SOLUZIONE BREVETTATA

SEE&SHOOT®

PER IL CONSOLIDAMENTO DI **RILEVATI FERROVIARI** MEDIANTE **INIEZIONI MIRATE** DI **RESINE ESPANDENTI**

GEOSEC
GROUND ENGINEERING

INSTABILITÀ RILEVATI FERROVIARI

L'ORIGINE DEL PROBLEMA: NATURALE O ANTROPICA

PRIMA

DOPO

GEOSEC
GROUND ENGINEERING

Ogni intervento parte dalla conoscenza delle cause

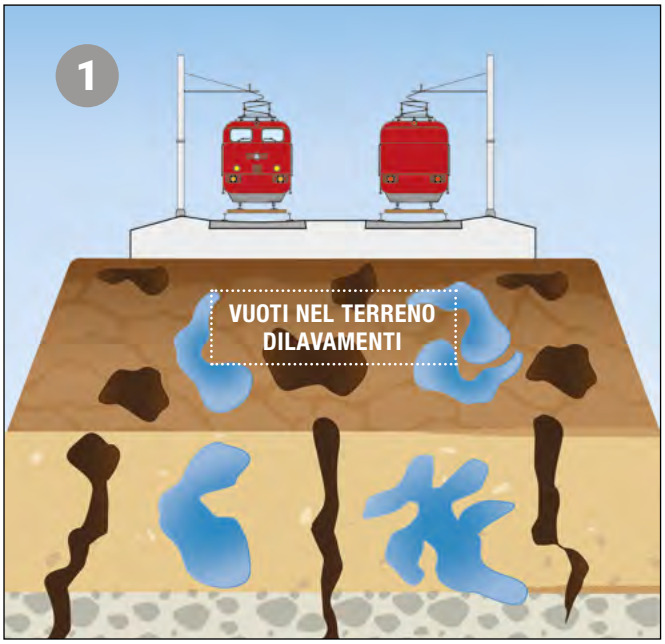
Uno dei principali problemi che l'ingegneria geotecnica deve fronteggiare è quello della realizzazione di rilevati ferroviari su terreni soggetti a fenomeni di cedimento.

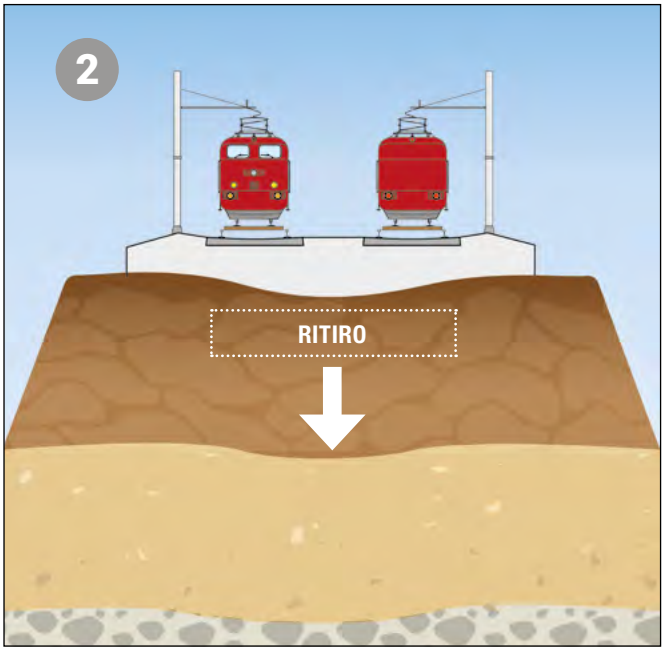
La costruzione di strutture ferroviarie su terreni dalle caratteristiche meccaniche scadenti, infatti, può portare a conseguenti ed importanti fenomeni di instabilità del rilevato che, nella migliore delle previsioni, richiede periodici e tempestivi interventi di ripristino (ad es. rincalzo del ballast) senza che ci sia un'effettiva rimozione delle cause alla base del problema.

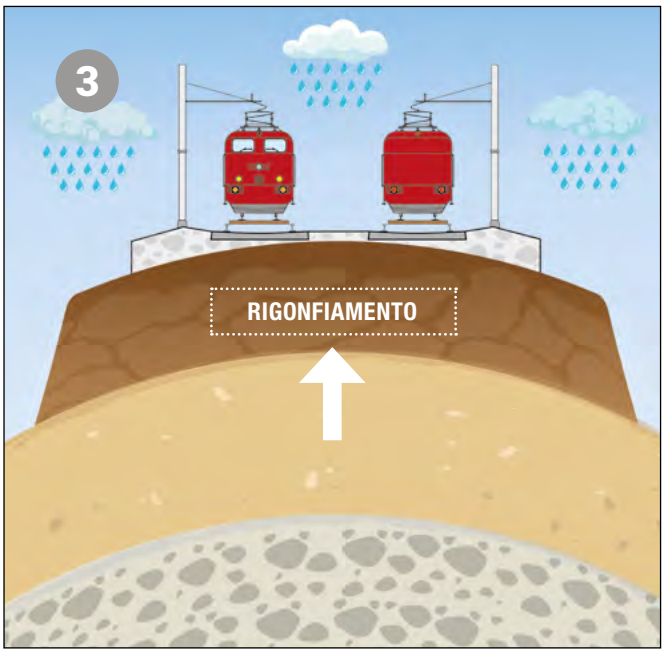
Infatti, la stabilità del rilevato, già classicamente stressata dal peso proprio della struttura e da carichi dinamici legati al traffico ferroviario intenso, può essere ulteriormente aggravata dalla presenza di anomalie che molto spesso riguardano il terreno a costituzione del rilevato stesso.

Nel caso di terreni di natura prevalentemente incoerente:
ingenti quantitativi di vuoti all'interno del terreno, spesso generati da fenomeni di dilavamento delle particelle più fini presenti nella matrice, portano all'insorgenza di fenomeni di cedimento con instabilità del pacchetto di sub-ballast e ballast.

Nel caso di terreni di natura prevalentemente coesiva:
i medesimi fenomeni di instabilità sopra descritti risultano spesso conseguenti all'alternanza dei cicli stagionali di ritiro e rigonfiamento tipici dei materiali a prevalenza argillosa.

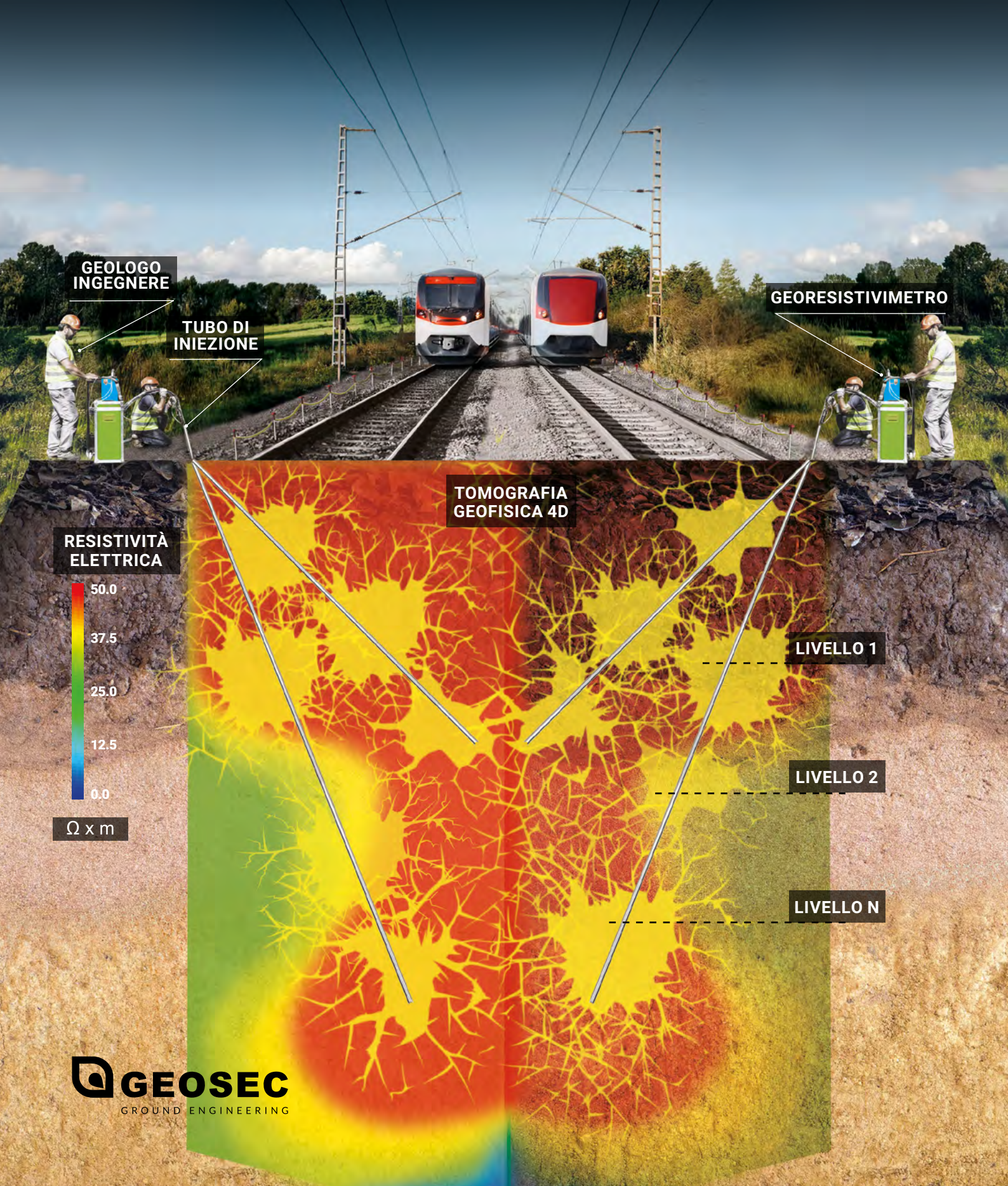






IL METODO INNOVATIVO

CHE HA RIVOLUZIONATO IL **CONSOLIDAMENTO** DEI **TERRENI** MEDIANTE **INIEZIONI MIRATE** DI **RESINE**



GEOSEC
GROUND ENGINEERING

Brevetto GEOSEC: gli inventori del metodo

INVENTORI DEL METODO

Massima precisione e affidabilità

Grazie all'**ERT 4D LIVE** il Team **GEOSEC®** è vantaggiosamente in grado di verificare il corretto consolidamento del terreno potendo vedere cosa accade durante le iniezioni, apportando al momento, proprio dove serve, tutte le misure correttive necessarie.

Un consolidamento omogeneo e stabile

Il sistema di controllo geofisico **ERT 4D LIVE** viene volutamente allargato anche alle zone più stabili sotto alla infrastruttura e prese come utile riferimento. Ciò consente di consolidare le zone cedute, perseguendo condizioni adeguate ed in modo omogeneo proprio ai terreni più stabili.

Tomografia ERT 4D LIVE durante tutto l'intervento

Un occhio elettronico rivolto al terreno che fornisce immagini 4D sequenziali, grazie a potenti rilievi geofisici, eseguiti intorno e sotto alla infrastruttura, sia nelle zone cedute che in quelle più stabili.
Un controllo attento e costante durante tutte le fasi d'intervento.

Ulteriori prove geotecniche comparative

In aggiunta alle indagini geofisiche di tomografia **ERT 4D LIVE** possono essere eseguite ove il contesto operativo lo permette prove penetrometriche comparative, per determinare la variazione di resistenza meccanica in seguito alle iniezioni consolidanti nel terreno.

Tomografia ERT 4D LIVE: la rivoluzione nel settore delle iniezioni

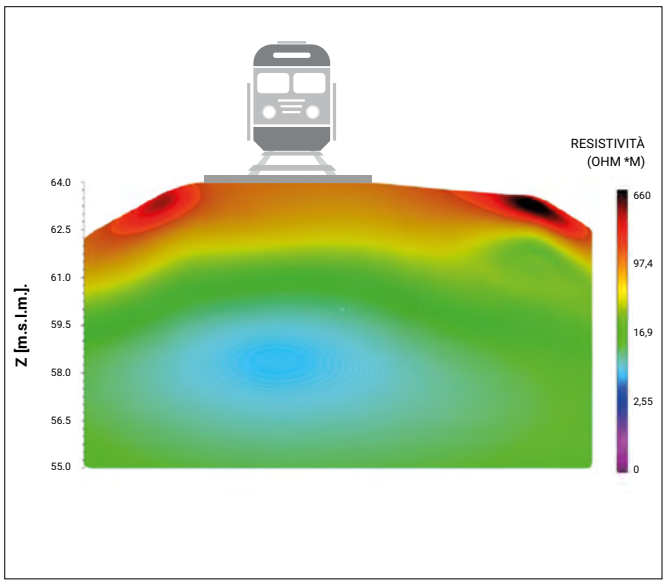
Le moderne tecnologie diagnostiche del terreno, non possono più prescindere dall'utilizzo di queste metodologie di imaging (**ERT 4D**), necessarie per la costruzione di un modello geologico numerico complesso e affidabile. Quando le indagini di tomografia elettrica sono sovrapposte ad altre informazioni, come quelle sulla dinamica nel tempo dei cedimenti strutturali rilevati fuori terra, il rilievo delle opere e degli impianti interrati, prove geotecniche, possono vantaggiosamente aiutare il tecnico sia nella valutazione delle cause che hanno generato il cedimento (es. dilavamenti, ristagni d'acqua etc.), che nel progetto e nel successivo controllo dell'intervento di consolidamento, con iniezione di resine espandenti.
La diagnostica ERT viene eseguita dai bordi del rilevato con stendimenti paralleli alla linea ferroviaria; i georesistivimetri infatti vengono collegati tra di loro senza cavo passante per eseguire misure 2D e 3D multi-trasmettitore.

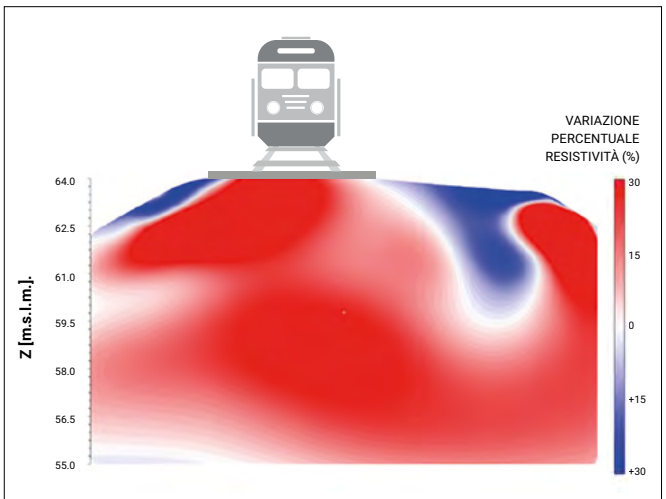
Ma perché affiancare le indagini di tomografia elettrica alle iniezioni nel terreno?

1. Per risolvere un cedimento occorre procedere al consolidamento del terreno. Per questo è assolutamente importante comprendere "come" ottenere un corretto incremento di portanza con effetti duraturi nel tempo.
Perciò risulta vantaggioso poter vedere gli effetti e le variazioni del trattamento in corso d'opera ed essere certi che le anomalie nel terreno siano state mitigate.

2. La tomografia di resistività elettrica è uno strumento efficace per distinguere le diverse stratigrafie e tipologie di terreno, come argille, limi e sabbie. La tecnica di indagine è inoltre utile per differenziare i vari strati del sottosuolo da materiali di natura antropica (ad es. strutture fondali). I risultati di questa analisi producono una serie di immagini sequenziali che non solo offrono una visione dettagliata della natura e dello stato degli orizzonti indagati, ma sono anche un mezzo eccellente per monitorare e valutare l'efficacia di un intervento di consolidamento.

3. Le resine espandenti per iniezione sono, per alcuni contesti, marcatamente di contrasto con il terreno di fondazione e partecipano alla modifica chimico-fisica dei terreni oggetto di consolidamento.





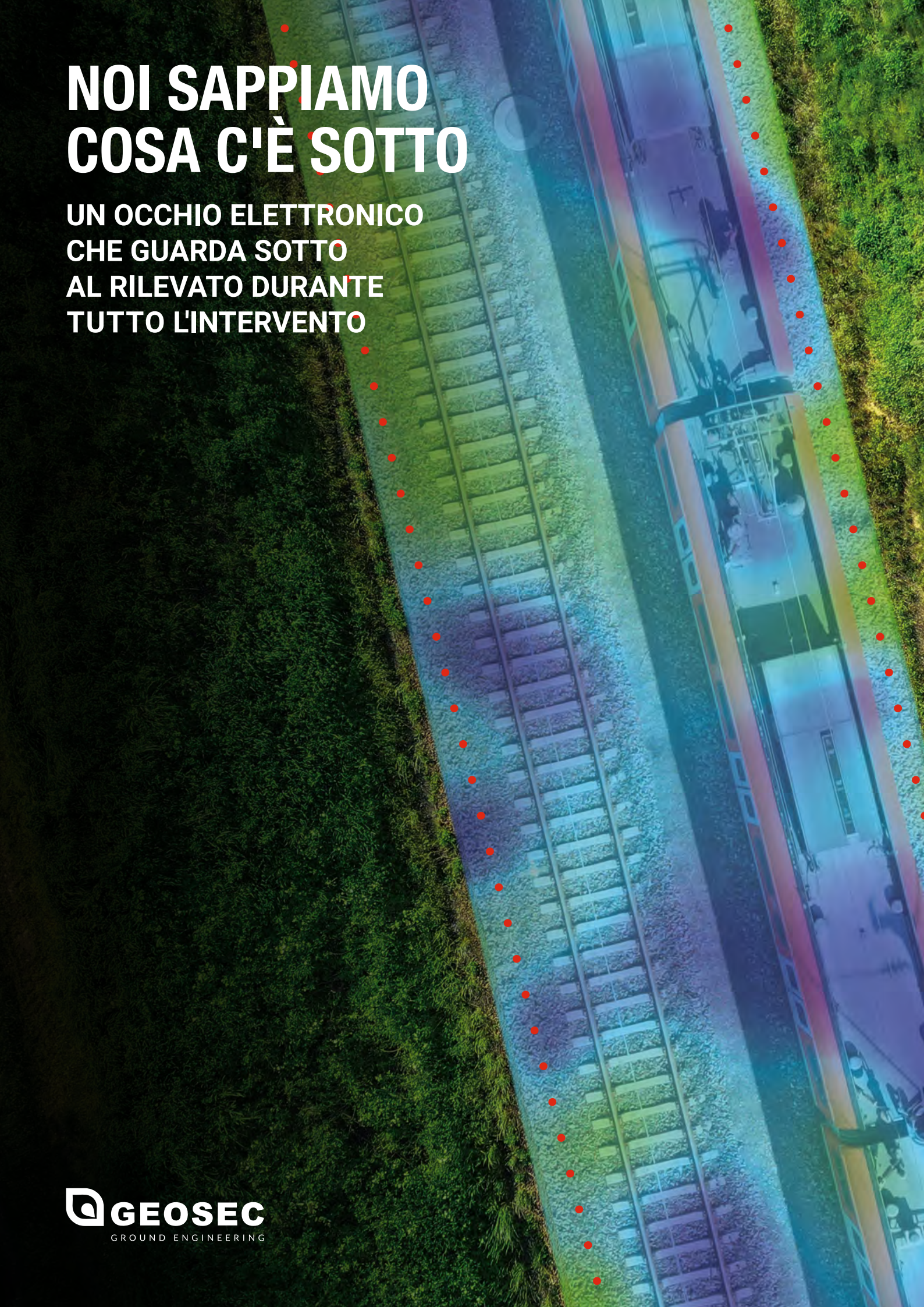
Variazione di resistività elettrica del terreno in seguito a diverse iniezioni (sezione estrapolata da volume 3D)

Nel metodo GEOSEC® l'**ERT 4D** preliminare alle iniezioni consente vantaggiosamente di rilevare proprio quelle anomalie del terreno che sono state causa del cedimento. Nell'immagine a sinistra, il volume celeste identifica una anomalia conduttiva nel cuore del rilevato ferroviario.

A fianco invece è mostrata una sequenza del rilievo ERT proprio durante il trattamento. In particolare, la variazione di resistività del terreno rappresenta invece il miglioramento ottenuto grazie alle iniezioni di resina eseguite in modo mirato e su più livelli di profondità.

NOI SAPPIAMO COSA C'È SOTTO

UN OCCHIO ELETTRONICO CHE GUARDA SOTTO AL RILEVATO DURANTE TUTTO L'INTERVENTO



GEOSEC
GROUND ENGINEERING

Le fasi operative

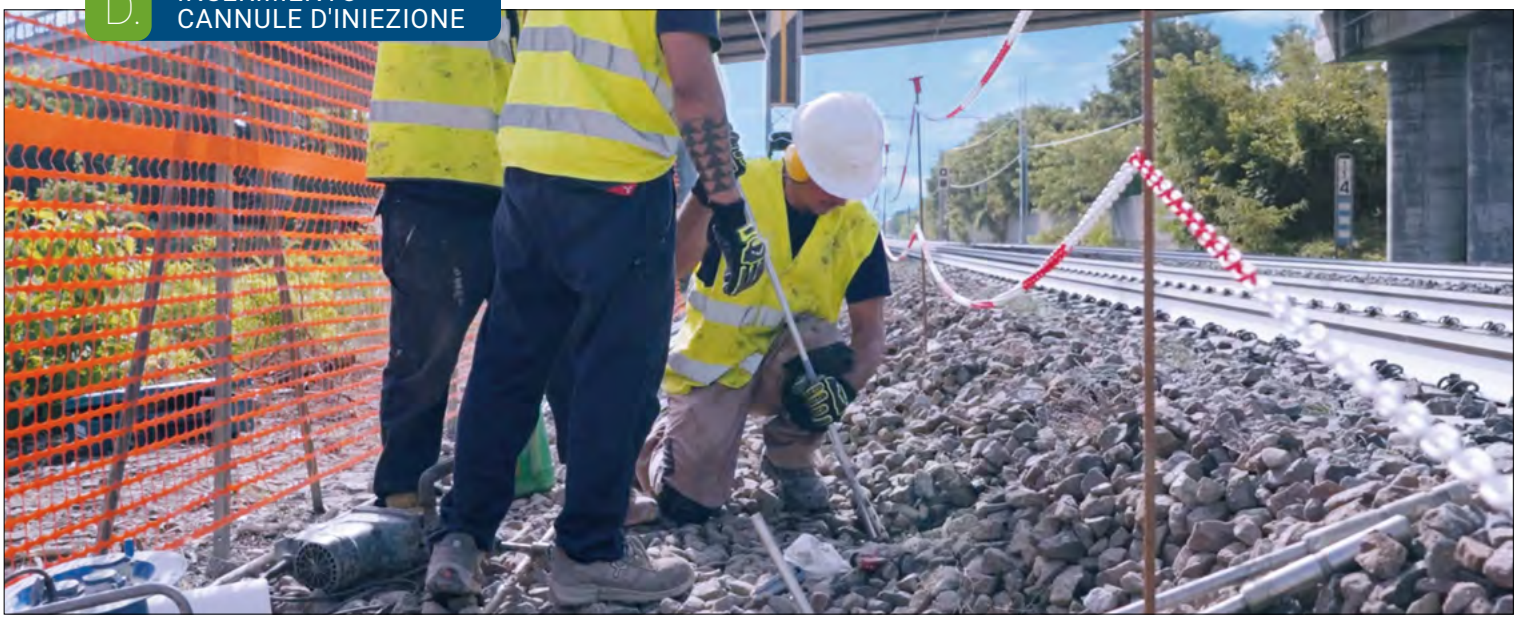
A. ACCANTIERAMENTO E MESSA IN SICUREZZA

B. ESECUZIONE DIAGNOSTICA ERT 3D

C. ESECUZIONE FORI DI INIEZIONE

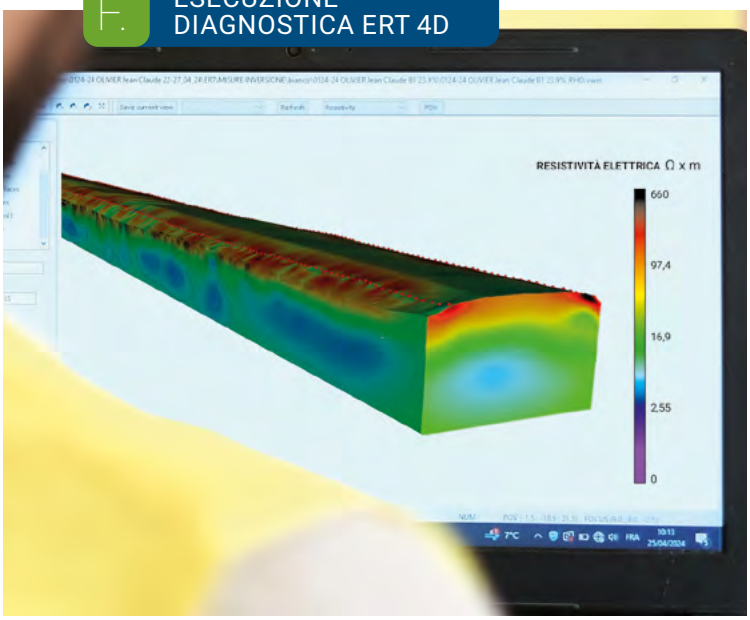
TECNICI SPECIALIZZATI E STRUMENTAZIONI DIAGNOSTICHE SEMPRE IN CANTIERE

D. INSERIMENTO CANNULE D'INIEZIONE



E. ESECUZIONE INIEZIONI

F. ESECUZIONE DIAGNOSTICA ERT 4D



1 Cantiere mini-invasivo rapido e sicuro

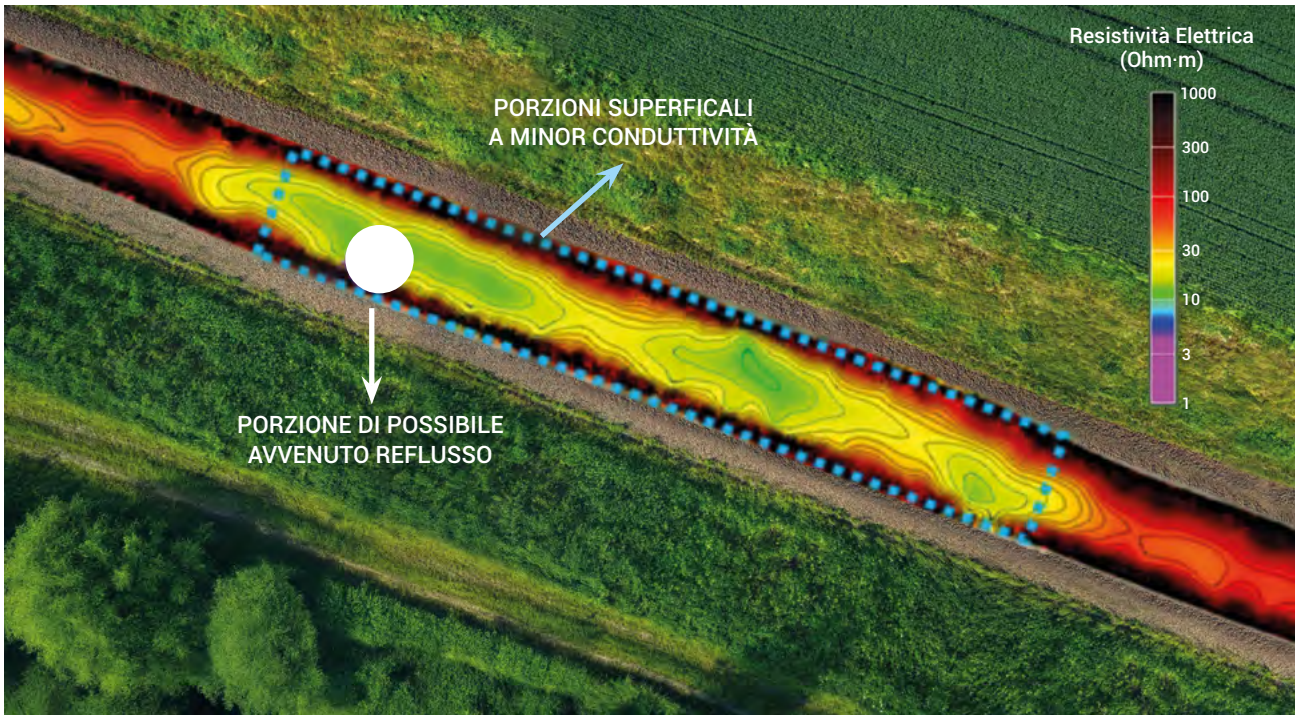
Il camion di iniezione.

Il camion-officina contiene tutta l'attrezzatura necessaria per il consolidamento e può essere posizionato fino a 100 metri dall'area di intervento. Un condotto speciale, infatti, collega l'impianto sul camion direttamente ai punti di iniezione.
Il nostro laboratorio mobile di iniezione è un valore aggiunto anche in termini di invasività dell'area di intervento (riduce al minimo i possibili lavori preparatori come piste di accesso, ottimizza degli spazi di lavoro, et al.) e, di conseguenza, per la velocità di installazione del cantiere e per la sua sicurezza.

Prevenzione e sicurezza.

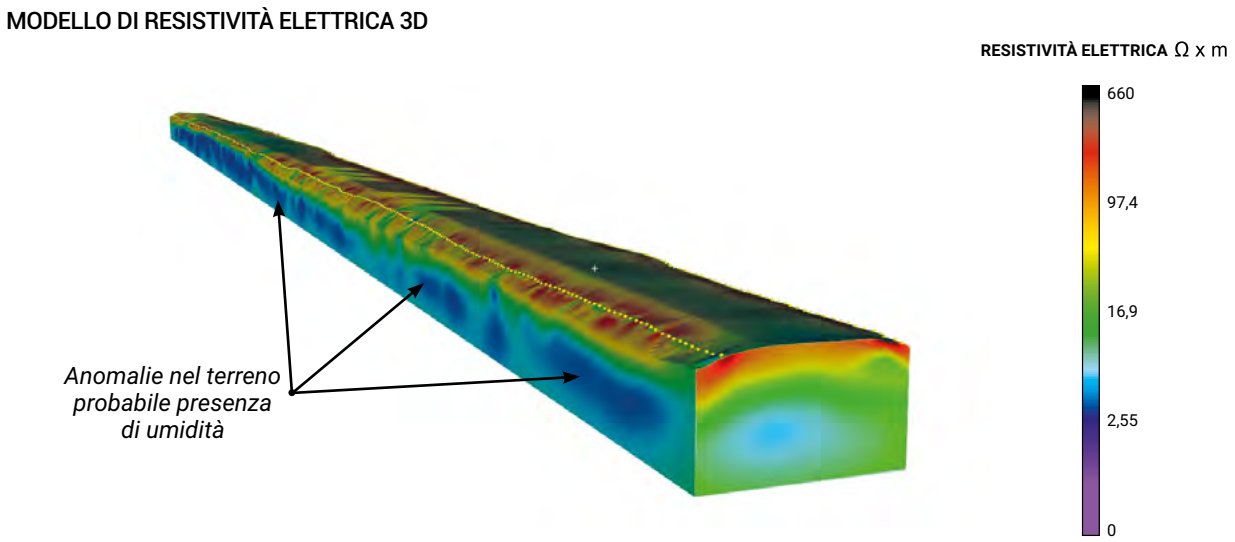
Preliminarmente all'intervento **GEOSEC®** tutta l'area di lavoro viene opportunamente recintata e delimitata al fine di realizzare un corridoio di sicurezza. Anche verso l'alto vengono installate opportune linee di segnalazione e delimitazione in quota al fine di evitare sconfinamenti di attrezzature o materiale nel raggio d'azione dei binari. Particolare attenzione viene rivolta alla sicurezza della infrastruttura in esercizio, nei confronti del traffico ferroviario in corso, attraverso un doppio controllo delle deformazioni e/o degli spostamenti con l'installazione di sensori inclinometrici durante tutta la fase di iniezione.

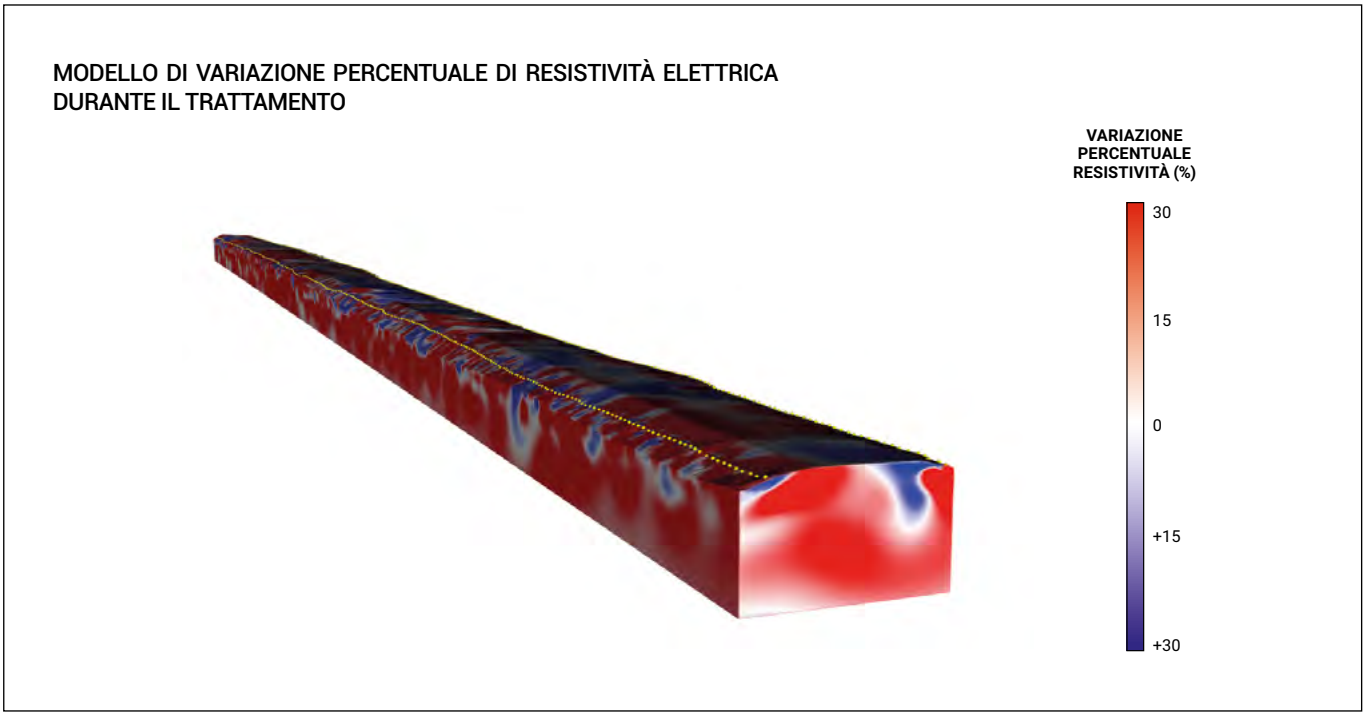
2 Indagini geofisiche d'intervento



L'ERT 4D - tomografia di resistività nel brevetto GEOSEC viene sempre eseguita PRIMA, DURANTE e alla FINE delle iniezioni, questo consente di progettare in modo mirato l'intervento di consolidamento e successivamente verificare con precisione i risultati ottenuti.

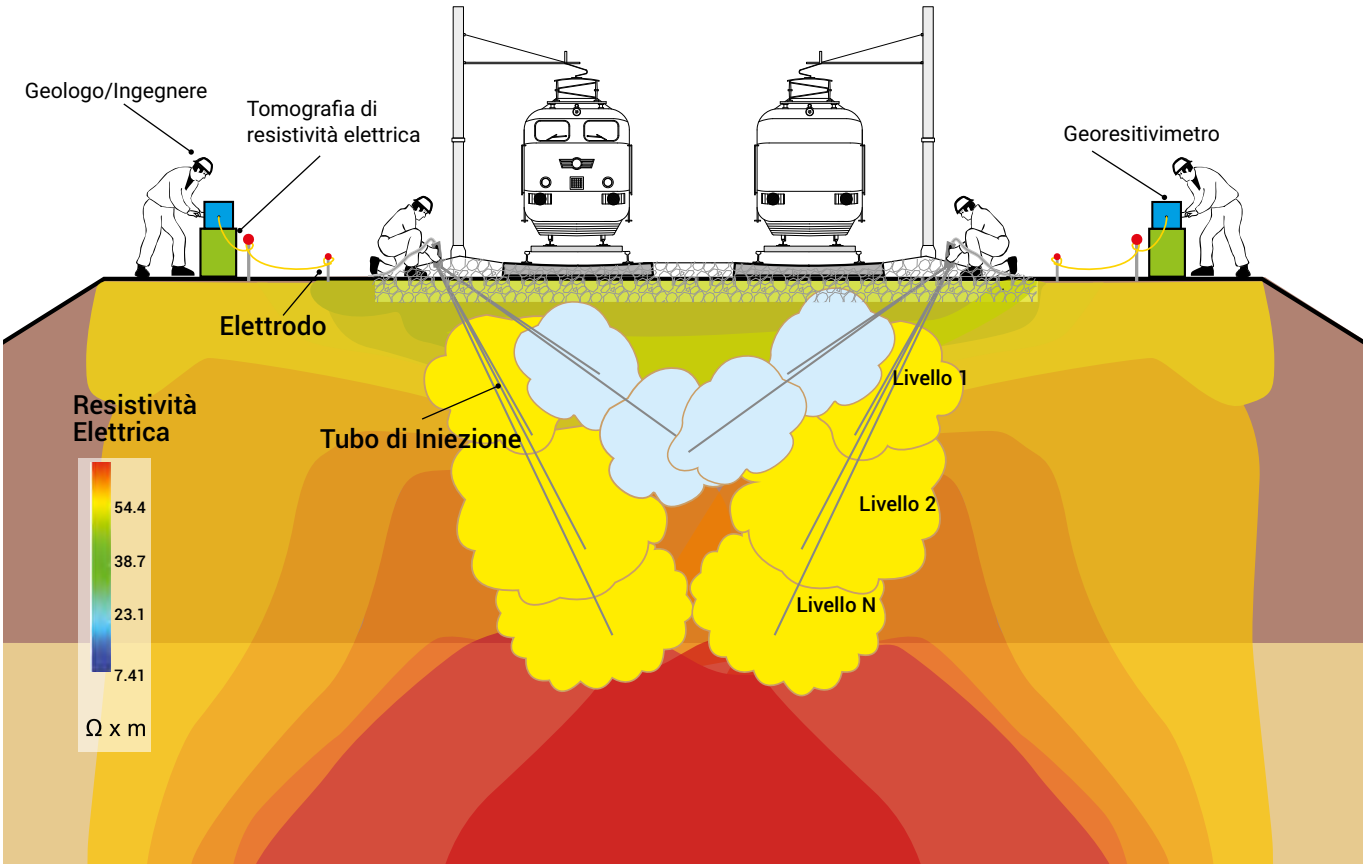
GEOSEC adotta un monitoraggio geofisico del rilevato di tipo mini invasivo, infatti gli strumenti diagnostici non interferiscono con la linea ferroviaria e consentono misure rapide e ripetitive per l'immediata verifica dei risultati ottenuti.





Intervento mirato là dove serve.

Sulla base dei rilievi preliminari ottenuti è dunque possibile definire il progetto mirato delle iniezioni, così da indirizzare il trattamento in modo preciso proprio là dove serve.



3 Indagini per il controllo degli spostamenti.

Tutte le risultanze, abbinate alle altre informazioni sul dissesto e sulla tipologia costruttiva del rilevato e degli impianti, partecipano alla definizione di un modello di lavoro rappresentativo dello stato di fatto ed utile riferimento per la successiva fase di progetto del consolidamento.

In particolare, è possibile installare un sistema di monitoraggio automatizzato degli spostamenti.

Questo sistema prevede l'uso di una serie di inclinometri triassiali wireless posizionati al centro delle traversine del singolo binario, che vengono spostati man mano che le operazioni di perforazione e iniezione procedono.

Sensori inclinometrici

Nell'immagine in basso, un esempio rappresentativo di un sensore triassiale che consente di ricostruire un modello del terreno prima delle iniezioni.

Il sistema è in grado di controllare l'evoluzione della geometria dei binari come:

- **Deformazione longitudinale misurata in "mm" come differenza di quota tra due punti a distanza prefissata localizzati sulla direzione dei binari;**
- **Deformazione trasversale misurata in "%"come variazione di inclinazione di due traversine posizionate alla distanza prefissata per le deformazioni longitudinali.**

I principali valori misurati dal sistema di monitoraggio possono essere:

- Livello longitudinale;
- Livello trasversale;
- Scarto di livello trasversale;
- Sghembo base 3m;
- Sghembo base 9m.

Le caratteristiche peculiari del sistema sono:

- Strumenti ad alta risoluzione e precisione nelle misure grazie a sensori MEMS;
- Pubblicazione dati su un sito web dedicato;
- Allertamento remoto;
- Riduzione dei costi di sorveglianza.

4 Piccoli fori attraversano il rilevato fino alle profondità di progetto

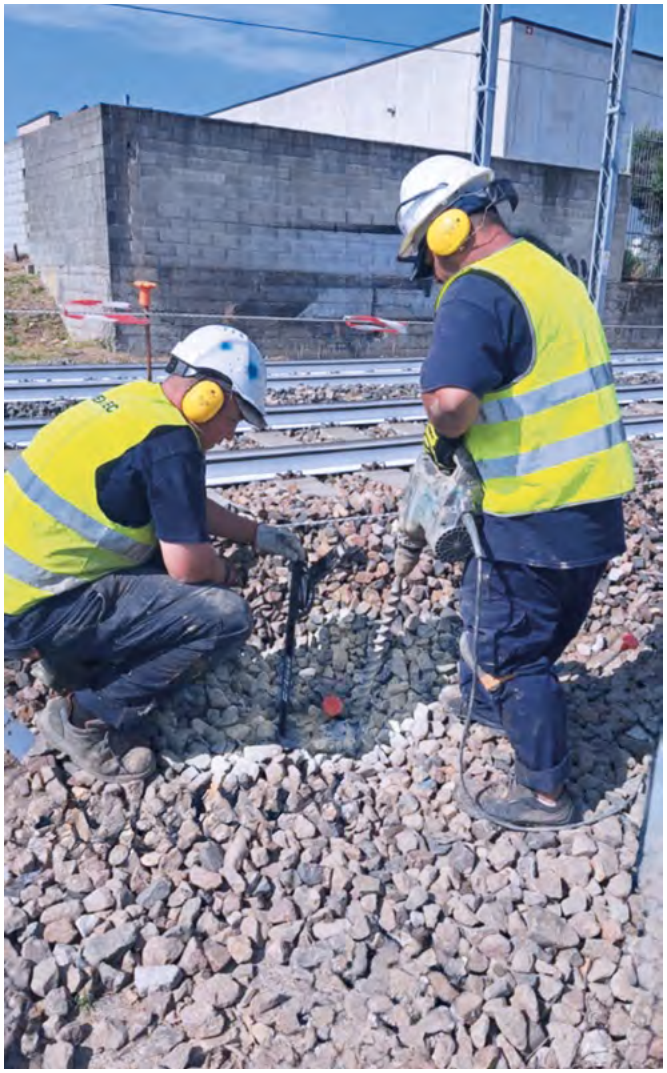
Foratura e infilaggio tubi di iniezione.

Dopo aver messo in sicurezza l'area di lavoro e in base alle immagini diagnostiche del terreno si potranno realizzare mediante trapani manuali dei piccoli fori attraverso le spalle del rilevato.
Tutti i fori infatti sono eseguiti manualmente ovvero senza perforatrici (ove possibile), questo significa ridurre anche i rischi di incidente nel miglioramento delle condizioni di sicurezza sul lavoro (es. in assenza di grandi macchine perforatrici viene quindi anche eliminato il potenziale rischio di ribaltamento sui binari, et al.)
Una volta raggiunta la quota di progetto si potranno inserire i tubi di iniezione per il successivo consolidamento.

Per un consolidamento più profondo ed omogeneo.

In funzione dell'entità degli spessori da consolidare, è possibile prevedere iniezioni multilivello in modo da controllare efficacemente i quantitativi di resina da iniettare ed ottenere un consolidamento omogeno dei volumi oggetto del trattamento.
Negli interventi che prevedono più livelli di iniezione sovrapposti, ove il contesto logistico lo consente, è possibile sfruttare il medesimo canale per raggiungere differenti profondità di trattamento.

Piccoli fori vengono eseguiti attraverso il rilevato ferroviario fino alle profondità richieste e stabilite dal progetto. Queste perforazioni possono essere realizzate anche con un'angolazione specifica, permettendo di operare in sicurezza fuori dall'area dei binari. In questo modo, le interferenze con il traffico ferroviario sono ridotte al minimo.



5 Iniezioni di resina sempre sotto controllo

Tomografia ERT 4D LIVE eseguita prima, durante e dopo il trattamento.

A coprire sia le zone cedute che quelle non cedute e più stabili, queste ultime prese a riferimento durante il consolidamento. Collegato l'impianto con le tubazioni infisse nel terreno, si procede con l'iniezione di una speciale resina eco compatibile ed espandente.

Il trattamento prosegue sempre sotto il costante controllo della tomografia di resistività 4D, grazie ad immagini sequenziali e ripetitive del terreno di ciò che accade sotto alla fondazione.

Queste indagini ERT vengono eseguite dai bordi del rilevato senza interferire con la normale circolazione dei treni.

Così facendo i tecnici specializzati GEOSEC® sono in grado di verificare con precisione ciò che accade nel terreno e di apportare al bisogno ogni necessaria modifica all'intervento, per un consolidamento ottimale.

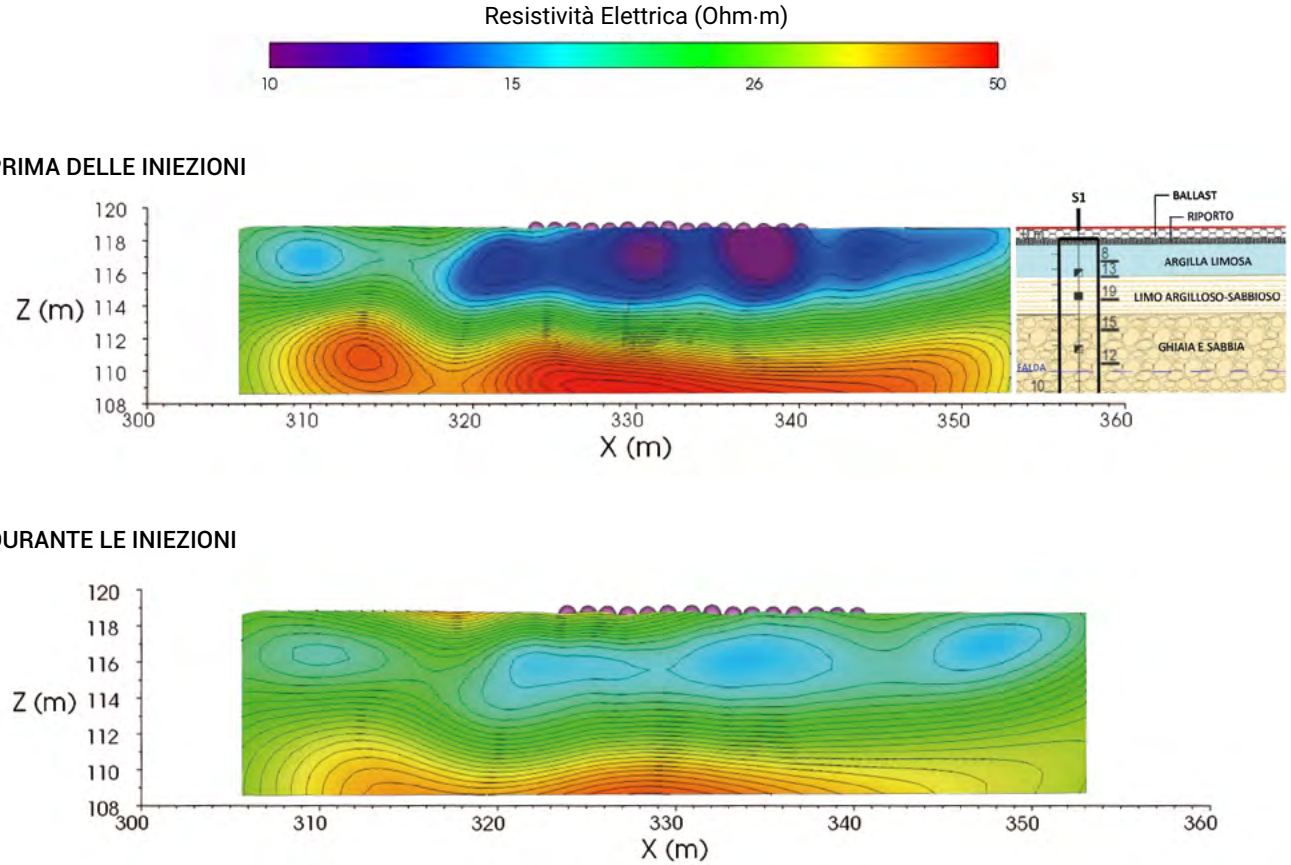
La resina poliuretanica utilizzata **MAXIMA®** di **GEOSEC®** è caratterizzata da tempistiche di polimerizzazione molto lente, adatte alla permeazione nei terreni. Tale aspetto, unito alle basse pressioni di iniezione impiegate, limita e riduce notevolmente il rischio di sollevamenti impropri della struttura.

6 Validazione finale dell'intervento

Per un trattamento omogeneo ed equilibrato.

Grazie ad un esclusivo software di calcolo realizzato appositamente per gli interventi **GEOSEC®**, è possibile rilevare in corso d'opera la variazione di resistività del terreno oggetto di consolidamento.

Le iniezioni proseguono fino a che le **zone di terreno cedute non raggiungono valori di resistività simili o vicini a quelli delle zone più stabili**, oppure fino a che non saranno più rilevati miglioramenti apprezzabili in conformità con il progetto esecutivo.



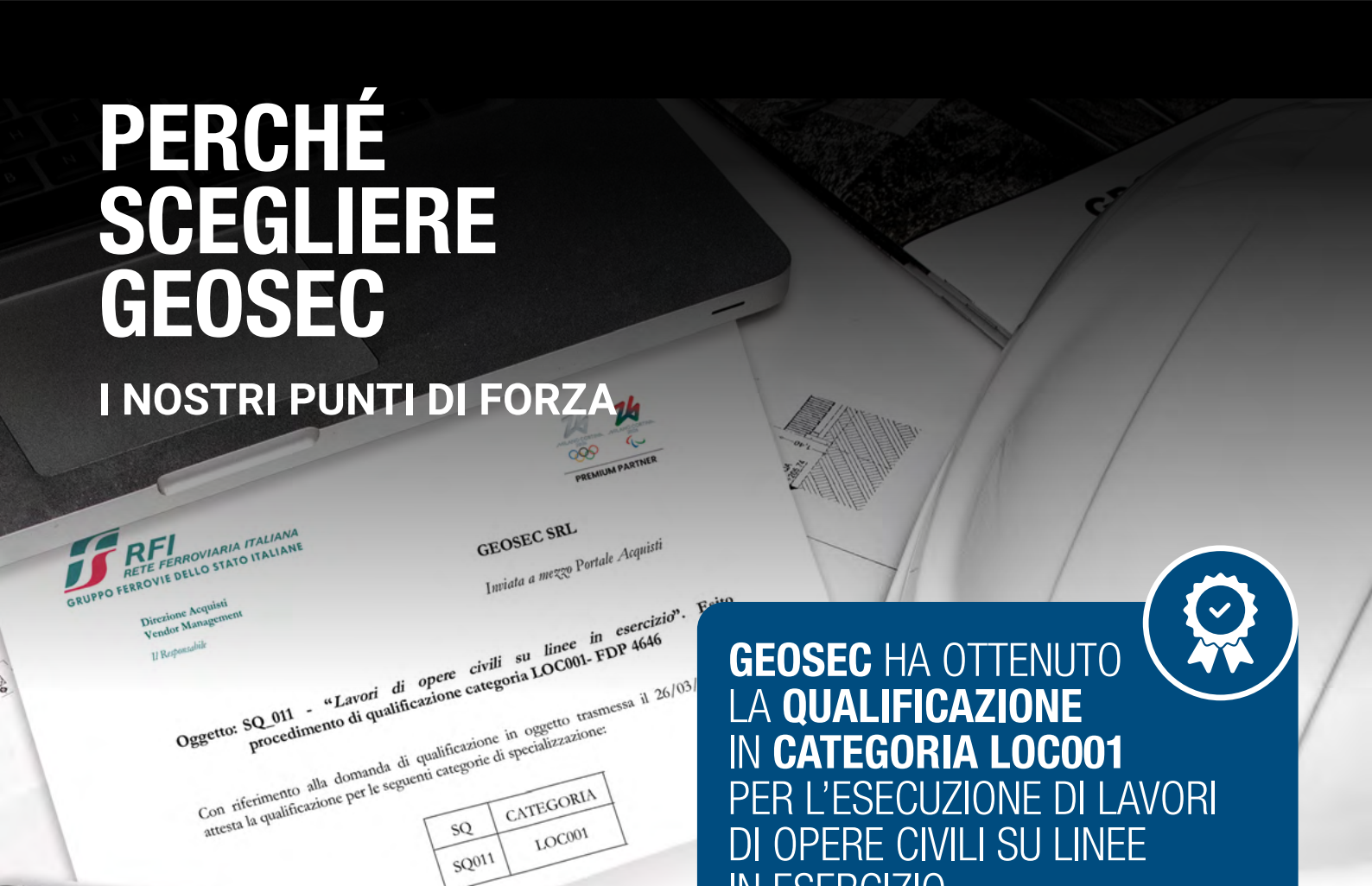
Volumi del terreno che hanno subito una variazione di resistività durante il trattamento

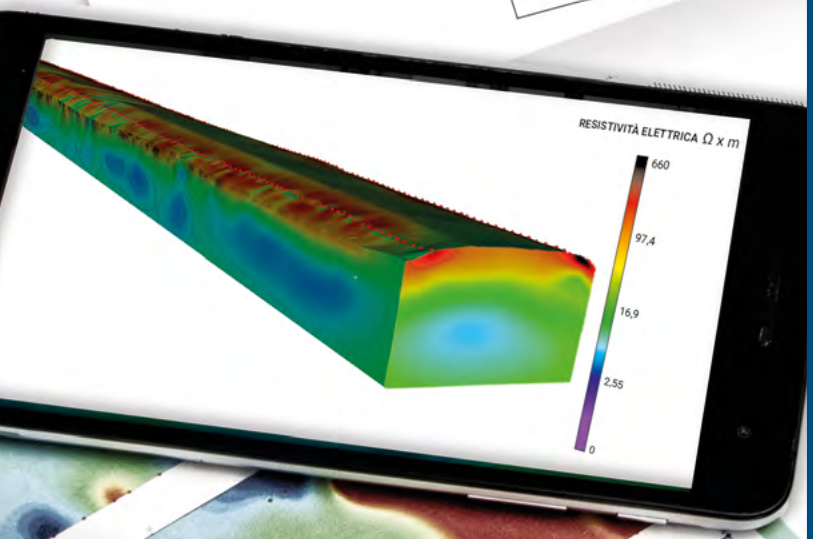
Tempi di esecuzione - produttività:

1000 ml di rilevato ferroviario in **2,5 mesi**

PERCHÉ SCEGLIERE GEOSEC

I NOSTRI PUNTI DI FORZA





GEOSEC HA OTTENUTO LA **QUALIFICAZIONE** IN **CATEGORIA LOC001** PER L'ESECUZIONE DI LAVORI DI OPERE CIVILI SU LINEE IN ESERCIZIO.

La Qualificazione LOC-001 definisce i requisiti minimi essenziali, relativi alla capacità tecnica, produttiva e all'organizzazione aziendale della qualità, richiesti per l'esecuzione di Opere Civili alla sede ferroviaria. I lavori inclusi in questa categoria di specializzazione riguardano attività di manutenzione ordinaria e straordinaria nonché interventi di miglioramento delle prestazioni e della sicurezza della sede ferroviaria. Tali interventi comprendono quindi anche i consolidamenti dei rilevati ferroviari e in generale, rientrano nella categoria tutte le opere che costituiscono parte integrante del corpo stradale ferroviario o che ne garantiscono la sua stabilità nel tempo.

RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Direzione Acquisti
Vendor Management
Il Responsabile

GEOSEC SRL
Inviata a mezzo Portale Acquisti

PREMIUM PARTNER

Oggetto: SQ_011 - "*Lavori di opere civili su linee in esercizio*". Esito procedimento di qualificazione categoria LOC001- FDP 4646

Con riferimento alla domanda di qualificazione in oggetto trasmessa il 26/03/2024, si attesta la qualificazione per le seguenti categorie di specializzazione:

SQ	CATEGORIA	CLASSE DI IMPORTO
SQ011	LOC001	Cl. 1 Fino a Euro 500.000,00

QUALIFICAZIONE IN CATEGORIA **LOC001**

GEOSEC
GROUND ENGINEERING

SCEGLI L'ORIGINALE

SOLUZIONI BREVETTATE E CERTIFICATE

GEOSEC® ha inventato il metodo e garantisce da oltre 20 anni la più importante esperienza applicativa di settore grazie a più di 40.000 interventi eseguiti con successo. Con GEOSEC® avrete la sicurezza di affidarvi alla conoscenza, alle tecnologie e alle competenze che sono proprie dell'inventore del metodo.

TOMOGRAFIA "ERT 4D LIVE" IN TIME LAPSE

Tecnologia unica nel suo genere per la massima affidabilità e miglior precisione d'intervento. Grazie al metodo brevettato GEOSEC®, le iniezioni sono finalmente controllate in corso d'opera nel terreno per sapere ciò che accade sotto alla costruzione durante il consolidamento.

INTERVENTI VELOCI E MINI INVASIVI

L'approccio GEOSEC® garantisce interventi di consolidamento mirati ed efficaci caratterizzati da una mini-invasività e progettati per ridurre al minimo le interruzioni al servizio e al traffico ferroviario.

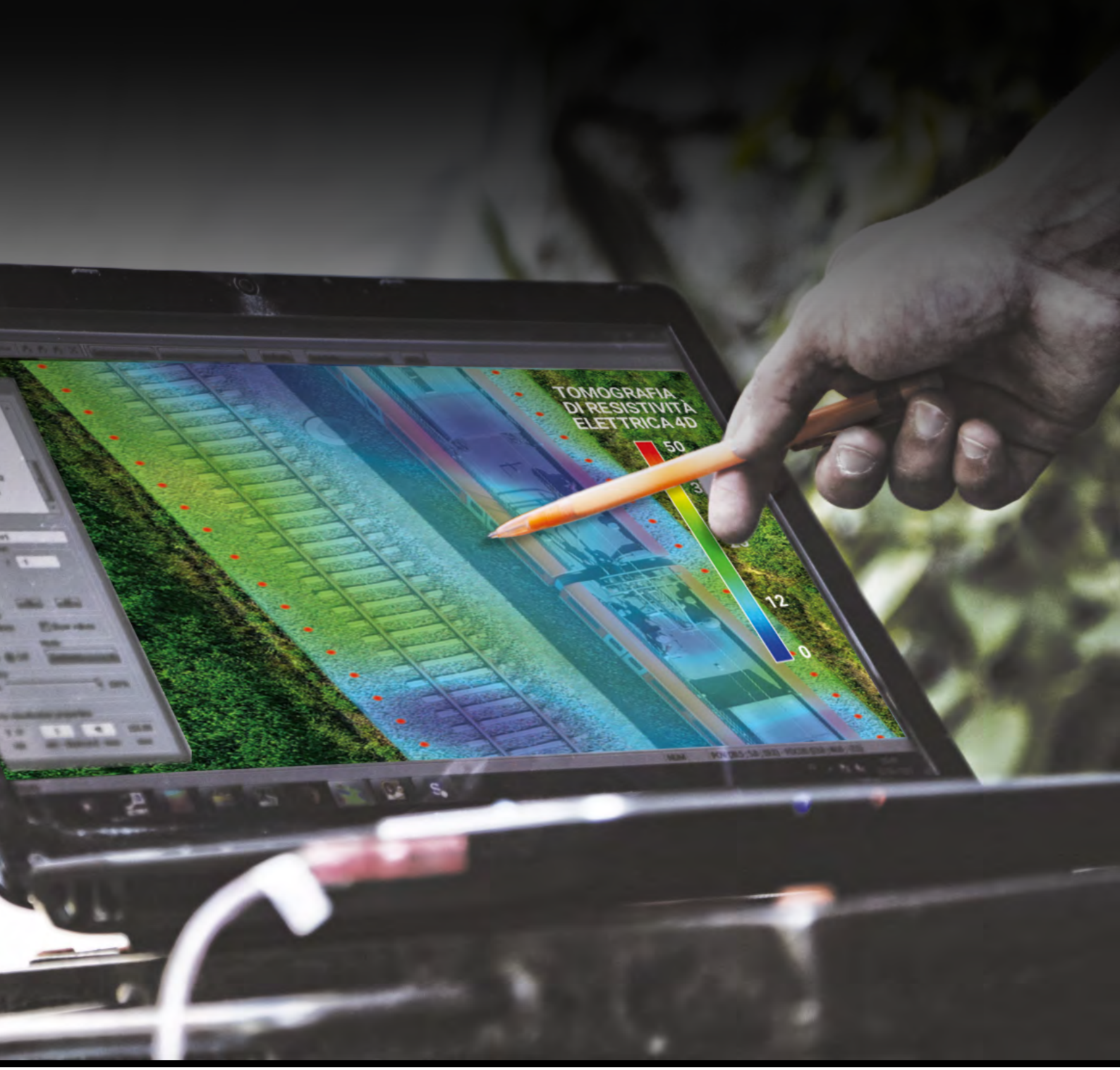
RESINA ECO-COMPATIBILE

GEOSEC® è attenta all'ambiente e il terreno dopo il trattamento rimane non inquinato. MAXIMA® è la resina prodotta in esclusiva per GEOSEC® da qualificate multinazionali del settore.

GARANZIA POSTUMA DEGLI INTERVENTI

QUALITÀ GARANTITA

Questa di GEOSEC® è una soluzione unica nel suo genere, qualificata da prestigiose certificazioni tecniche nazionali ed estere e corredata da garanzia decennale, con possibilità di estensione a quella assicurativa postuma, grazie alla collaborazione con compagnie internazionali di primaria importanza.



VUOI SAPERNE **DI PIÙ**?

CONTATTACI LIBERAMENTE E SENZA IMPEGNO,
UNA RETE DI TECNICI SPECIALIZZATI IN TUTTA ITALIA
È A TUA COMPLETA DISPOSIZIONE.

GEOSEC srl - Via Mercalli 2/a - Parma 43122 - Italy

© Copyright GEOSEC 2025

SOPRALLUOGO E PREVENTIVO GRATUITI

Servizio Clienti
800.045.645
www.geosec.it

GEOSEC
GROUND ENGINEERING