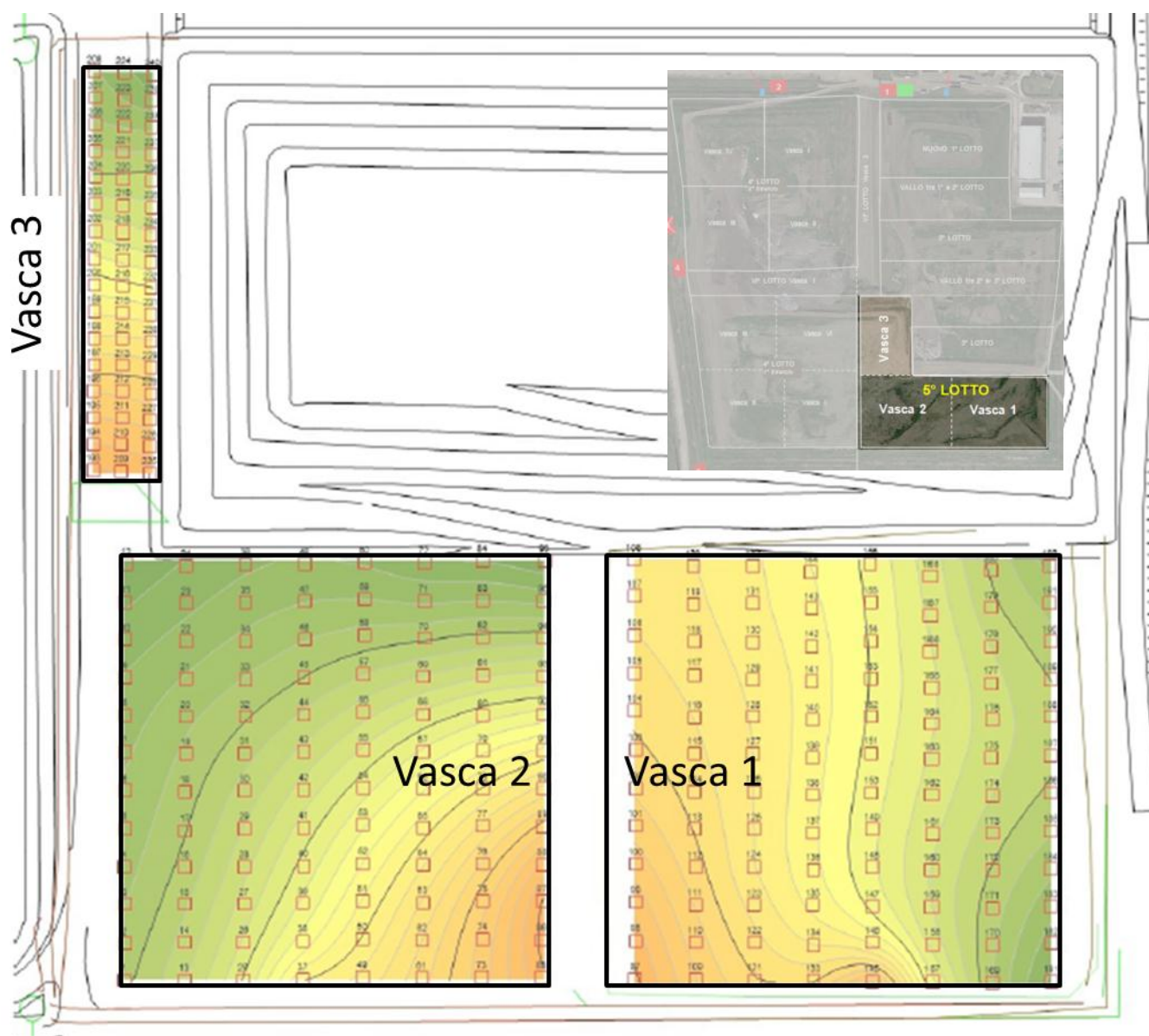


Figura 2b. posizione degli elettrodi nel manto di sabbia sotto il telo superiore.

Il metodo di verifica si basa sull'elevato contrasto di resistività elettrica della geomembrana in HDPE ( $10^{13} \div 10^{16}$  Ohm.m) rispetto ai rifiuti saturi di percolato ( $1 \div 5$  Ohm.m) ed al terreno di posa (resistività variabile, generalmente superiore a  $8/10$  Ohm.m). In condizioni di integrità fisica della geomembrana, la massa dei rifiuti risulta elettricamente isolata dall'ambiente circostante la discarica mentre, in presenza di una lacerazione, l'andamento della resistività elettrica si modifica in corrispondenza della zona di rottura della geomembrana.

Il valore di resistività apparente che si ottiene è dato dal rapporto tra il voltaggio (V) e l'intensità (I) misurata:

$$\rho_a = K * \frac{V}{I} \quad (1)$$

dove,

$\rho_a$  : resistività apparente (Ohm.m)

k : fattore geometrico che dipende dal tipo di dispositivo elettrodico utilizzato per l'acquisizione dei dati della resistenza unitaria,

V : d.d.p. (in mV)

I : intensità di corrente che circola nel sottosuolo (in mA)

Secondo la legge di Archie (1942), equazione 2, in prima approssimazione la resistività del terreno è funzione dei seguenti parametri:

$$\rho_f = a S^{-n} \varphi^{-m} \rho_w \quad (2)$$

dove,

$\rho_f$  : resistività di formazione (terreno)

$\rho_w$  : resistività del fluido

a : costante di litologia (0,5-1,5)

m : tortuosità dei pori (1,5-3,0)

n : costante (~2)

S : saturazione





$\varphi$  : porosità efficace

Essendo il percolato fortemente conduttivo, per la legge di Archie, una sua eventuale infiltrazione nel terreno genererà una netta diminuzione, localizzata, nella resistività elettrica della zona e per questo motivo, con la misura della resistività elettrica del livello di rifiuto e dello strato di posa del telone è possibile mettere in evidenza le zone umide, ovvero, nei casi di fuoriuscita del percolato dalle lesioni nel telone in HDPE, le “plume di contaminazione”.

La tomografia della resistività elettrica in 3D è stata quindi impiegata per la verifica delle condizioni elettriche dello strato di posa sotto il Lotto V-3 della discarica “CRISPA”. A tale fine è stato utilizzato il dispositivo elettrodo “Wenner -Schlumberger”.

## 2. RISULTATI

Il monitoraggio geoelettrico eseguito in data **24 gennaio 2018** della tenuta idraulica del sistema di impermeabilizzazione del **Lotto V** della discarica per R.S.U. di Jolanda di Savoia (FE) è consistito nella verifica dell'integrità dei teli HDPE inferiore e superiore delle tre vasche (Fig. 1) e nella misura della resistività elettrica dello strato di argilla sottostante il telo inferiore. La verifica della tenuta della linea di impermeabilizzazione, costituita dai due teli in HDPE, è stata realizzata secondo il seguente procedimento:

- test elettrico mediante l'energizzazione di un elettrodo tra quelli presenti nel livello sabbioso sovrastante il telo e la misura del potenziale elettrico negli elettrodi posti nello strato di argilla;
- test elettrico del telo superiore in HDPE mediante l'energizzazione di un elettrodo posto sui rifiuti e la misura del potenziale elettrico negli elettrodi posti nello strato di sabbia;
- test elettrico per la stima della resistività elettrica dello strato argilloso sottostante il telo inferiore, utilizzando le linee di elettrodi presenti nel livello argilloso. In questo caso, la misura della resistenza unitaria è stata eseguita utilizzando un georesistivimetro multi elettrodo modello ABEM SAS 1000 (Svezia). I valori ottenuti evidenziano principalmente le condizioni di umidità dell'argilla e quindi possono essere utilizzati, nei limiti della tecnica geoelettrica impiegata, come livello di riferimento per l'individuazione di eventuali pennacchi di contaminazione.

Questo tipo di misure rappresenta un controllo importante per la verifica dei risultati del monitoraggio elettrico dei teli superiore ed inferiore. La stima dei valori di resistività reale è stata ottenuta mediante processo di inversione dei dati di resistività apparenti utilizzando il codice Res3dinv (Geotomo, 2015).

Successivamente, si riportano i grafici relativi alla distribuzione della differenza di potenziale misurata sperimentalmente tra gli elettrodi posti al di sotto delle tre vasche del **Lotto V** del polo di discarica "CRISPA".

## 2.1. TELO INFERIORE (Lotto V Vasche: 1,2,3)

Nei limiti della tecnica GMS, l'andamento del potenziale elettrico rispecchia quanto riscontrato nel collaudo precedente (luglio 2017) per le tre vasche. I risultati ottenuti sono riportati nella Fig. 3.

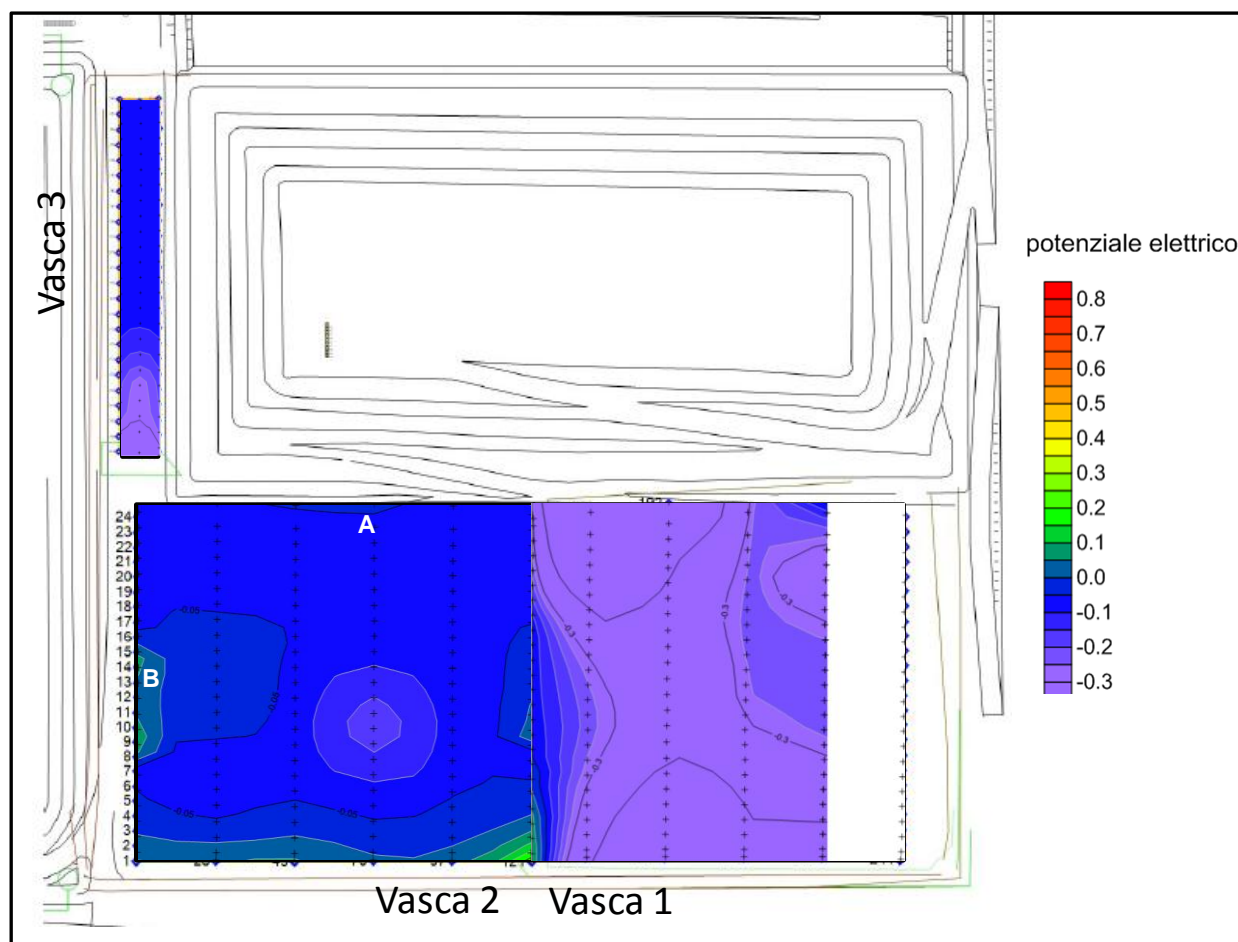






Figura 3: distribuzione della differenza del potenziale elettrico (mVolt) – Telo Inferiore Lotto V Vasche 1,2 3, polo scarica “CRISPA”, [periodo gennaio 2018]. A e B: anomalie dovute ad un possibile assottigliamento del telo inferiore.

Il test elettrico per la verifica dell'integrità del telo inferiore della vasca 1 del Lotto V non evidenzia variazioni riconducibili a potenziali zone di lacerazione limitatamente alle linee in buon stato di continuità elettrica. Due delle linee (vasca 1 elettrodi: 169-192 “profilo 1” e 241-264 “profilo 4”) hanno evidenziato problemi di cattivo contatto elettrico quindi i dati non sono stati rilevati. Al di là di questo inconveniente il controllo della resistività dello strato di argilla della linee adiacenti esclude la presenza di anomalie dovute a percolato. Inoltre, i risultati del test della vasca 2 confermano l'anomalia precedentemente rilevata (A-profilo 4 elettrodi 94-96/Fig. 3) e la comparsa di una nuova anomalia nella parte centrale del limite occidentale della vasca 2 (B-profilo 1 elettrodi 13-14/Fig. 3). Tuttavia i valori di resistività elettrica del manto di argilla confermano l'assenza di anomalie.

## 2.2. TELO SUPERIORE (Vasche:1,2,3)

Nei limiti della tecnica GMS, il test elettrico per la verifica dell'integrità del telo superiore del **Lotto V** delle tre vasche non ha evidenziato anomalie elettriche riconducibili a potenziali zone di lacerazione. I risultati ottenuti sono riportati nella Fig. 4.

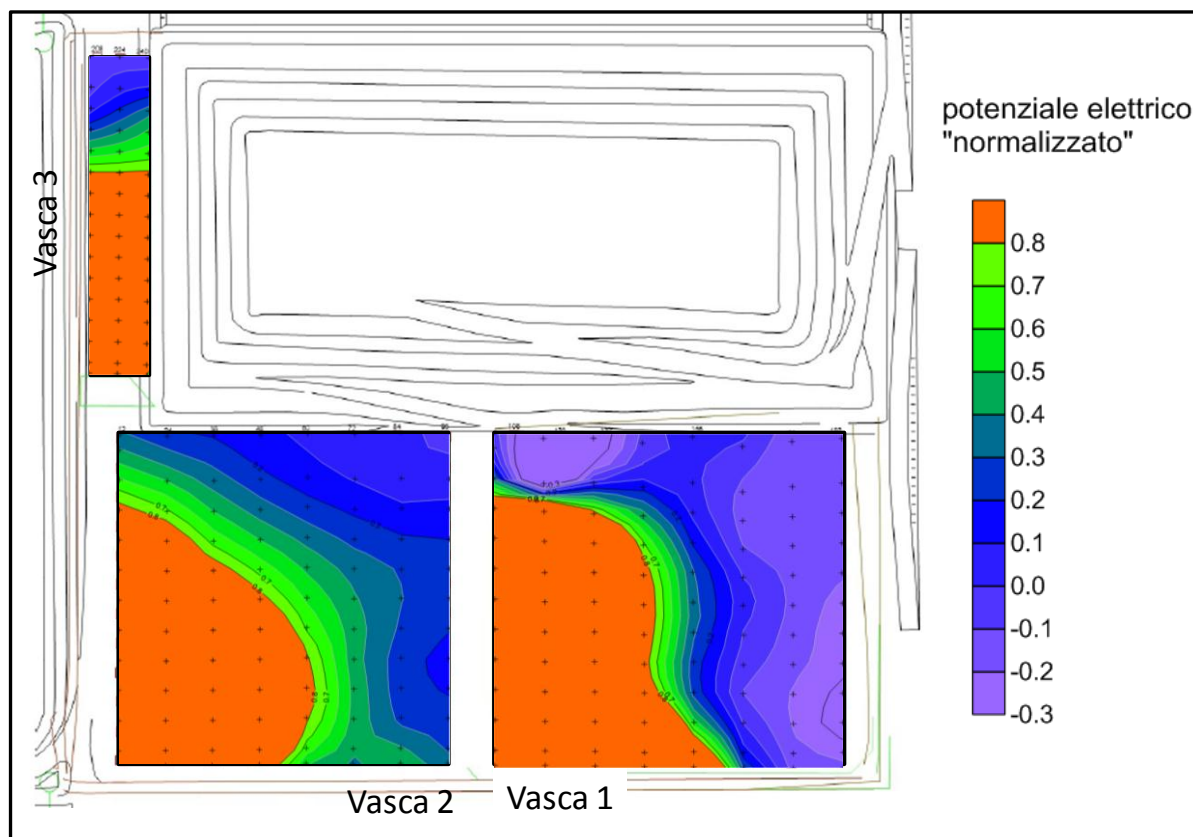
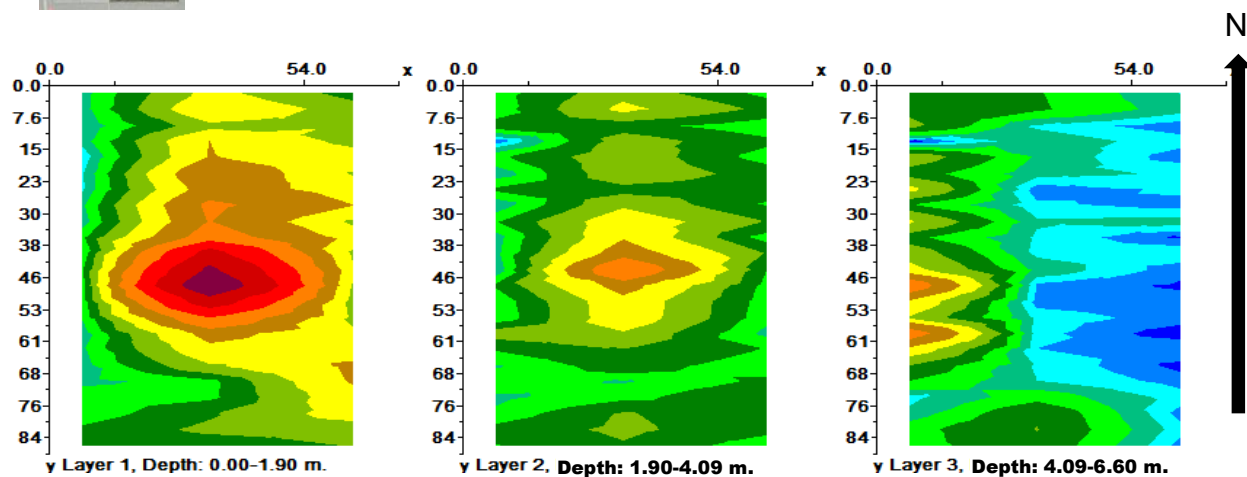


Figura 4: distribuzione della differenza del potenziale elettrico normalizzato – Telo Superiore Lotto V Vasche 1,2,3, polo discarica “CRISPA”, [periodo gennaio 2018].

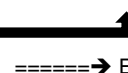
### **2.3. Tomografia Elettrica in 3D (Vasche 1 e 2)**

La disposizione degli elettrodi nello strato di posa del telone impermeabilizzante ha permesso di acquisire i dati geoelettrici per realizzare la tomografia 2D e 3D dei primi metri di terreno al fine di verificare eventuale infiltrazione di percolato che avrebbe modificato le condizioni esistenti prima dell’inizio della coltivazione della discarica.

I risultati delle condizioni di resistività nello strato di argilla, sotto le due vasche 1 e 2 sono riportati nelle Figg. 5a,b (Sezione orizzontale - profondità 0 – 6,6 m)



(a) Lotto V Vasca 1



(b) Lotto V vasca-2

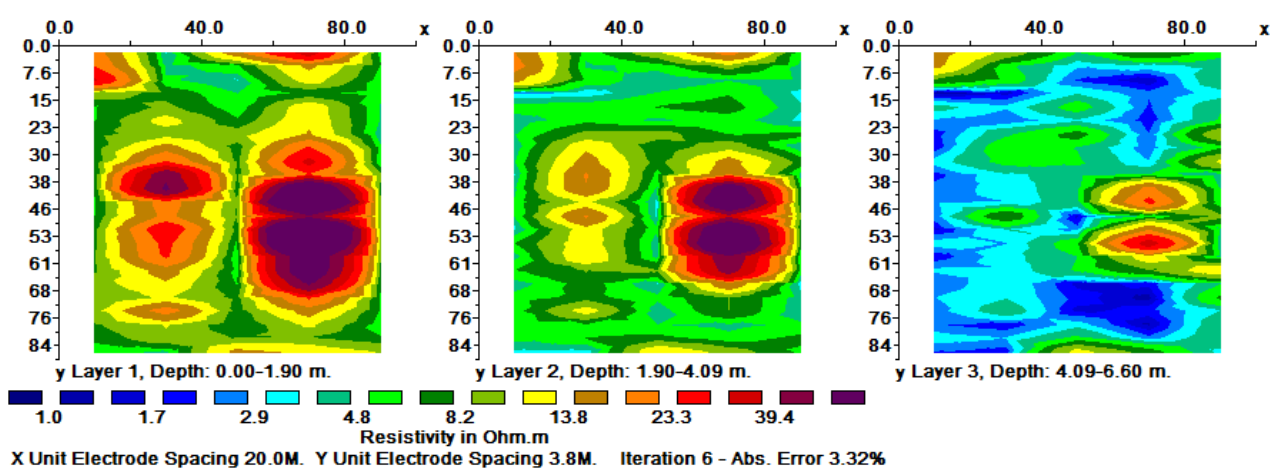


Figura 5. Sezioni orizzontali di resistività elettrica dei terreni sotto il telo inferiore della vasca-1 (a), vasca-2 (b) del Lotto V a tre profondità: 0-1,9m; 1,9-4,09m e 4,09-6,6m.

In Fig. 6 si riportano tre sezioni verticali dell'area di indagine del Lotto V vasche 1 e 2. Le sezioni sono orientati da Nord verso Sud e da Ovest verso Est

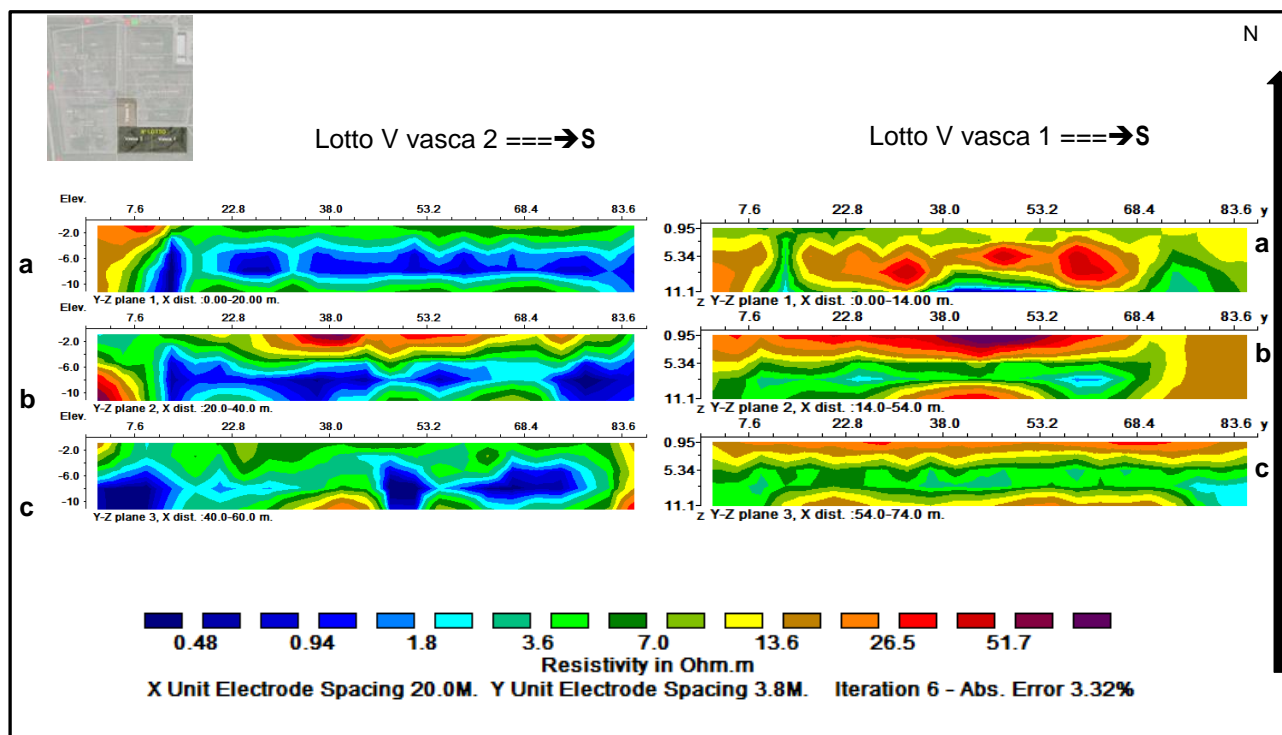


Fig. 6: Tomografia elettrica – Sezioni verticali (a, b, c). Le tre sezioni percorrono questo lotto V-vasche 1 [a destra] e 2 [a sinistra] in direzione N-S e da Ovest (a) verso Est (c). [periodo gennaio 2018]

I valori di resistività dei primi 11 metri sono simili a quanto riscontrato nel collaudo precedente (luglio 2017) e sono riconducibili allo strato d'argilla. Le differenze di resistività laterale, possono essere riconducibili a variazioni litologiche e/o granulometriche locali, considerando i diversi materiali utilizzati per la costruzione degli argini, rispetto ai terreni compresi tra 5 e 11 metri di profondità, individuati nella sezione orizzontale (fig. 5a, b).

### 2.3. Tomografia Elettrica in 3D (Vasca-3)

La disposizione degli elettrodi nello strato di posa del telone impermeabilizzante ha permesso di acquisire i dati geoelettrici per realizzare la tomografia 2D e 3D dei primi metri di terreno al fine di verificare l'eventuale infiltrazione di percolato rispetto alle condizioni esistenti prima dell'inizio della coltivazione della discarica.

I risultati delle condizioni di resistività nello strato di argilla sono riportati in Fig. 7 (Sezione orizzontali).

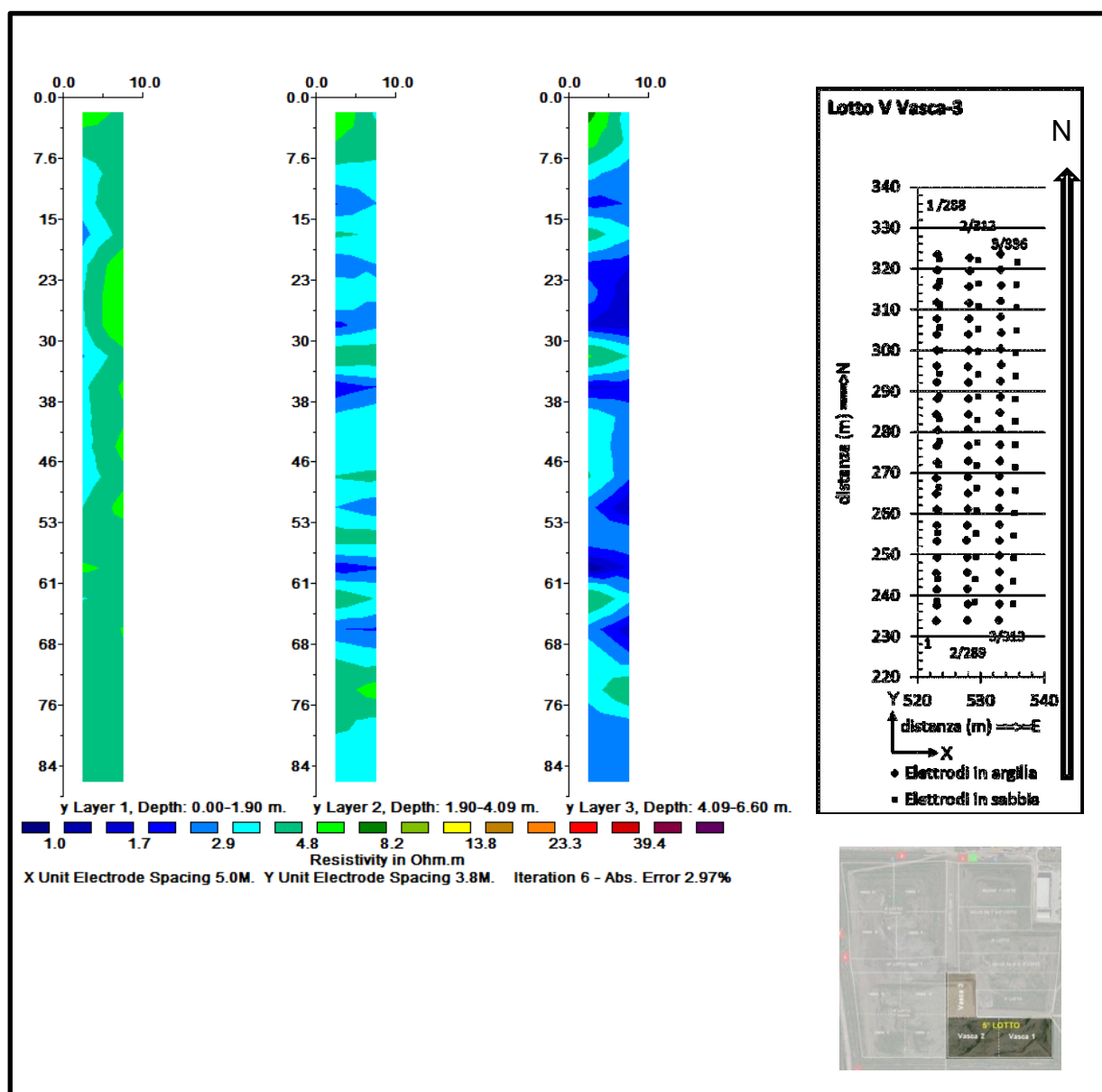


Figura 7: Tomografia elettrica – Sezioni orizzontali a tre profondità: 0 – 1,9 m, 1,9 – 4,09 e 4.09 – 6.6 m dal p.c. [periodo gennaio 2018].

In Fig. 8 si riportano due sezioni verticali dell'area di indagine del Lotto V-3. Le sezioni sono orientati da Nord verso Sud (Fig. 8a,b).

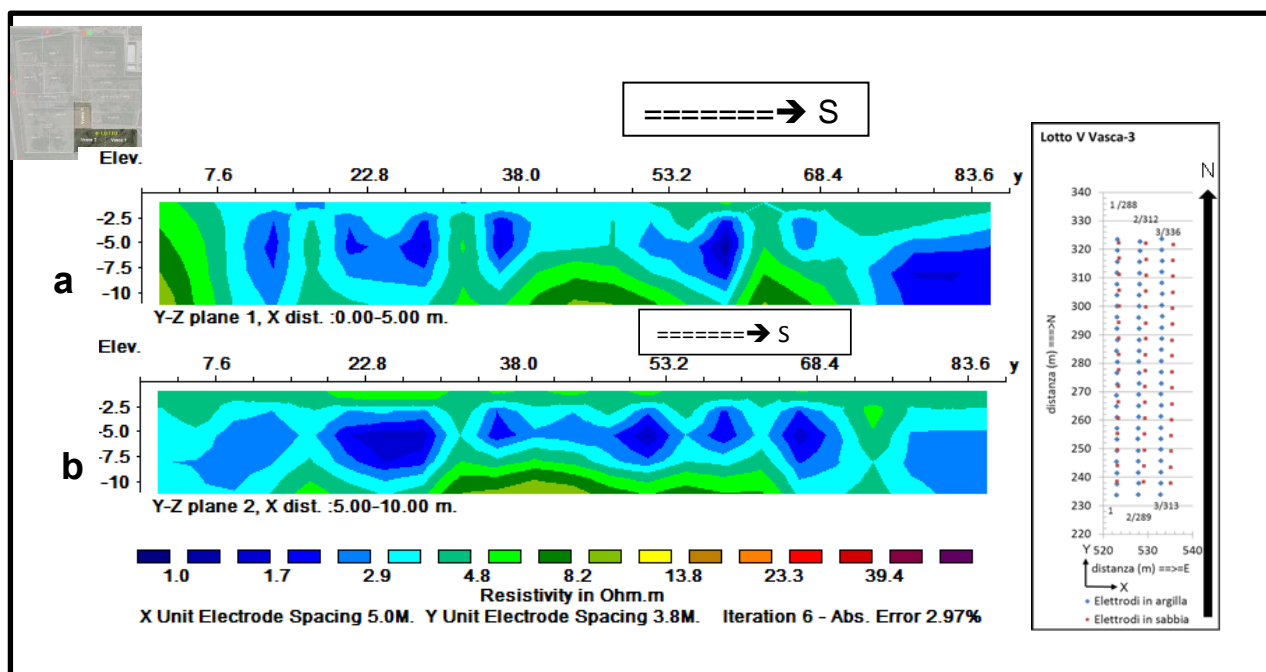


Fig. 8: Tomografia elettrica – Sezioni verticali (a e b). Le due sezioni percorrono questo lotto V-3 in direzione N-S. [periodo gennaio 2018].

I valori di resistività dei primi 2 metri sono simili a quanto riscontrato nel collaudo precedente (luglio 2017) e sono riconducibili allo strato d'argilla. Le differenze di resistività laterale, possono essere riconducibili a variazioni litologiche e/o granulometriche locali, considerando i diversi materiali utilizzati per la costruzione degli argini, rispetto ai terreni compresi tra 5 e 10 metri di profondità, individuati nella sezione orizzontale (fig. 7).

### 3. CONCLUSIONI

Il test di monitoraggio elettrico eseguito in data **24 gennaio 2018** per la verifica semestrale del sistema di impermeabilizzazione delle tre vasche e per la determinazione della resistività elettrica del terreno sotto il **Lotto V** del polo di discarica "CRISPA" per Rifiuti Solidi Urbani sito in Comune di Jolanda di Savoia (FE), ha permesso di ottenere i seguenti risultati.



Nei limiti della tecnica GMS, i risultati ottenuti possono essere così sintetizzati:

51

**Telo superiore:** La misura della differenza di potenziale elettrico ha restituito valori che rispecchiano una situazione di normale distribuzione del potenziale elettrico. Tale condizione permette di affermare che non vi siano state variazioni nelle condizioni di tenuta idraulica del manto impermeabilizzante rispetto al precedente monitoraggio.

**Telo inferiore:** La misura della differenza di potenziale elettrico ha restituito valori che rispecchiano una situazione di normale distribuzione del potenziale elettrico. Tuttavia, sono state rilevate due anomalie (A e B/ Fig. 3) in corrispondenza del limite occidentale della vasca 2 (profilo 1, elettrodi: 13-14, B in Fig. 3) e del limite settentrionale (profilo 4, elettrodi: 94-96 "A" in Fig.3); queste deboli anomalie sono state già riscontrate nei rilievi precedenti.

**Tomografia elettrica:** la resistività elettrica dei primi 6,6 m di terreno sottostanti la geomembrana inferiore in HDPE presenta valori riconducibili alla situazione geolitologica tipica dell'area. Non vengono riscontrati valori bassi di resistività tipici della presenza di percolato. Tuttavia occorre far notare che i valori molto bassi di resistività (1-3 Ohm.m) sono riconducibili alla presenza di sedimenti saturi di acqua salata oppure ad argilla con torba.

Tabella riassuntiva dei risultati del 14 Luglio 2017

<b>Lotto V – vasca-1: stato sistema di controllo GMS</b>		
Pannello di controllo	Elettrodi	Potenziale elettrico
Buono stato	Rilevate sconnessioni di continuità elettrica in due profili (2 e 5).	Valori di potenziale elettrico (telo inferiore) e di potenziale normalizzato (telo superiore) nella norma per tutti gli elettrodi in buono stato di connessione.

<b>Lotto V – vasca-2: stato sistema di controllo GMS</b>		
Pannello di controllo	Elettrodi	Potenziale elettrico
Buono stato	Buono stato in generale.	Sono state riscontrate due deboli anomalie:  1) profilo 4, elettrodi nn. 94-96 già riscontrata nei collaudi precedenti, 2) Profilo 1, elettrodi nn. 13-14 non riscontrata nei collaudi precedenti

<b>Lotto V – vasca-3: stato sistema di controllo GMS</b>		
Pannello di controllo	Elettrodi	Potenziale elettrico
Buono stato.	Buono stato in generale.	Non sono state riscontrate anomalie.

In fede:

24 gennaio 2018