



ISO 9001:2015  
OHSAS 18001:2007

Prot. n. /2021

Lucca, 13.01.2021

Spett.le  
ENKI SRL

**OGGETTO:** INDAGINI GEOFISICHE INTEGRATE, GEOELETTRICHE MULTIELETTRODICHE DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEL SOTTOSUOLO – ATTIVITA' INTEGRATIVE - CIG: Z992FE1943

Con la presente,  
relativamente al servizio di cui all'oggetto affidato alla Vs spett.le società con nostra nota prot. nr. 49712/2020 (Vs prev. del 18.12.2020), si comunica – come da accordi - l'affidamento delle attività integrative indicate nella Vs offerta del 11.01.2021 (acquisita al protocollo aziendale nr. 1153/2021) con la lettera A3 (Goelettrica 3D esecuzione di 2 profili multielettrodisci con 48 elettrodi con spaziatura di 2 m, pari a 188 m) al prezzo di € 1.645,00.

Per il servizio affidato Vi, pertanto, verrà riconosciuto il corrispettivo di cui alla Vs offerta del 11.01.2021 (allegata per accettazione) che annulla e sostituisce quella del 18.12.2020.

Distinti saluti.

Il Responsabile Unico del Procedimento  
Dott. Ing. Caterina Susini  
(Dirigente tecnico)

# MAIL

Data: 11/01/21

Numero di pagine compresa la  
copertina: 8

Da: Enki s.r.l.

Ing. Andrea Mazzetti  
Firenze

A: Spett.le

Sistema Ambiente S.p.A.  
Via delle Tagliate III traversa IV, 136  
55100 Borgo Giannotti – Lucca

Alla c.a. Ing. Caterina Susini

**Oggetto:** Specifica tecnica economica, a prezzi unitari, per indagini geofisiche integrate, geoelettriche multielettrodiche di caratterizzazione ambientale del sottosuolo. –  
Integrazione offerta.

Con l'occasione si porgono distinti saluti.

Enki s.r.l.  
Ing. Andrea Mazzetti

N° C.I.G.

Z992FE1843

ANNULLA E SOSTITUISCE  
IL PREVENTIVO DEL 18/12/2020 -

PER ACCETTAZIONE

FIRMA



TIMBRO  
SISTEMA  
AMBIENTE

Firenze, 11/01/21

Spett.le

Sistema Ambiente S.p.A.

Via delle Tagliate III traversa IV, 136

55100 Borgo Giannotti – Lucca

Alla c.a. Ing. Caterina Susini

**Oggetto:** Specifica tecnica economica, a prezzi unitari, per indagini geoelettriche multielettrode di caratterizzazione ambientale del sottosuolo – Integrazione offerta,

Gentile. Ing. Susini,  
come d'accordo si invia schema descrittivo degli onorari professionali per l'esecuzione di indagini geofisiche integrate di cui :

- Tomografie geoelettriche 2D di caratterizzazione ambientale per la determinazione di profili di resistività e caricabilità del sottosuolo, di supporto alla individuazione di sacche di percolato e/o biogas;
- Tomografie geoelettriche 3D di caratterizzazione ambientale per la determinazione di profili di resistività e caricabilità del sottosuolo, di supporto alla individuazione di sacche di percolato e/o biogas.

## INDAGINI GEOELETTRICHE 2D e 3D

La tecnica di prospezione geofisica non invasiva da noi proposta è la **Prospezione Geoelettrica Multielettrodica (ERT) con misura di resistività e caricabilità**, che sulla base di indicazioni concordate prevede l'esecuzione di 4 stendimenti di cui:

- Tomografie geoelettriche 2D denominati ERT01, ERT02;
- Tomografie geoelettriche 3D denominati ERT03, ERT04.

Gli stendimenti saranno posizionati in cantiere in base alle caratteristiche morfologiche di sito e alla possibilità di porre in opera gli elettrodi in funzione delle pendenze o della presenza di vegetazione particolarmente folta.

In particolare, si evidenzia ove possibile per gli stendimenti allineati gli stessi verranno acquisiti con la tecnica del "roll-along", e permetteranno una copertura integrale della verticale indagata.

Si riporta di seguito descrizione tecnica metodologica del metodo di indagine.

### 1) INDAGINE GEOELETTRICA MULTIELETTRODICA 2D

Permette di ottenere una pseudosezione verticale di resistività a mezzo di quadripolo **WENNER, DIPOLO/DIPOLO E POLO/DIPOLO** e che evidenzia la distribuzione orizzontale e verticale dei valori di resistività.

Normalmente i dispositivi elettrodici impiegati sono il Wenner ed il Dipolo/dipolo.

Intregrado i due dispositivi con il Polo/dipolo si ottengono dati la cui interpretazione congiunta consente una comprensione migliore dei profili elettrostratigrafici del terreno indagato.

Il dispositivo Wenner restituisce pseudosezioni con ottima risoluzione spaziale in senso orizzontale, mentre il dispositivo Dipolo/dipolo e Polo/Dipolo restituiscono pseudosezioni con ottima risoluzione spaziale in senso verticale.

A riguardo della profondità di investigazione e della copertura laterale dei profili geoelettrici multielettrodici, la notevole letteratura esistente in merito e la Ns. diretta esperienza ci permette di indicare dei valori medi della grandezze sopraindicate.

Ponendoci nelle peggiori condizioni ambientali per la realizzazione delle prospezioni, possiamo ipotizzare che la profondità di investigazione sia generalmente intorno al 20% (venti per cento) della lunghezza totale del profilo.

Nel caso ad esempio di un profilo lungo 94 m, è plausibile aspettarsi che la profondità di investigazione sia intorno ai 25/30 m.

Riguardo alla copertura laterale del profilo è invece più difficile indicare dei valori medi attendibili. Ponendoci nuovamente nelle peggiori condizioni ambientali per la realizzazione delle prospezioni, possiamo quantificare la copertura laterale intorno al 5% (cinque per cento) della lunghezza totale del profilo. Per un profilo 94 m, è ipotizzabile quindi ottenere una copertura laterale di circa 4 m.

## **2) INDAGINE GEOELETTRICA MULTIELETTRODICA 3D**

Permette di ottenere una restituzione in termini tridimensionali, volumetrici ed areali, della porzione di sottosuolo indagata all'interno dell'area di indagine, come determinata dalla forma dello stendimento di indagine, che può essere a C, L, U o altra forma da decidere in cantiere.

Le misure di resistività vengono acquisite unicamente a mezzo di quadripolo **POLO/DIPOLO**.

## **3) POLARIZZAZIONE INDOTTA – MISURE DI CARICABILITÀ**

Contemporaneamente all'acquisizione dei dati per la determinazione dei valori di resistività è possibile effettuare delle misure di polarizzazione indotta.

Il fenomeno della polarizzazione indotta è un'espressione delle complesse leggi che regolano il passaggio della corrente elettrica nei corpi conduttori; sinteticamente può essere indicato come la capacità del terreno ad immagazzinare la carica elettrica analogamente ad un condensatore.

Nel caso di materiale polarizzabile, si osserva infatti che al momento in cui viene interrotto il passaggio di corrente, la differenza di potenziale letta ai capi degli elettrodi non raggiunge immediatamente lo zero, ma permane per alcuni secondi o minuti ad una frazione del voltaggio a cui fluiva inizialmente la corrente di energizzazione.

Tale comportamento, una sorta di "inerzia elettrica", viene definito appunto polarizzazione indotta. Sperimentalmente è stato osservato che **i metalli, i terreni argillosi, gli idrocarburi e i composti organici** in genere sono facilmente polarizzabili, permettendo quindi di discriminare la loro presenza nei siti indagati.

Lo strumento da noi utilizzato per la prospezione è il SYSCAL PRO della Iris Instruments che restituisce come misura della polarizzazione indotta il parametro caricabilità.

La caricabilità è così definita:

$$C_{\Delta V} = \frac{1}{V} \int_{t_1}^{t_2} \Delta V dt$$

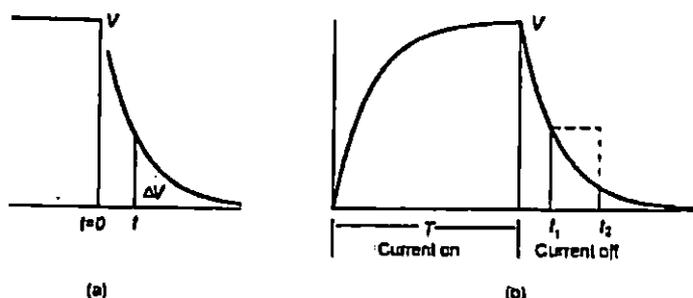
dove

$t_1, t_2$  , tempi di integrazione

$V$  , la tensione al momento dell'interruzione della corrente

$\Delta V$  , valore della tensione al momento del campionamento.

$\Delta V$  è espressa in millivolts,  $V$  in volt e  $t$  in secondi, dimensionalmente quindi la caricabilità è espressa in millisecondi.



**Fig. 1 Fenomeno della Polarizzazione indotta**

Vorremmo evidenziare che il ricorso alle tecniche di indagini precedentemente descritte permette di ottenere delle tomografie geoelettriche di resistività e caricabilità di cui è possibile effettuare l'interpretazione in maniera correlata.

## SCHEMA DELLE ATTIVITA' PROFESSIONALI E DI INDAGINE

- A.1.** Redazione sulla base delle conoscenze geologiche già acquisite e delle indagini geognostiche in progetto, di relazione **geofisica interpretativa** di caratterizzazione del sottosuolo oggetto di studio relativamente alla prospezione geoelettrica e redazione di elaborato grafico interpretativo con ipotesi di sezione geotecnica/ambientale interpretativa dei risultati geofisici;
- A.2. Prospezione geoelettrica 2D di resistività e caricabilità** tarata, pari a 2 stendimenti geoelettrici multielettrodi, con distanza interelettrodi di 2 metri, **con utilizzo di stendimenti multielettrodi composti da 48 elettrodi con acquisizione di dati secondo disposizione elettrodi Wenner, Dipolo/dipolo e Polo/Dipolo.**
- A.3. Prospezione geoelettrica 3D di resistività e caricabilità** tarata, pari a 2 stendimenti geoelettrici multielettrodi, con distanza interelettrodi di 5 metri, **con utilizzo di stendimenti multielettrodi composti da 48 elettrodi con acquisizione di dati secondo disposizione elettrodi Dipolo/dipolo e Polo/Dipolo.**

**IPOTESI DI SPESA**

<b>ATTIVITA'</b>	<b>quantità</b>	<b>Importo unitario</b>	<b>Importo totale</b>
<b>A1</b> 1. TRASPORTO IN ANDATA E RITORNO 2. APPRONTAMENTO STRUMENTAZIONE di MISURA MONITORAGGIO RUMORE ELETTRICO 3. POSA IN OPERA DI ELETTRODI DI INDAGINE SU SUPERFICIE MORFOLOGICAMENTE COMPLESSA 4. REDAZIONE DI RELAZIONE INTERPRETATIVA	1	€ 300,00	€ 300,00
<b>A2</b> GEOELETTRICA 2D ESECUZIONE di 2 PROFILI MULTIELETTRODICI CON 48 ELETTRODI CON SPAZIATURA DI 2 m, pari a 188 m.	188	€ 5,00	€ 940,00
<b>A3</b> GEOELETTRICA 3D ESECUZIONE di 2 PROFILI MULTIELETTRODICI CON 48 ELETTRODI CON SPAZIATURA DI 2 m, pari a 188 m.	470	€ 3,50	€ 1.645,00
<b>SOMMANO</b>			<b>€ 2.885,00</b>

La restituzione interpretativa delle indagini prevederà la restituzione di:

- Relazione geofisica interpretativa con determinazione dei profili elettrostratigrafici del sottosuolo.

I prezzi sopra indicati si intendono comprensivi di ogni onere e spesa, salvo Contributo Previdenziale (4% sull'onorario professionale) e l'IVA di legge (22%), e quanto di seguito indicato, per cui ai fini della realizzazione delle indagini geofisiche sono a Vs. carico:

- Realizzazione di piste di accesso e di calpestio per la realizzazione delle indagini;
- Recinzioni, deviazioni, protezione con personale abilitato, segnaletica, eventuale impianto semaforico per l'esecuzione di lavori in presenza di traffico stradale;
- Sorveglianza di cantiere e segnalazioni;
- Individuazione di un'area da utilizzare per l'installazione dei servizi di cantiere nelle vicinanze delle zone di lavoro.
- Eventuale pulizia e scotico di vegetazione folta per rendere calpestabili le aree di infilaggio dei geofoni.

