



La ditta **PRO.GEO.**, nata nel 2005 come Pro.Geo. s.a.s. dalla collaborazione del Dott. Geol. Leonardo Moni, del Dott. Geol. Amerino Pieroni e del Dott. Geol. Alessio Biagioni, si è trasformata in Pro.Geo. s.r.l. nell'Agosto 2012.

La società opera nel rispetto delle procedure riconosciute e adottate a livello nazionale e internazionale, con personale altamente qualificato e con idonee attrezzature proprie, in grado di far fronte alle più svariate esigenze nel settore delle indagini geognostiche, geotecniche, ambientali e geofisiche; il personale tecnico cura la redazione di consulenze geologiche, geotecniche e ambientali, fornendo con competenza ed esperienza la risposta più adeguata alle esigenze della propria clientela.

I servizi offerti si rivolgono in particolare a professionisti, studi tecnici, imprese e pubbliche amministrazioni, all'interno dei seguenti campi di principale interesse:

- costruzioni civili e industriali;
- realizzazione di infrastrutture pubbliche;
- monitoraggio e sistemazione di dissesti franosi;
- messa in sicurezza di aree ad elevata pericolosità geomorfologica ed idraulica;
- adeguamento antisismico di strutture esistenti;
- pianificazione urbanistica e microzonazione sismica;
- ricerca, corretto utilizzo e tutela delle risorse idriche.

Le indagini svolte consistono principalmente nelle seguenti:

- **prove penetrometriche** dinamiche e statiche, effettuate con penetrometro dinamico medio (DPM), penetrometro dinamico superpesante (DPSH) e penetrometro statico da 200 kN di spinta (CPT, CPTU), per la ricostruzione di stratigrafie geologiche, la definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, il rilievo del livello di falda attraverso l'installazione di piezometri, ecc.;

- **indagini sismiche**: prospezioni sismiche di superficie con tecnica a rifrazione in onde P e SH, prospezioni sismiche in foro di sondaggio con tecnica "down-hole" e "cross-hole" in onde P e SH, prove sismiche multicanale MASW ⁽¹⁾, indagini di sismica passiva tramite tecnica ESAC ⁽²⁾, misure di microtremore ambientale a stazione singola (metodo HVSR - Nakamura) ⁽³⁾ conformi alle normative di riferimento sulla microzonazione sismica (Protocollo SESAME); le indagini sismiche

(1) Multichannel Analysis of Surface Waves = Analisi Multicanale delle Onde Superficiali.

(2) Extended Spatial Autocorrelation = Metodo esteso di autocorrelazione spaziale.

(3) Horizontal to Vertical Spectral Ratio = Rapporto Spettrale tra componenti Orizzontale e Verticali (H/V).

sopra descritte, elaborate singolarmente o in forma congiunta, permettono una corretta ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo, la determinazione della profondità del substrato roccioso e la determinazione della categoria di sottosuolo, in ottemperanza a quanto previsto dal *D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”*;

- **indagini geoelettriche**, tramite stendimenti multipolari, con tecniche Wenner, Schlumberger, polo-dipolo, dipolo-dipolo ed elaborazione tomografica, per la ricostruzione delle caratteristiche del sottosuolo attraverso il parametro fisico della resistività elettrica; tali indagini permettono di studiare la permeabilità dei terreni per indagini idrogeologiche, di ricostruire i modelli di corpi acquiferi, di rilevare lo spessore dei depositi di argilla o di ghiaia, di mappare la presenza di inquinanti conduttivi e rilevare cavità e cunicoli in terreni conduttivi;

- **monitoraggi geologici, ambientali e sulle strutture:**

- monitoraggio di versanti in frana, rilevati, dighe, ecc., attraverso letture inclinometriche;
- monitoraggio del livello di falda acquifera attraverso misure piezometriche;
- monitoraggio ed analisi di vibrazioni: monitoraggio dinamico di strutture civili ed industriali, controllo di attività di cava, cantieri, traffico veicolare, ecc., in conformità alle normative di riferimento (UNI, DIN);

- **indagini idrogeologiche**, per la difesa del sistema idrico superficiale e sotterraneo ed il corretto e razionale utilizzo della acque sotterranee, in coerenza con i principi fondamentali della vigente normativa;

- **indagini ambientali**, con l'obiettivo di conoscere in maniera approfondita e contestualmente conservare e proteggere le risorse ambientali nel loro complesso, secondo un equilibrato rapporto di valori, recuperando inoltre, laddove possibile, le situazioni di degrado e deterioramento ambientale esistenti.

La **PRO.GEO.** s.r.l., inoltre, si avvale di uno staff di geologi in grado di garantire l'assistenza geologica di cantiere per l'esecuzione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo, l'effettuazione di prove SPT in foro, il prelievo di campioni indisturbati, la realizzazione di prove di permeabilità in foro (prove Lefranc, prove Lugeon), l'installazione di piezometri, il rilievo ed il monitoraggio della falda acquifera.

TIPOLOGIA DI INDAGINI

PROVE PENETROMETRICHE

1. Prove penetrometriche dinamiche (DPM – DPSH)
2. Prove penetrometriche statiche (CPT)
3. Prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU)



Penetrometro statico-dinamico PAGANI TG 63-200

1. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

- **Penetrometri in dotazione:**

- TECNOTEST TP223: penetrometro dinamico medio (DPM, classificazione ISSMFE 1988), dotato di centralina oleodinamica con motore a scoppio 4 tempi - 3,5 HP. Peso del maglio 30 kg; punta a sezione di 10 cmq ed angolo di apertura 60°.
- PAGANI TG 63-200: penetrometro statico-dinamico superpesante (DPSH, classificazione ISSMFE 1988), semovente ed auto-ancorante, dotato di centralina oleodinamica con motore a scoppio 4 tempi - 18 HP. Peso del maglio 63,5 kg; punta a sezione di 20 cmq ed angolo di apertura 90°.

Le prove penetrometriche dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro estrema semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

2. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante (2 cm/sec). Nelle prove con la punta meccanica Begemann, le grandezze Q_c (resistenza in punta), F_s (attrito laterale) e Q_t (resistenza totale) vengono misurate per mezzo di una cella di carico e visualizzate sul display della scheda elettronica di acquisizione.

Spinta penetrometro statico Pagani TG63-200: 200 kN.

Sia nel caso di prove penetrometriche dinamiche, sia nel caso delle prove penetrometriche statiche, è possibile inserire nel foro di prova un tubo piezometrico per la successiva e periodica misura del livello di falda acquifera.

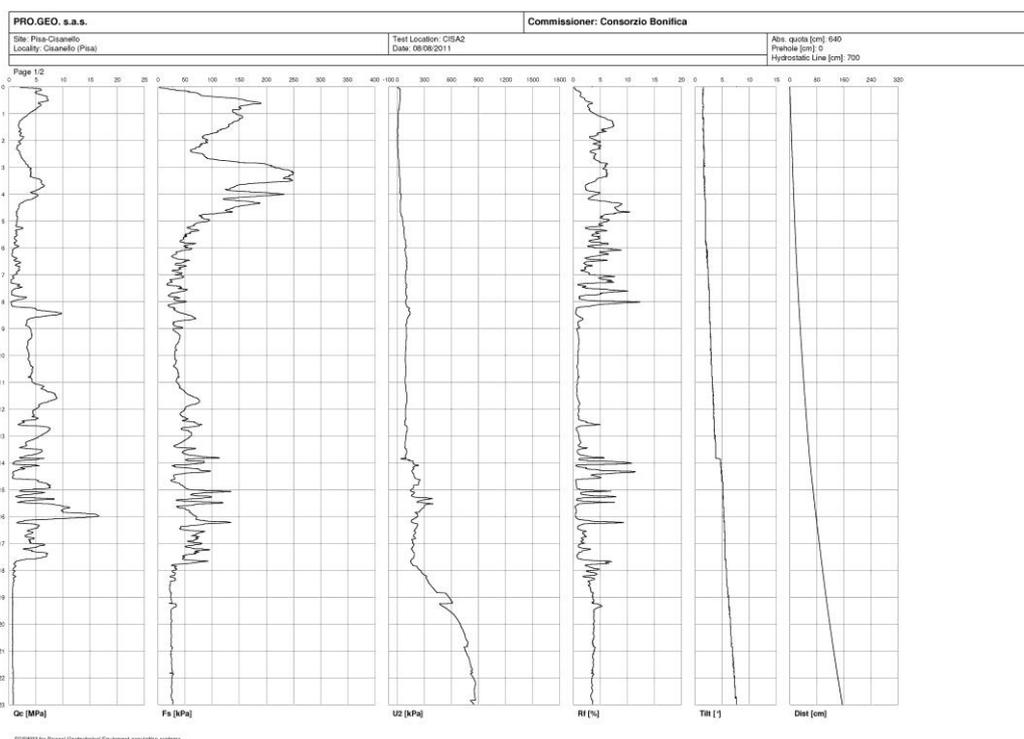
3. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PIEZOCONO (CPTU)

Il Penetrometro statico Pagani TG63-200 può essere attrezzato con piezocono, punta conica dotata di sensori che permettono la misura della resistenza alla punta (Q_c), dell'attrito laterale (F_s), della deviazione dalla verticale (Tilt) e delle pressioni interstiziali ($U_2 = U_0 + \Delta u$).

I dati ottenuti con le prove penetrometriche statiche con piezocono risultano migliori, sia in termini di precisione di misura, sia come frequenza di campionamento; in tali prove, infatti, è possibile acquisire, durante il movimento di spinta, la misura in continuo (ad ogni centimetro di profondità) delle grandezze Q_c (resistenza in punta) ed F_s (attrito laterale), a differenza dei 20 centimetri di passo di lettura ottenibili con la prova statica con punta meccanica di tipo Begemann.

Al tempo stesso, l'inclinometro alloggiato nella punta stessa permette di misurare la deviazione dalla verticale e di correggerne gli errori conseguenti.

La punta conica, inoltre, è dotata di elemento poroso di acciaio posizionato attorno al cono (filtro), il quale permette di misurare e registrare la pressione interstiziale dei pori (U_2), sia in continuo durante l'avanzamento delle aste, sia ad una determinata profondità rispetto al piano di campagna. La misura delle pressioni interstiziali è molto importante in terreni sotto falda perché permette il calcolo della permeabilità e della natura del terreno stesso.



Grafici di visualizzazione dei dati registrati durante la prova penetrometrica CPTU

Oltre alla determinazione della stratigrafia, la prova CPTU permette l'esecuzione della prova di dissipazione, attraverso la quale è possibile ricavare una stima delle caratteristiche di permeabilità e di consolidazione dei terreni attraversati.

La prova di dissipazione viene eseguita sotto il livello di falda, registrando il tempo impiegato per la dissipazione delle sovrappressioni createsi durante l'infissione della punta conica.

La dissipazione ha inizio con l'arresto dell'infissione e la registrazione nel tempo della pressione interstiziale (U_2); questa inizia a decrescere dal valore iniziale (U_1) verso il valore di equilibrio corrispondente alla pressione idrostatica (U_0). Dalla velocità di dissipazione è possibile ricavare il coefficiente di consolidazione correlato alla compressibilità e alla permeabilità del terreno.

Attrezzatura per prova CPTU (in dotazione al Penetrometro Pagani TG63-200):

Sistema di acquisizione TGA06: permette di acquisire i dati registrati dalla punta conica.

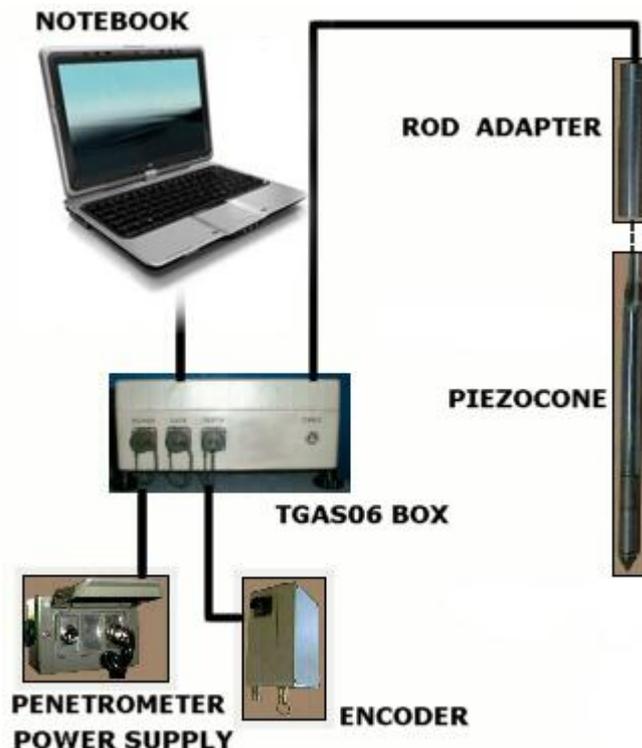
Encoder (trasduttore di profondità): anch'esso collegato al sistema TGA06 e reso solidale al sistema di spinta, fornisce la profondità reale della punta e la velocità di avanzamento.

Alimentazione elettrica: il sistema viene alimentato elettricamente dalla batteria del penetrometro, tramite una presa montata di serie.

Adattatore per aste: collega meccanicamente il piezocono alle aste di spinta.

Software TGSW03: permette la registrazione e la visualizzazione dei dati in tempo reale su PC collegato, in modo tale da poter seguire la prova e visualizzare eventuali anomalie.

| Caratteristiche del Piezocono | | | |
|--------------------------------|------------------|--------------------------|---------------------|
| Canali di misura: | | Dimensioni: | |
| Resistenza di punta (q_c): | 10; 50 o 100 MPa | Angolo di apertura cono: | 60° |
| Attrito laterale (f_s): | 0,5 MPa | Diametro: | 36 mm |
| Pressione nei pori (U): | 2,5 MPa | Sezione di spinta: | 10 cm ² |
| Inclinazione: | 0 - 40° | Superficie laterale: | 150 cm ² |
| | | Peso: | 3,5 kg |
| | | Lunghezza: | 855 mm |



INDAGINI SISMICHE

1. Prospezioni sismiche di superficie con tecnica a rifrazione in onde P e SH.
2. Prospezioni sismiche in foro di sondaggio con tecnica “down-hole” e “cross-hole” in onde P e onde SH.
3. Prove sismiche MASW (Analisi Multicanale delle Onde Superficiali).
4. Prove sismiche passive tramite tecnica ESAC (Metodo esteso di autocorrelazione spaziale).
5. Misure di microtremore ambientale a stazione singola (metodo HVSr - Nakamura), conforme alle normative di riferimento sulla microzonazione sismica (Protocollo SESAME).

Sismografo in dotazione: Geometrics GEODE

Caratteristiche tecniche del sismografo:

| | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| Registrazione | Configurabile da 3 a 24 canali |
| Risoluzione | 24 bit |
| Larghezza di banda di ingresso | 1,75 Hz – 20.000 Hz |
| Intervalli di campionamento | Selezionabili da 0,02 msec a 16 msec |
| Range dinamico di sistema | 144 dB (110 dB misurato a 2 msec) |
| Distorsione | 0,0005% |
| Accuratezza del trigger | 1/32 del passo di campionamento |
| Alimentazione | BATTERIE ESTERNE A 12 VOLT |
| Unità centrale di controllo | Collegamento con PC notebook |



Sismografo Geometrics GEODE collegato a PC portatile

1. PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE CON ONDE P E ONDE SH

Con la prospezione sismica a rifrazione è possibile ricostruire un modello del sottosuolo, sia dal punto di vista geologico-strutturale, sia geotecnico, attraverso una parametrizzazione elastica dei materiali.

Questa tecnica sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o “di compressione e dilatazione”) e delle onde trasversali (onde SH o “di taglio”) per determinare lo spessore e l’andamento dei diversi strati del terreno.

La prospezione consiste nel generare nel terreno un'onda sismica di compressione o di taglio, utilizzando una sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, cannoncino sismico, ecc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo, dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (*geofoni*), seguendo le leggi di rifrazione (Legge di Snell), cioè considerando le rifrazioni che l'onda stessa subisce in corrispondenza delle superfici di separazione tra due strati sovrapposti aventi densità (ovvero moduli di elasticità) crescenti con la profondità.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (*geofoni*) che vengono spazati lungo un determinato allineamento (*base sismica*) e da un cronografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono.

Dalla distanza tra il punto di scoppio e quelli di ricezione e dalla misura dei tempi di primo arrivo si ricavano i grafici tempi – distanze (*dromocrone*), dai quali è possibile ottenere, tramite programmi di calcolo, le velocità delle onde elastiche longitudinali (V_p) o trasversali (V_{sh}) dei vari strati del sottosuolo, il loro spessore, la profondità, la forma e l'inclinazione.

Modalità di energizzazione

Come sorgenti energizzanti vengono utilizzate le seguenti:

| TIPO DI ONDA | SORGENTE DI ENERGIZZAZIONE |
|---|--|
| onde P longitudinali (di compressione e dilatazione) | - cannoncino sismico industriale; - mazza da 6 Kg con piastra di battuta solidale al terreno. |
| onde SH trasversali (onde di taglio) | - traversina in legno solidale al terreno, mazza da 6 Kg o maglio di battuta da 30 kg fissato a pendolo. |



Sistema di energizzazione per onde trasversali SH

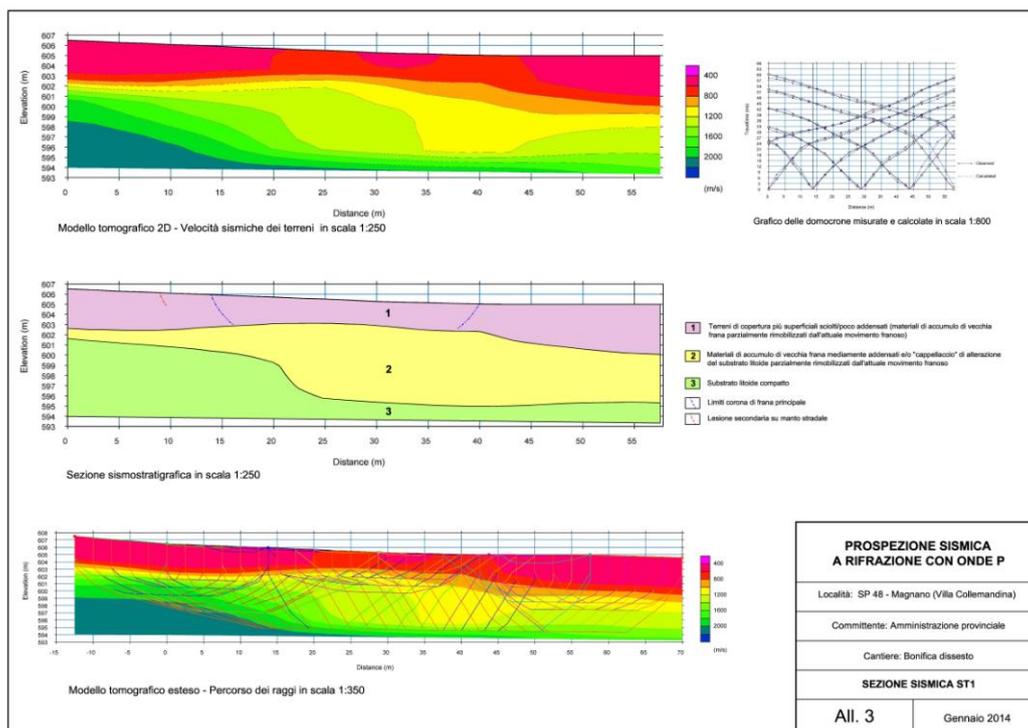
Apparecchiature di ricezione

Per la ricezione dei segnali, nella prospezione sismica a rifrazione di superficie, vengono utilizzati 24 geofoni verticali GS20DM con frequenza propria di 14 Hz o 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, per le onde P e 24 geofoni orizzontali, con frequenza propria di 14 Hz, per le onde SH.

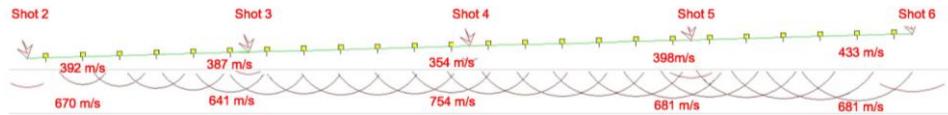
Elaborazione e restituzione dei dati

I dati acquisiti mediante prospezione sismica a rifrazione vengono elaborati attraverso programmi di calcolo e restituiti mediante due principali metodologie:

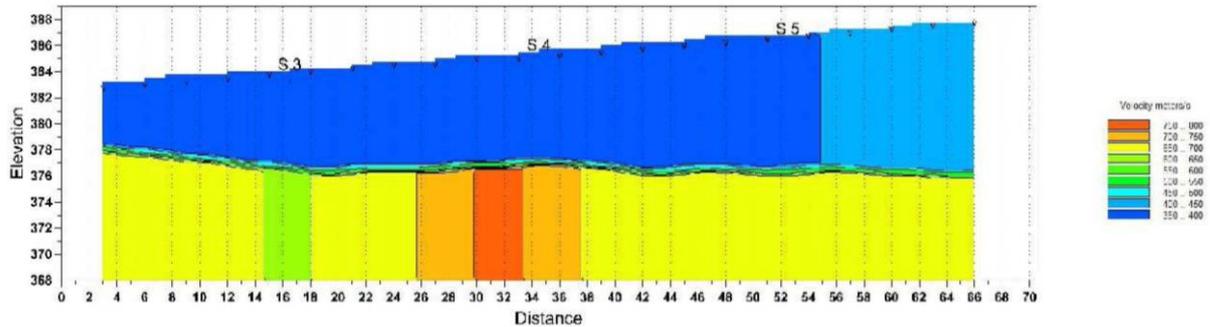
- metodo tomografico;
- metodo reciproco generalizzato (*Generalized Reciprocal Method – GRM – Palmer, 1980*).



Esempio di restituzione dei dati di sismica a rifrazione attraverso il metodo tomografico



Profilo sismico GRM in scala 1:300



GRM method depth computation
 Profilo sismico GRM - Velocità sismiche dei terreni in scala 1:400

Esempio di restituzione dei dati di sismica a rifrazione attraverso il metodo GRM (Palmer, 1980)

2. PROSPEZIONI SISMICHE IN FORO CON TECNICA "DOWN-HOLE" (ONDE P - SH)

Le prove sismiche in foro di sondaggio "Down-Hole" vengono eseguite con lo scopo di misurare la velocità delle onde sismiche dirette, che si propagano dalla superficie nel terreno in profondità, dalle quali risalire alle proprietà meccaniche ed elastiche dei terreni.

Il terreno viene energizzato in superficie, in prossimità della testa foro e la registrazione avviene in foro grazie ad un geofono triassiale ancorato a profondità via via crescenti. In particolare, tale geofono registra gli spostamenti (tradotti sotto forma di impulsi elettrici) lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x, y, z).

Le onde sismiche vengono generate con le medesime tecniche utilizzate per la sismica a rifrazione ed esposte nel paragrafo precedente, energizzando il terreno sia in direzione verticale, sia in direzione trasversale (parallelamente al suolo); nel primo caso vengono generate prevalentemente onde compressive (onde P), che si propagano in profondità e vengono registrate al meglio dal geofono verticale (asse z). Nel secondo caso verranno generate prevalentemente onde di taglio (onde SH) visibili principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente (assi x e y).

Per migliorare il rapporto fra l'energia dell'onda compressiva P e l'energia dell'onda trasversale SH a favore di quest'ultima, si realizza una doppia energizzazione orizzontale con verso opposto (metodo cross-over). La sottrazione delle forme d'onda relative a queste due acquisizioni, riduce sensibilmente la componente compressiva presente nel segnale

Attraverso il sistema di acquisizione (sismografo Geode), infine, viene registrato l'istante di primo arrivo del treno d'onde a ciascuna profondità (solitamente ogni metro).

Conosciuta la distanza tra la sorgente ed i ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P e SH) in corrispondenza della verticale di misura.

Strumentazione in dotazione per la sismica "down-hole" in foro

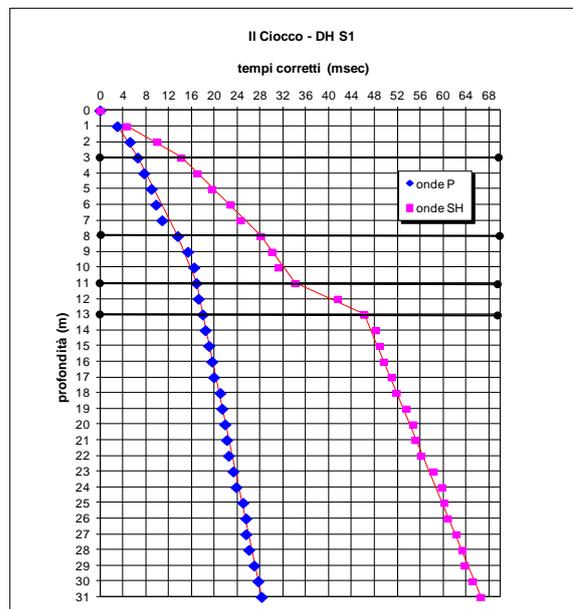
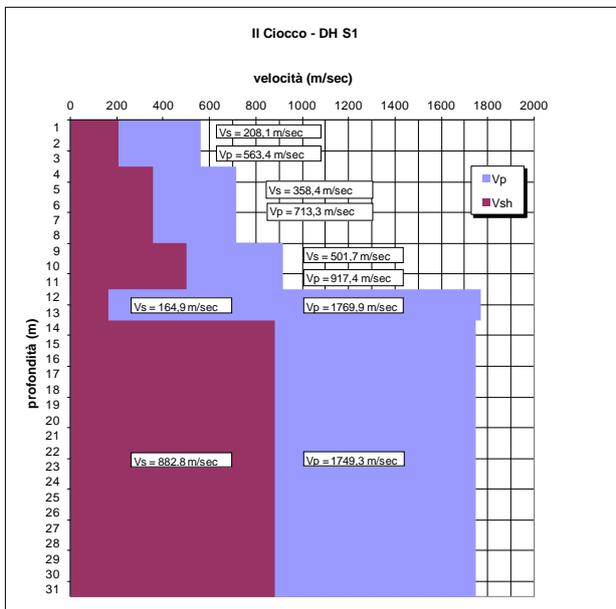
- Sismografo Geometrics GEODE (24 ch - 24 bit), le cui caratteristiche tecniche sono riportate al precedente punto riguardante la sismica a rifrazione.
- Computer portatile per registrazione dei dati di campagna.
- Cavo di collegamento multiconduttore per geofono da foro.
- Unità di controllo da superficie BHGC-4.
- Geofono triassiale da foro Geostuff BHG-3, a frequenza propria di 15 Hz, munito di sistema di ancoraggio meccanico motorizzato e bussola elettronica per l'orientamento.



*Strumentazione di acquisizione per prova sismica "down-hole" in foro:
Sismografo GEOMETRICS GEODE - Unità di controllo BHGC-4 - PC portatile*



Geofono triassiale GHOSTUFF BHG-3 per prova sismica "down-hole"



Esempio di restituzione dei dati derivati dalla prova sismica "down-hole"

3. PROVE SISMICHE MASW (ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI)

Le prove sismiche MASW sono molto utilizzate per la determinazione del profilo verticale di velocità delle onde trasversali (V_s) e conseguentemente della categoria di sottosuolo sismico, definita in base ai valori del parametro $V_{s_{eq}}$ (velocità equivalente), così come richiesto dal *D.M. 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni")*, dal momento che offrono una serie di vantaggi:

- forniscono il profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) per 30 m di profondità ed oltre;
- sono caratterizzate da un elevato rapporto affidabilità/costi;
- non sono invasive, non occorrendo eseguire perforazioni;
- non comportano alcun danneggiamento allo stato dei luoghi e delle cose;
- offrono rapidità e facilità di esecuzione e di elaborazione dei dati;
- il trasporto delle attrezzature per l'esecuzione delle prove è agevole ed il loro ingombro molto limitato.

Per contro le indagini MASW hanno pochissime limitazioni, la principale delle quali consiste nell'approssimazione del modello stratigrafico del terreno a strati piani e paralleli; per questo tale tecnica di prospezione sismica fornisce risultati meno precisi e va usata con maggiore accuratezza ed attenzione in situazioni caratterizzate da forti variazioni stratigrafiche laterali ed irregolarità accentuate del profilo topografico.

L'acronimo MASW sta per *Multichannel Analysis of Surface Waves* (Analisi Multicanale delle Onde Superficiali); occorre quindi tenere presente che sia le onde di Rayleigh, sia le onde di Love sono onde di superficie ed è quindi importante non identificare l'indagine MASW con l'analisi delle sole onde di Rayleigh, ma sapere che la stessa MASW può essere eseguita utilizzando anche le onde di Love.

Nella procedura MASW, quindi, si analizza la propagazione delle onde di superficie; più specificatamente si analizza la dispersione delle onde di superficie, ovvero il fatto che frequenze diverse (e quindi lunghezze d'onda diverse) viaggiano a velocità diverse.

La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

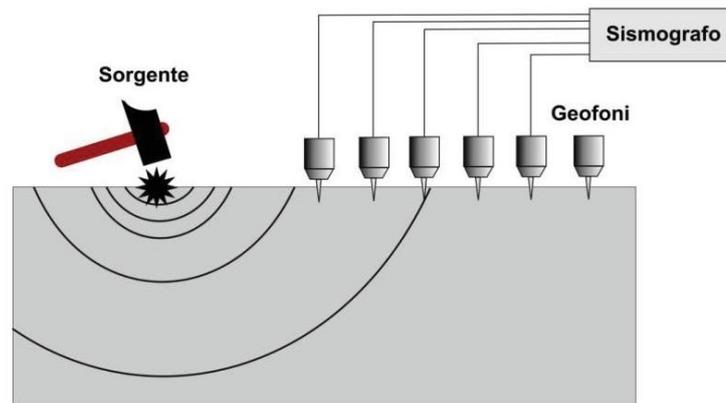
Modalità di generazione delle onde superficiali ed acquisizione dei dati

Per l'acquisizione dei dati di campagna, anche nell'indagine MASW, essendo una metodologia di sismica attiva, occorre generare delle onde sismiche attraverso le medesime tecniche utilizzate per la sismica a rifrazione esposte in precedenza; in particolare le onde di Rayleigh sono facilmente generate da una sorgente ad impatto verticale (classica mazzata o caduta di un grave) o da un cannoncino sismico, mentre per le onde di Love è necessario utilizzare una sorgente di taglio (ad esempio una traversina di legno colpita da una mazzata).

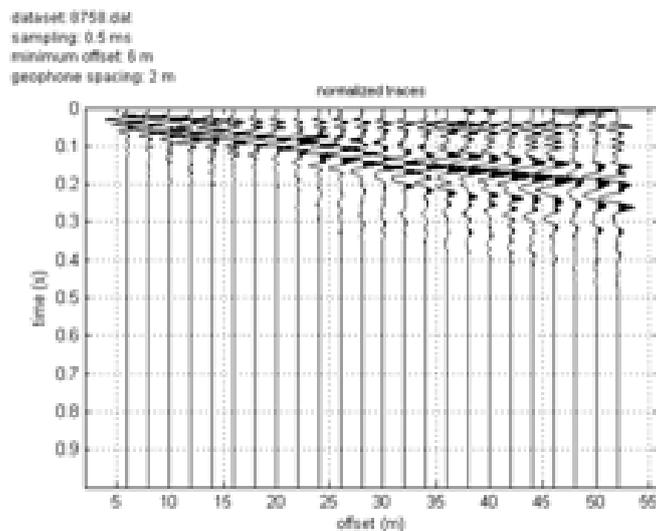
In entrambi i casi le onde generate vengono registrate tramite comuni geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz), a componente verticale o a componente orizzontale, disposti lungo un classico stendimento sismico lineare, secondo le combinazioni di seguito riassunte in tabella:

| Acronimo | Sorgente | Geofono | Utilità |
|----------|---|---|--|
| ZVF | Forza Verticale (Vertical Force): mazzata o caduta di grave | Verticale (Z) | Acquisizione componente verticale onde di Rayleigh |
| ZEX | Sorgente esplosiva (EXplosive) | Verticale (Z) | Acquisizione componente verticale onde di Rayleigh |
| RVF | Forza Verticale (Vertical Force): mazzata o caduta di grave | Orizzontale in assetto Radiale (R) asse parallelo allo stendimento | Acquisizione componente radiale onde di Rayleigh |
| REX | Sorgente esplosiva (EXplosive) | Orizzontale in assetto Radiale (R) asse parallelo allo stendimento | Acquisizione componente radiale onde di Rayleigh |
| THF | Sorgente Trasversale (o di taglio) (Horizontal Force) | Orizzontale in assetto Trasversale (T) asse perpendicolare allo stendimento | Acquisizione onde di Love |

Cinque possibili schemi di acquisizione per analisi MASW: la prima lettera dell'acronimo indica il tipo e l'assetto del geofono, la seconda e la terza il tipo di sorgente (Herrmann, 2003)



Esempio di stendimento sismico classico ZVF: generazione di onde di Rayleigh tramite sorgente ad impatto verticale e registrazione della componente verticale (Z) per mezzo di geofoni verticali.



Acquisizione dei dati di campagna – esempio di sismogramma registrato (dataset da stendimento a 24 canali, spaziatura tra i geofoni di 2 m, offset minimo di 6 m)

Lo stendimento lineare dei geofoni è collegato al sismografo in dotazione (*Geometrics GEODE a 24 canali di registrazione*), le cui caratteristiche tecniche sono state descritte in precedenza.



Sistema di generazione di onde di Love (THF) tramite sorgente di taglio (traversina) ed acquisizione delle stesse per mezzo di geofoni orizzontali disposti con asse perpendicolare allo stendimento.

Elaborazione e restituzione dei dati

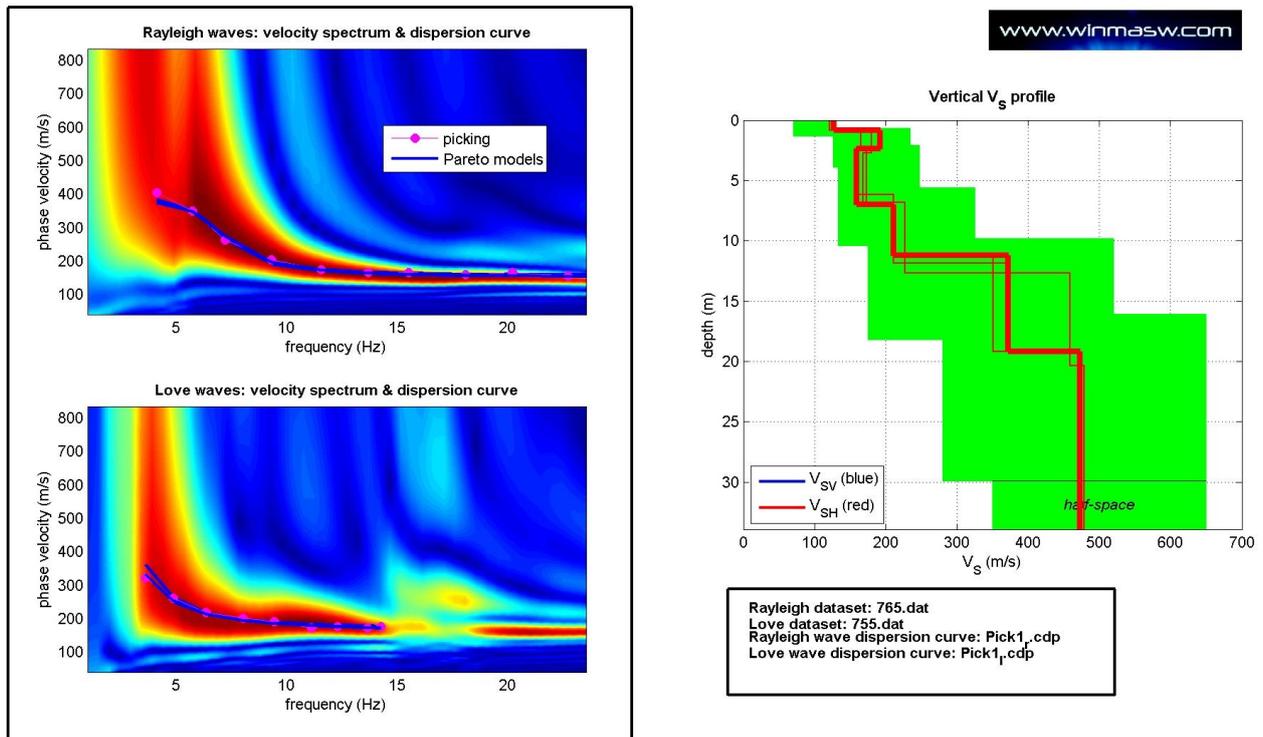
La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), attraverso l'analisi delle proprietà dispersive delle onde superficiali, specialmente nella procedura MASW classica/standard più utilizzata (acquisizione della componente verticale delle onde di Rayleigh; ZVF) è ormai una delle pratiche più comuni in geofisica applicata.

Il processo di analisi della dispersione delle onde di superficie si sviluppa essenzialmente attraverso due passi successivi:

1. determinazione dello spettro di velocità dal quale vengono estratte le curve di dispersione delle onde superficiali (ovvero i grafici della velocità di fase rispetto alla frequenza);
2. inversione delle curve di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s (profilo 1D che descrive la variazione di V_s con la profondità).

Analisi congiunta delle Onde di Rayleigh e di Love

Nell'elaborazione delle prove MASW, una buona tecnica per ridurre la possibilità di errori di interpretazione è quella di procedere ad un'analisi tramite inversione congiunta delle curve di dispersione derivate dalle onde di Rayleigh e dalle onde di Love, magari utilizzando i soli geofoni orizzontali per acquisire sia la componente radiale delle onde di Rayleigh (RVF), sia la componente THF (onde di Love) (Dal Moro G., 2012).



(a)

(b)

Esempio di elaborazione MASW mediante analisi congiunta delle onde di Rayleigh e di Love

(Joint inversion of Rayleigh & Love-wave dispersion curves):

- determinazione degli spettri di velocità ed estrazione delle curve di dispersione;
- inversione congiunta delle curve di dispersione – profilo verticale della V_s .

4. INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TRAMITE TECNICA ESAC

La tecnica di sismica passiva su antenna sismica denominata ESAC (*Extended Spatial Autocorrelation = Metodo esteso di autocorrelazione spaziale*) è un'estensione del metodo SPAC; entrambe le tecniche di indagine, per alcuni aspetti, possono essere viste come delle generalizzazioni del metodo di sismica passiva ReMi. Mentre nel metodo SPAC (*Spatial Autocorrelation*) si devono effettuare acquisizioni tramite *array* circolari, nel caso dell'ESAC i geofoni possono essere disposti secondo geometrie bidimensionali quali ad esempio configurazioni a L, a croce, a T, ecc.; tale tecnica, a differenza della classica ReMi (eseguita tramite semplice *array* lineare) non soffre dei problemi legati alla direttività dei vari segnali che possono giungere da qualsiasi *azimuth*, senza che questo vada ad influenzare i risultati.

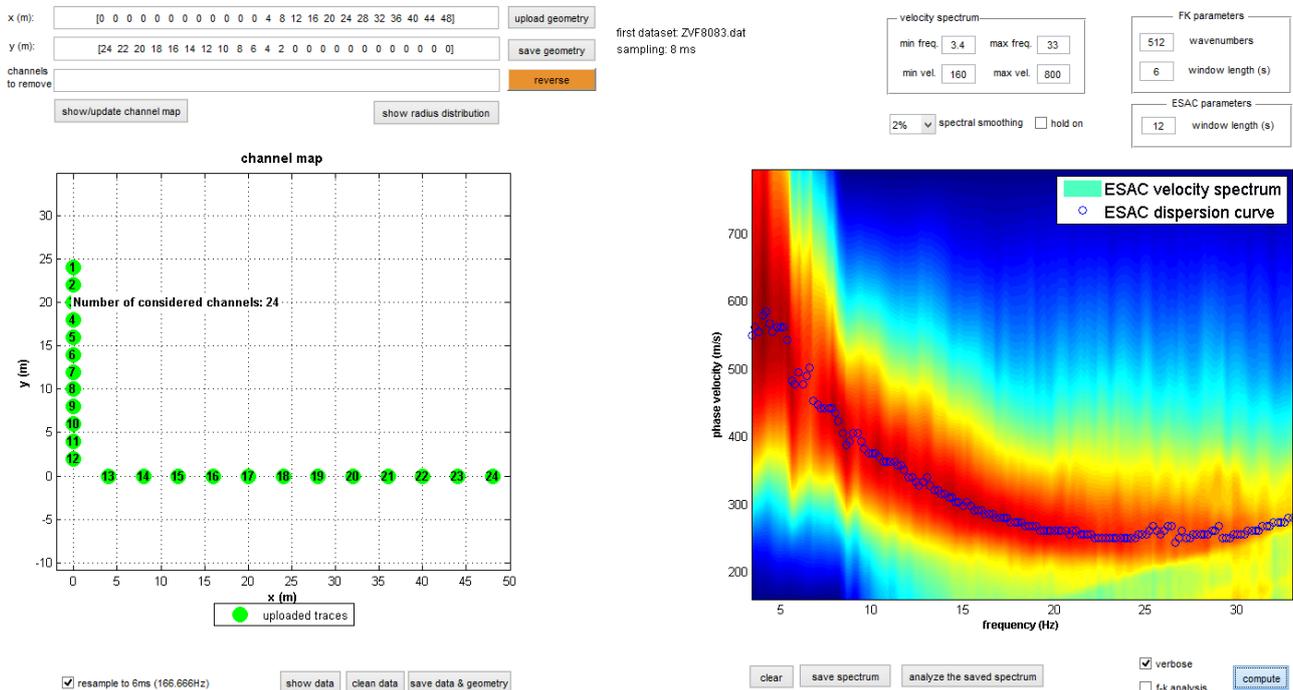
Da quanto sopra detto, deriva che le procedure basate sull'autocorrelazione spaziale sono utili quando il rumore è generato da una distribuzione uniforme delle sorgenti, ovvero quando non esistono sorgenti dominati.

Nel caso dell'ESAC, in particolare, la disposizione dei geofoni può essere anche molto casuale, ma è fondamentale naturalmente fissare un chiaro sistema di riferimento, in modo da poter determinare con precisione le coordinate (x, y) di ciascun geofono.

La tecnica è finalizzata alla definizione della curva di dispersione effettiva della componente verticale delle vibrazioni ambientali (onde superficiali), dalla quale risalire al profilo verticale delle velocità delle onde di taglio (V_s).

Acquisizione ed elaborazione dei dati

Nella tecnica ESAC l'acquisizione dei dati di campagna viene fatta attraverso il sismografo in dotazione (Geometrics GEODE), configurato per la registrazione dei segnali in forma passiva e 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti secondo geometrie bidimensionali (2D) quali ad esempio configurazioni a L, a croce, a T, ecc.



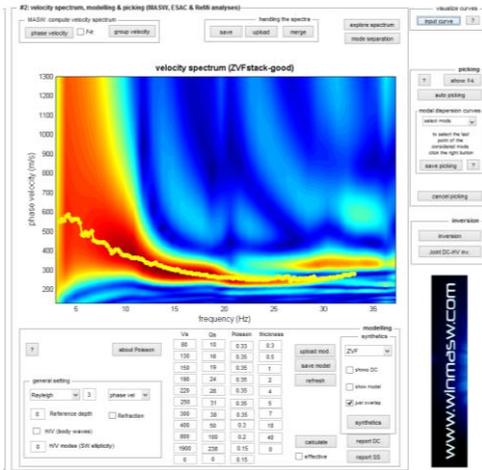
(a)

(b)

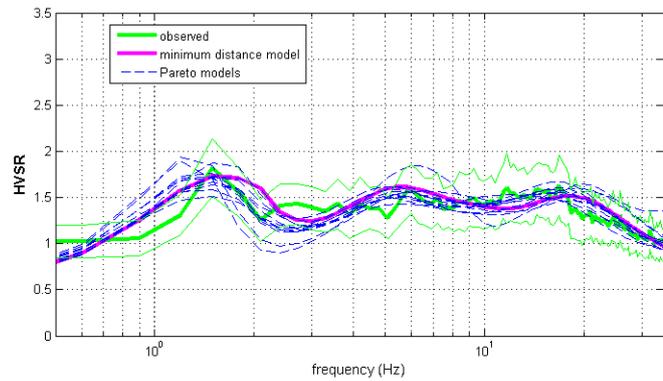
Indagine sismica ESAC:

- a) Esempio di distribuzione spaziale dei geofoni utilizzata in fase di acquisizione;
- b) Pseudo-spettro di velocità di fase con relativa curva di dispersione.

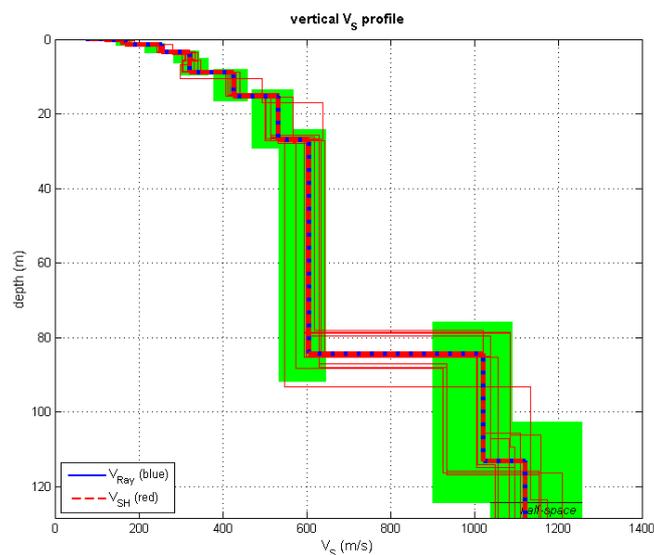
Per ridurre al minimo la possibilità di errori di interpretazione e per una verifica completa dei risultati ottenuti, l'elaborazione dei dati ESAC viene generalmente eseguita mediante analisi congiunta con dati di sismica attiva tipo MASW e misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR) eseguite contestualmente alla prova ESAC.



(a)



(b)



(c)

Esempio di analisi congiunta tra indagini ESAC, MASW e HVSR:

- a) Spettro di velocità da analisi MASW (componente verticale ZVF, onde di Rayleigh) con sovrapposizione della curva di dispersione effettiva derivata da analisi ESAC;*
- b) sovrapposizione tra curve HVSR di campagna e curve HVSR del modello identificato;*
- c) profilo verticale delle velocità Vs ricavato.*

Come si può vedere anche dall'esempio sopra esposto, la metodologia di sismica passiva ESAC, se gli stendimenti sono sufficientemente ampi, pur perdendo in risoluzione negli strati più superficiali, rispetto alla MASW consente di avere informazioni inerenti la dispersione a frequenze molto basse, ovvero di ricostruire il profilo di velocità Vs fino a profondità maggiori.

5. MISURE DI MICROTREMORE AMBIENTALE A STAZIONE SINGOLA (METODO HVSR)

Le misure speditive di microtremore ambientale, mediante tecnica di acquisizione a stazione singola e la tecnica di analisi HVSR (altrimenti conosciuta anche come “*metodo di Nakamura*”) permettono in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito o frequenza del picco fondamentale del sito (f_0) e quindi la possibile esistenza di fenomeni di risonanza sismica nell’intervallo di frequenza significativo.

La stessa tecnica, inoltre, consente di avere una prima indicazione sull’entità del contrasto d’impedenza, sulla base dell’ampiezza del picco (H/V) e sulla profondità dell’interfaccia stratigrafica legata a tale contrasto (Albarello D. et al., 2010).

Acquisizione ed elaborazione dei dati

La procedura per l’indagine HVSR può essere suddivisa nelle seguenti fasi:

- esecuzione della *registrazione* di microtremore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione; tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME (2004), per una durata non inferiore a 20 minuti;

- operazione di “*windowing*”, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali, la cui durata prefissata, secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME, deve essere almeno pari a 20 secondi;

- *filtraggio* delle finestre in base a criteri che permettono di individuare l’eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione;

- estrazione dello *spettro di Fourier* per ciascuna delle finestre rimanenti, ritenute valide ed operazione di “*tapering*” e *lisciamento* di ciascun spettro, secondo una delle varie tecniche note in letteratura;

- determinazione, per ciascuna finestra, della componente in frequenza (V) relativa allo spettro nella direzione verticale (z) e della componente in frequenza (H), quest’ultima calcolata attraverso una semplice media aritmetica o una somma euclidea delle due componenti relative agli spettri nelle direzioni orizzontali (x,y); questo permette di ottenere il ricercato *rapporto spettrale (H/V)* per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione;

- calcolo del *rapporto spettrale (H/V) medio*, la cui *frequenza di picco* (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

Strumentazione in dotazione

- Acquisitore a 24 bit SolGeo "Dymas-24" ad alta risoluzione ed ampio spettro in frequenza (DC÷4000 Hz), per registrazioni in continuo o a soglia, sino a 20.000 campioni al secondo.
- Sismometro triassiale SolGeo "Veloget3D" con range selezionabile (1-80 Hz o 1-315 Hz), conforme alle normative di riferimento (DIN e UNI).
- Computer portatile collegato all'acquisitore "Dymas-24".
- Batteria di alimentazione elettrica collegata all'acquisitore "Dymas-24".
- Software dedicati per il calcolo della curva H/V (Metodo "Nakamura").

Il sistema di acquisizione a 24 bit "Dymas-24", ad elevato range dinamico, è un sistema altamente sofisticato, progettato per fornire una soluzione completa ad esigenze di monitoraggio sismico ed accelerometrico. L'alta risoluzione, l'elevata ampiezza di banda lo rendono uno strumento versatile ed in grado di operare sia come acquisitore di segnali microsismici, sia come unità di registrazione di fenomeni di tipo "strong motion".

Il sismometro "Veloget3D" è un sismometro triassiale di classe I, con sensori da 4,5 Hz, linearizzati elettronicamente a 1 Hz, con dinamica superiore a 130 dB; estremamente compatto e robusto, è alloggiato in contenitore metallico dotato di piastra di appoggio, piedini regolabili e bolla di controllo, per il corretto fissaggio al terreno.



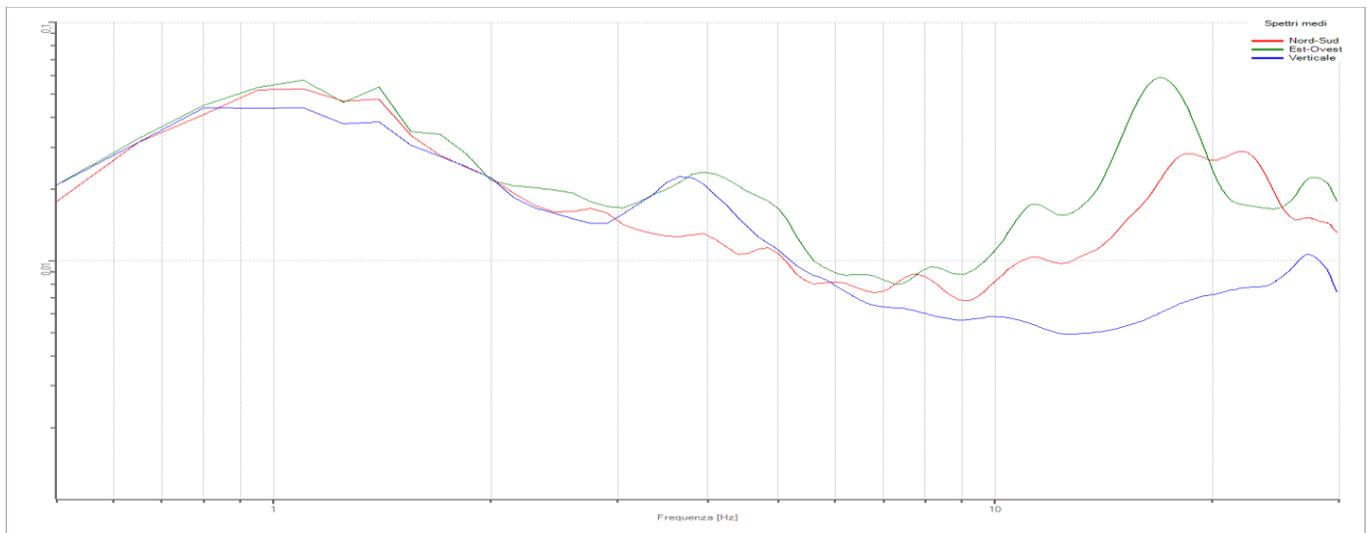
Sistema di acquisizione "Dymas-24" collegato a PC portatile e sismometro "Veloget3D" per misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR)

Attraverso l'utilizzo di specifici software, è possibile selezionare i parametri, ricercando quelli ottimali, sia in fase di registrazione dei dati, sia in fase di elaborazione degli stessi, variando:

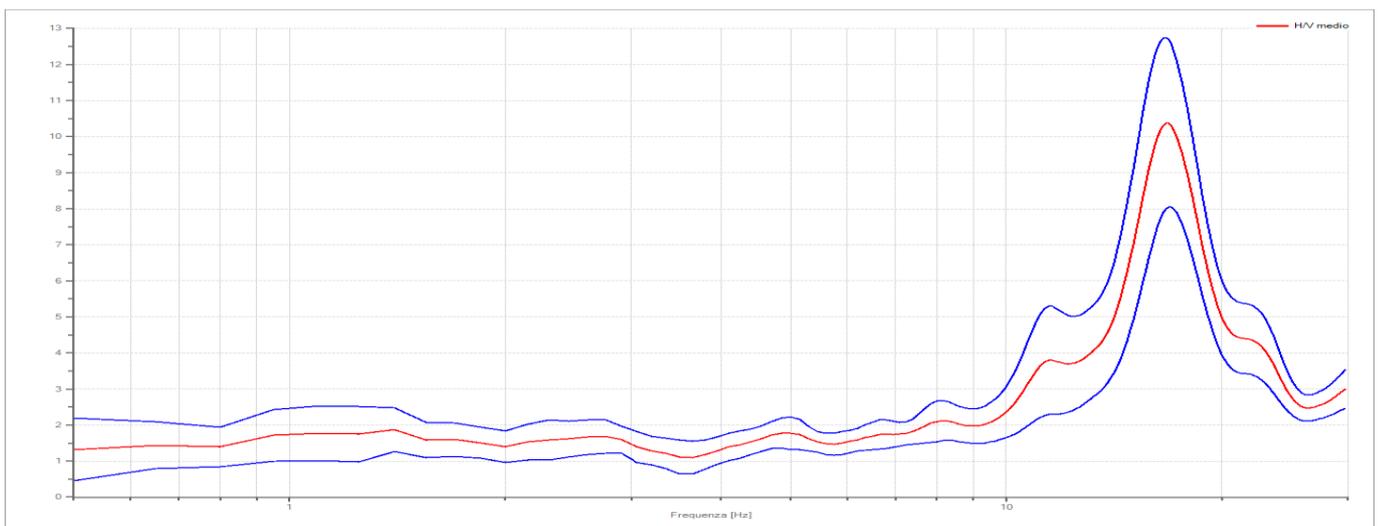
- il tempo di registrazione;
- l'intervallo di campionamento;
- la lunghezza delle "finestre" ed il loro "overlapping";
- gli eventuali fattori di riduzione del segnale ed i filtri.

Successivamente si passa all'analisi degli spettri in frequenza dei 3 canali ed alla restituzione della curva del rapporto spettrale (H/V), con determinazione della frequenza di picco fondamentale del sito (f_0).

L'output così ottenuto sarà validato o meno sulla base dei criteri introdotti dal *Protocollo SESAME (2004)* e la curva H/V classificata secondo i criteri definiti da *Albarello D. et al. (2010)*.



(a)



(b)

Esempio di restituzione dei risultati da indagine sismica HVSR:

a) Grafici degli spettri medi nelle tre direzioni - frequenza

b) Curva del rapporto spettrale (H/V) - frequenza.

Criteri SESAME (2004):

| Verifica | Esito |
|---|--------------|
| $f_0 > 10/l_w$ | Ok |
| $n_c(f_0) > 200$ | Ok |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ | Ok |
| $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | |
| $\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ | Ok |
| $\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | Ok |
| $A_0 > 2$ | Ok |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | Ok |
| $\sigma_f < \varepsilon(f)$ | Ok |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | Ok |

Classificazione della curva H/V (Albarelo D. et al., 2010)

| | |
|---------------|---|
| Classe | A |
| Tipo | 1 |

Esempio di restituzione dei risultati da indagine sismica HVSR:

Criteri di validazione secondo il protocollo SESAME e classificazione della curva (H/V)

INDAGINI GEOELETTRICHE

I metodi di prospezione geoelettrica permettono di indagare il sottosuolo utilizzando il parametro fisico resistività elettrica (r), caratteristico delle formazioni che costituiscono il sottosuolo; la resistività è un parametro indipendente dalle caratteristiche geometriche della formazione litologica cui si riferisce ed è definito come la resistenza elettrica per unità di volume.

Ogni corpo roccioso presenta un ampio campo di variabilità dei propri valori di resistività; essi dipendono dal grado di omogeneità, dal livello di alterazione e, per rocce litoidi, dal grado di fatturazione.

Nel caso di terreni sciolti, quali i depositi alluvionali recenti, la resistività dipende dalla loro granulometria, dai fluidi in essi contenuti e dal quantitativo in sali disciolti. A questa regola fanno eccezioni le argille che, se compatte, hanno sempre valori di resistività estremamente bassi; questo è dovuto principalmente alle caratteristiche del reticolo cristallino dei minerali che le compongono ed al loro grado di saturazione.

L'indagine geofisica di tipo geoelettrico viene eseguita immettendo nel suolo una corrente elettrica di intensità nota e misurando la resistenza offerta dal suolo al passaggio della corrente. La conducibilità elettrica è funzione della natura litologica, chimica e idrochimica del terreno. Variazioni laterali nella conducibilità possono inoltre essere attribuite alla presenza di materiali sepolti.

Strumentazione utilizzata

- n. 1 georesistivimetro digitale multicanale per la registrazione dei dati (Ambrogeo MANGUSTA System MC48/E), le cui caratteristiche tecniche sono riportate nella scheda di *Fig. 1*.
- n. 1 sistema di energizzazione AC/DC 12-200V.
- n. 2 cavi elettrici multiconduttori, ciascuno con 24 attacchi per elettrodi (take-out) ed equidistanza massima fra elettrodi pari a 5 metri.
- n. 48 elettrodi in acciaio.
- n. 48 cavetti di collegamento cavo/elettrodo.
- Batteria di alimentazione elettrica a 12V da collegare all'energizzatore.
- Software di acquisizione "Ambrogeo - MC Mangusta System".



Georesistivimetro utilizzato per l'acquisizione dei dati (MANGUSTA MC48/E)

Modalità di acquisizione dei dati di sezioni geoelettriche 2D

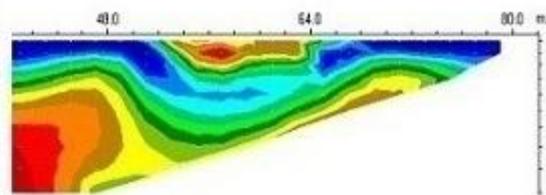
Il sistema dei profili elettrici superficiali con dispositivo (*array*) multielettrodo rappresenta una metodologia innovativa delle misure geoelettriche classiche.

La **tomografia di resistività elettrica (ERT)** consiste nella caratterizzazione geoelettrica e dimensionale, con elevato dettaglio, delle strutture presenti lungo sezioni bidimensionali; il sistema permette di ricostruire la distribuzione spaziale in due dimensioni della resistività reale nel sottosuolo con una risoluzione che dipende dalla distanza tra gli elettrodi e dal tipo di *array*.

L'acquisizione dei dati, molto complessa, viene gestita completamente da una apposita strumentazione (*georesistivimetro multicanale*) in grado di acquisire 48 canali simultaneamente e di comandare automaticamente l'inversione della corrente, ovvero di avere la possibilità che ciascuna coppia di elettrodi collegati, a seconda del momento, possa funzionare sia per l'immissione di corrente nel terreno, sia come elettrodi di misura.

MANGUSTA SYSTEM MC 24/120E

Multichannel Electrical Imaging Systems



Unit electrode spacing 200 m.

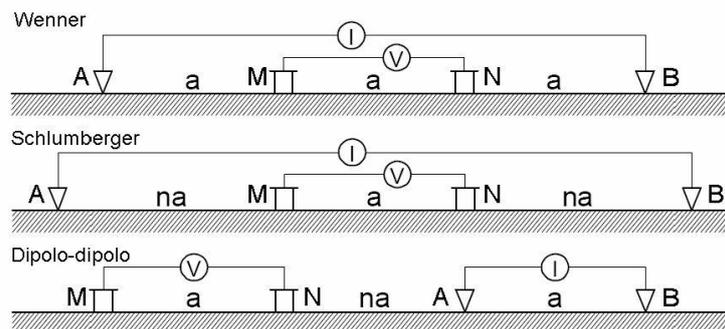
| | |
|---|---|
| CPU | Cortex M4, clock 72MHz |
| Analog to Digital Converter | 24 bit 32 kHz sampling rate |
| Number of electrodes | 24-48-72-96-120 |
| Number of injected current channels | 1 channel |
| Number of potential channels | contemporarily the maximum number of channels will be read allowed by the electrode spread (multiplexed inputs) |
| Maximum output voltage / current | Power range 800Vdc 3000mA |
| Typical reading resolution of potential | +/- 30nV |
| Resistivity Accuracy | 0,2 % |
| Precision | 0,2 % |
| Linearity | 0,005 % |
| Frequency response | 0 to 300 Hz |
| Measurement cycles | Composed of 2 - 10 square waves whose timing parameters can be completely configured by the end user |
| Cycle time | 1,5 to 16 sec. |
| Number of data samples | 1 to 2000 for every square wave |
| Default cycle | Last cycle |
| Digital nulling of SP | Yes |
| Automatic choice of electrode spread | Schumberger, Wenner, Dipole Dipole, Pole Pole, Gradient, user defined |
| Automatic calculation of geometric factor K | A function of the electrode spread |
| Apparent Resistivity Rho | Automatic Calculation and Display of the data |
| Induced Polarization (IP) | Yes |
| Input Voltage | +/- 10V |
| Storage | No internal storage , data are sent to the PC |
| Resistivity Accuracy | 0,2 % |
| Type of scale | mV (MN) mA (AB) |
| Input impedance | > 100Mohm |
| Temperature | -20° +70° operating / -30° + 80° storage |
| IP Grade | 51 |
| Size | 355 x 300 x 140 mm (B x L x H) |
| Weight | 6 Kg |

Fig. 1. Caratteristiche tecniche dello strumento di acquisizione

Prima di eseguire la misura è necessario conoscere gli scopi e gli obiettivi da raggiungere attraverso l'indagine, così da impostare in maniera adeguata la particolare scelta del tipo di dispositivo (*array*) da utilizzare, in funzione ovviamente anche del contesto lavorativo, come lo spazio a disposizione e la logistica.

Ogni tipo di *array* ha un proprio utilizzo ottimale in determinate condizioni geologiche, in base alla sua sensibilità. La sensibilità è un indice di quanto un cambiamento di resistività del terreno influenzi la misura di potenziale, e risulta con questo in relazione di proporzionalità diretta.

Di seguito vengono riassunte in breve le principali caratteristiche degli *array* più comunemente utilizzati.



Caratteristiche principali di alcuni degli array più comuni

I dispositivi **Wenner** e **Schlumberger** sono di tipo simmetrico; in entrambe le configurazioni gli elettrodi di corrente (A e B) sono posti esternamente agli elettrodi di potenziale (M e N).

Negli *array* sopra menzionati lo strumento misura attivando lungo lo stendimento 4 elettrodi per volta, inviando corrente ai due esterni e misurando il potenziale tramite i due centrali; lo strumento ripeterà poi la medesima operazione per distanze tra gli elettrodi sempre maggiori fino al limite massimo consentito dal numero degli elettrodi utilizzati.

Nel **dipolo-dipolo** la prima misura inizia con spaziatura $1a$ tra gli elettrodi di potenziale e corrente, poi si varia solo il rapporto tra le distanze A-M e B-N (fattore "n") fino ad un valore di accuratezza minima, legato alla debolezza del segnale, generalmente pari a 6; la spaziatura tra gli elettrodi di corrente A-B e gli elettrodi di potenziale M-N resta fissa. Si prosegue incrementando la distanza elettrodica ed aumentando di conseguenza la profondità di investigazione.

Questo *array* è sensitivo a variazioni orizzontali, quindi all'individuazione di strutture orizzontali come livelli sedimentari. Pur garantendo una risoluzione orizzontale maggiore rispetto all'*array* Wenner, la profondità di investigazione è inferiore.

La configurazione **Wenner-Schlumberger** è un *array* ibrido in cui la distanza elettrodica è costante e fissa; qui il fattore "n" è il rapporto tra la distanza A-M (o B-N) e la spaziatura tra gli elettrodi di misura M e N.

Questa disposizione è indicata in aree contenenti sia strutture verticali che orizzontali, e rappresenta un buon compromesso tra il Wenner ed il dipolo-dipolo.

Elaborazione e restituzione dei dati

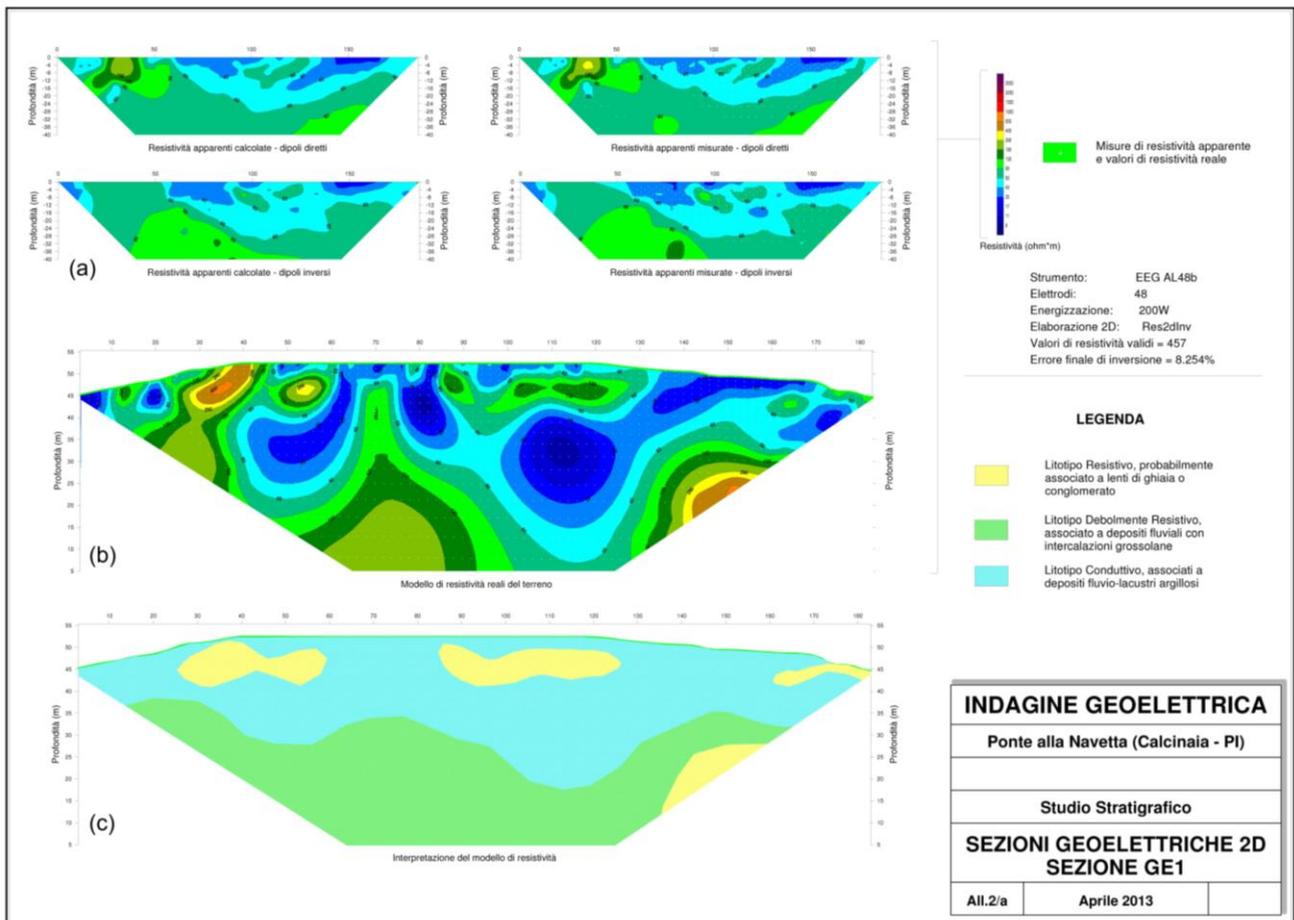
I dati di resistività apparente vengono elaborati con apposito programma in grado di ricostruire i valori reali di resistività per inversione numerica 2D (**Res2Dinv**); le sezioni geoelettriche vengono normalmente restituite mediante modelli tomografici del sottosuolo.

L'elaborazione dei dati procederà secondo due fasi successive:

1. caricamento dei file, registrati in formato .DAT, su apposito software (**Res2Dinv**) e ricostruzione di "pseudosezioni" di resistività, previo filtraggio/pulizia dei dati.

2. calcolo dei valori di *resistività reale* tramite inversione bidimensionale e sviluppo di un adeguato modello di distribuzione della resistività del sottosuolo, applicando l'eventuale correzione topografica.

Il modello tomografico di resistività reali così ottenuto visualizza la distribuzione dei dati con la profondità.



Esempio di restituzione dei dati di geoelettrica attraverso sezioni tomografiche 2D:

a) Resistività apparenti calcolate – dipoli diretti e dipoli inversi;

b) Modello di resistività reali del terreno;

c) Interpretazione del modello di resistività.

MONITORAGGI GEOLOGICI, AMBIENTALI E SULLE STRUTTURE

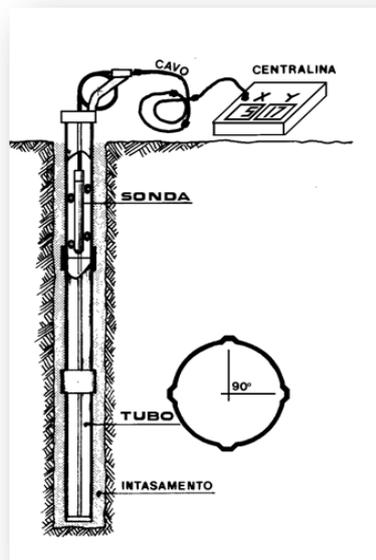
1. Misure inclinometriche.
2. Misure piezometriche.
3. Monitoraggio ed analisi di vibrazioni.

1. MISURE INCLINOMETRICHE

Le misure inclinometriche consistono nel rilevare, ad intervalli costanti di profondità, le deviazioni (inclinazioni) fra l'asse di una sonda, che viene calata all'interno di un tubo guida reso solidale al terreno e la verticale. Le caratteristiche del tubo guida e della sonda permettono di ripetere le misurazioni sempre in corrispondenza degli stessi punti, consentendo il rilievo ed il confronto in tempi successivi degli spostamenti orizzontali del terreno eventualmente verificatesi.

Questo tipo di monitoraggio ha acquisito una notevole diffusione, sia in fase di studio e progettazione di interventi di consolidamento di aree instabili, sia come strumento di controllo e sorveglianza di pendii potenzialmente instabili, rilevati, dighe, scarpate, scavi, opere di sostegno (piloni, paratie, palificate, cordoli), ecc.

La strumentazione di acquisizione è composta da una **sonda inclinometrica**, che viene calata in un tubo guida, da una **centralina di lettura** digitale e da un **cavo di collegamento** marcato per tutta la sua lunghezza. La sonda è dotata di sensori di rotazione a gravità (*servo-accelerometri*), che generano ciascuno un segnale elettrico proporzionale all'angolo nel piano del sensore stesso, fra la verticale e l'asse dello strumento. Tale segnale viene trasmesso, attraverso il cavo, alla centralina in superficie ove viene digitalizzato. La lettura viene effettuata ad intervalli regolari, in genere, pari alla distanza fra le ruote di guida della sonda o al doppio di essa (50 cm o 100 cm) se non è richiesta una precisione più elevata.



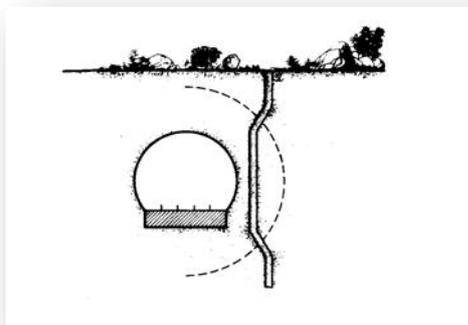
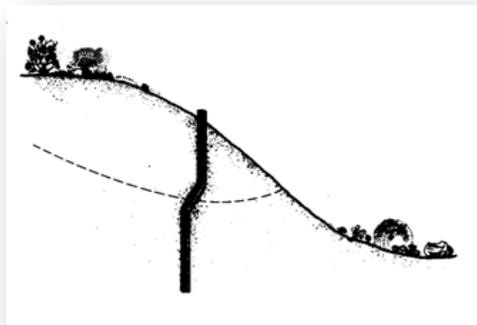
Sistema di monitoraggio con inclinometro

Attrezzatura in dotazione: *Data Logger OTR OG387 e Sonda Inclinometrica OTR OG310S*

Le sonde inclinometriche (“inclinometri”) della serie OG310, prodotte dalla ditta OTR s.r.l. di Piacenza, sono apparecchiature dotate di servo-inclinometri inerziali con uscita analogica.

Il cavo utilizzato per queste sonde è dotato di tacche termosaldate che facilitano la misura. I dati rilevati con le sonde della serie OG310 possono essere letti manualmente da centralina con doppio display della serie OG380 o con sistemi di acquisizione dati OG387.

Sono utilizzati solo ed esclusivamente servo-inclinometri (servo-accelerometri) con bassissima deriva termica (<100 ppm/°C).



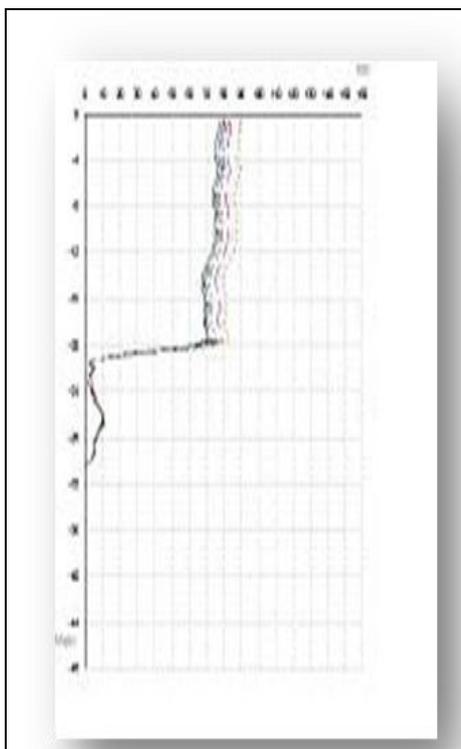
Alcuni esempi di applicazione del monitoraggio mediante l'uso di inclinometri

|  | CARATTERISTICHE TECNICHE SONDA OTR OG310S | |
|---|---|--------------------------------------|
| | Sensibilità | 25000 sin alfa oppure 20000 sin alfa |
| | Sensore | Servo-inclinometro inerziale |
| | Deriva Termica | <100 ppm C° |
| | Campo di misura | ± 30° |
| | Diametro dei tubi | da 45 mm a 75 mm |
| | Diametro corpo | 30 mm |
| | Materiale | INOX |
| | Max pressione | 15 Bar |
| | Tensione di rottura | ~ 650 KN |
| | Diametro Ruote | 30 mm |
| | Ruote | su cuscinetti in INOX |
| | Connettore | a norme MIL C26482 |
| | Passo | 50 cm o 24 pollici |
| Peso | 2,150 Kg | |

| CARATTERISTICHE TECNICHE CAVO OTR OG388 | |
|---|--|
| Materiale guaina | Poliuretano |
| Colore | Arancione |
| Guaina antitorsione | Acciaio INOX |
| Anima | Acciaio INOX DIAMETRO 2,5 mm |
| Conduttori | 6 x 0.50 mm in rame stagnato |
| Tacche di misura | Crimpate in rame stagnato ogni 50 cm, con riferimento metri ogni 10 tacche |
| Carico di rottura | ~ 600 Kg |
| Rullo portacavo con ruote | DIAMETRO 40 cm |



| CARATTERISTICHE DATALOGGER OTR OG387 | |
|--------------------------------------|--|
| Microprocessore | N80C32 |
| Memoria | 64 Kbyte per sistema operativo, 128Kb per immagazzinare fino a 20 misure eseguite su 4 guide con un massimo di 400 passi (200 metri passo 50 cm) |
| Orologio | interno con data |
| Display | a cristalli liquidi retroilluminato |
| Tastiera | 5 tasti multifunzione |
| Pulsante per acquisizione | Tastiera o Esterno con cavo di collegamento |
| Batteria | Ricaricabile 6 Volt 4A/h al piombo sigillato |
| Caricabatteria | Esterno |
| Autonomia | 12 ore di misure continue |
| Consumo | 150 mA con sonda collegata |
| Contenitore | ABS con borsa in pelle |
| Dimensioni | 25x22x11 cm |
| Connettori | Lemo o Fischer |
| Peso | 3,4 Kg |



Esempio di grafico mostrandone lo spostamento per sommatoria di un inclinometro

| CARATTERISTICHE SOFTWARE OTR OG390 WIN PRO | |
|--|--|
| Introduzione dati | Da tastiera, da file formato ASCII o dalla porta seriale del PC con centraline OG387, direttamente da Microsoft Excel. |
| Correzioni possibili | Sensibilità , Spiralatura , Azimutale, Angolare, Zero. |
| Dati di ogni misura | Nome, zona, data misura, data origine, identificativo numerico, correzione azimutale, correzione angolare, sensibilità, identificativo sonda, numero di guide, passo sonda. |
| Uscita dati elaborati | Sotto forma di Tabelle e Diagrammi. Uscita in files formato ASCII. |
| Elaborazioni possibili | Spostamento assoluto, spostamento differenziale per sommatoria, spostamento differenziale per punti, 4 o 2 guide (anche le trasversali), con 1 sola guida (con introduzione manuale del fuori zero della sonda). |
| Passo sonda | in metri o in pollici |
| Restituzione dei dati attraverso diverse possibili Tabelle e Diagrammi | Spostamenti per sommatoria, spostamenti per punti, azimut per sommatoria, per punti, polare spazio tempo, velocità. |

2. MISURE PIEZOMETRICHE

Le misure del livello della falda acquifera permettono il monitoraggio dei corpi idrici sotterranei, con lo scopo di valutare quantitativamente e qualitativamente le risorse a disposizione e di mantenere un controllo continuo sulla loro evoluzione nel tempo; questo consente di programmare in modo razionale e sostenibile il loro utilizzo e per intervenire tempestivamente ed adeguatamente in situazione di sofferenza idrica, di calamità idrogeologica o di inquinamento.

Le letture vengono effettuate tramite l'utilizzo del **freatimetro**; questo strumento permette di misurare, all'interno di fori di sondaggio o di prova penetrometrica, appositamente attrezzati con tubo piezometrico, la distanza tra il piano campagna ed il livello di falda acquifera.

Strumento in dotazione: Freatimetro OTR OG10

Il freatimetro OG10 è uno strumento molto semplice prodotto dalla OTR s.r.l. di Piacenza, che trova applicazione ovunque si voglia misurare la profondità della falda acquifera tramite piezometri; la misura si esegue calando la sonda nel piezometro fino a quando un segnale acustico e luminoso indicherà l'avvenuto contatto con l'acqua nel foro. Le tacche centimetrare presenti sul cavo permetteranno di leggere la misura della profondità di falda dal piano di campagna.

Per una maggiore robustezza del sensore il cavo del freatimetro OG10 è cilindrico.

La ditta dispone di due freatimetri dotati rispettivamente di cavo da 100 m e 200 m di lunghezza.

| CARATTERISTICHE TECNICHE FREATIMETRO OTR OG10 | | |
|---|------------------|--|
|  | Lunghezza cavo | 100 e 200 metri |
| | Diametro Sensore | 12 mm |
| | Alimentazione | Batteria da 9V |
| | Cavo | Cilindrico con anima in kevlar (Ø = 4 mm) |
| | Tacche di misura | Numerate ogni centimetro, con serigrafia protetta per evitare la possibile cancellazione in presenza di acqua. |

3. MONITORAGGIO ED ANALISI DI VIBRAZIONI

Con la stessa strumentazione utilizzata per le misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR), attraverso altri tipi di software, è possibile eseguire, in conformità con le norme di riferimento (UNI 9916, DIN 4150.3), il monitoraggio e l'analisi di vibrazioni su strutture civili ed industriali, oltre che il controllo di attività di cava, di cantieri, di traffico veicolare e di molteplici altre situazioni nelle quali è necessario conoscere e monitorare i livelli di vibrazione (velocità di vibrazione).

Come detto, per tale monitoraggio ci si avvale dello strumento acquisitore a 24 bit SOLGEO "Dymas-24" ad alta risoluzione ed ampio spettro in frequenza (DC÷4000 Hz), già descritto in precedenza al paragrafo riguardante le misure di rumore ambientale (HVSR); esso, infatti, è configurabile, a 3 o 6 canali, anche per il monitoraggio in continuo di vibrazioni, con possibilità di essere lasciato sul campo per giorni, senza la necessità di un PC collegato.

Ad esso possono essere collegati uno o due velocimetri triassiali SOLGEO "Veloget3D" (stessi sensori in dotazione per le misure HVSR); l'utilizzo di due rilevatori in registrazione contemporanea, infatti, è frequente nel caso di monitoraggio di edifici, dal momento che in questo caso è necessario registrare la velocità di vibrazione in corrispondenza del piano di fondazione e di un piano elevato, secondo quanto richiesto dalla normativa di riferimento.

Generalmente i danni strutturali ad edifici, attribuibili con chiarezza a fenomeni vibratorii, sono abbastanza rari; sono invece più frequenti danni definiti "di soglia", che senza compromettere la sicurezza strutturale degli edifici, ne possono determinare una riduzione del valore d'uso (si tratta, ad esempio, di apertura di fessure nell'intonaco, di accrescimento di fessure già esistenti, di danneggiamenti di elementi architettonici).

Conseguentemente la misurazione delle vibrazioni degli edifici è diventata un problema di rilevante importanza; la velocità è la grandezza normalmente utilizzata per definire valori di riferimento nella valutazione del danno in quanto è direttamente legata all'energia cinetica.

La normativa fa riferimento alla "*peak component particle velocity*" (p.c.p.v.), definita come il valore massimo del modulo di una delle tre componenti ortogonali misurate simultaneamente in un punto; essa prevede che le misurazioni siano effettuate secondo tre assi mutuamente ortogonali: un asse ha direzione verticale, le due componenti orizzontali vengono disposte preferibilmente parallele/ortogonali ai muri del manufatto.

La stessa normativa suddivide gli edifici in tre classi:

- 1) costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili;
- 2) edifici residenziali e costruzioni simili;
- 3) costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici).

Per ciascuna delle classi sono previsti dei valori di riferimento, al di sotto dei quali, salvo casi particolari, è ragionevole presumere che non vi sia danno; d'altra parte va considerato che il superamento dei limiti indicati nelle tabelle di riferimento non implica necessariamente il verificarsi del danno, ma è un segnale della necessità di indagini più approfondite.



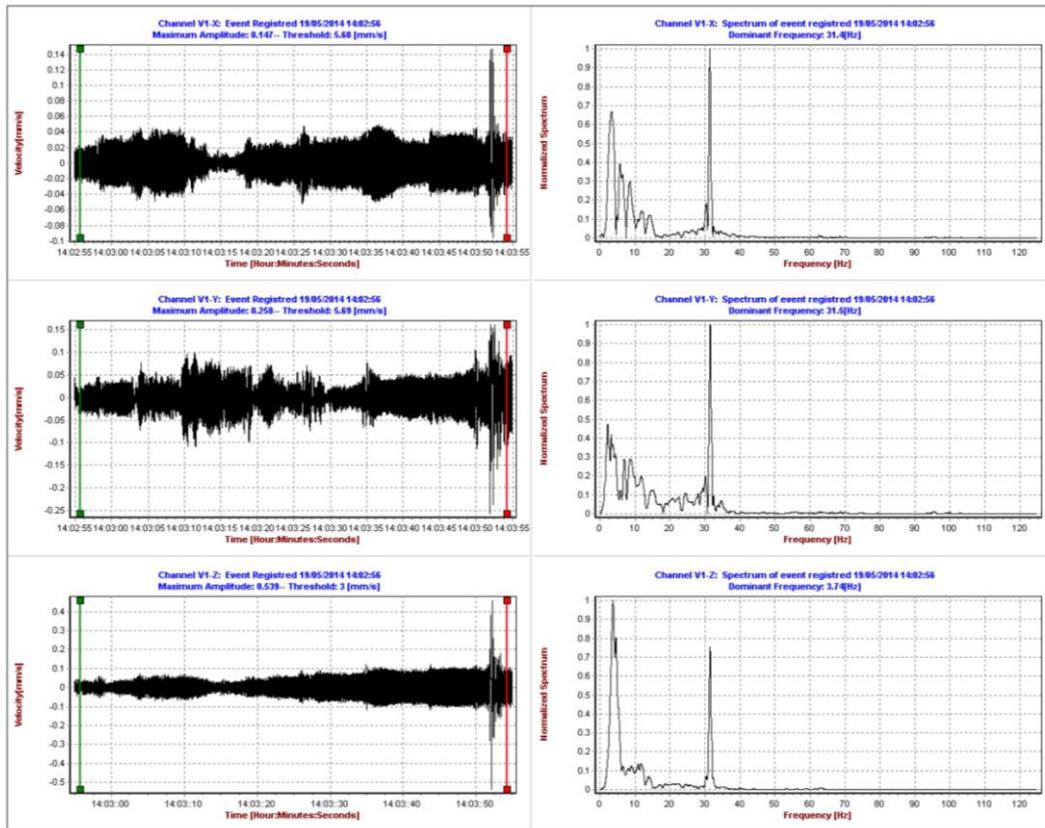
Esempio di monitoraggio tramite Dymas-24 collegato a PC e posizionamento del primo velocimetro Veloget 3D al piano di fondazione di un edificio residenziale



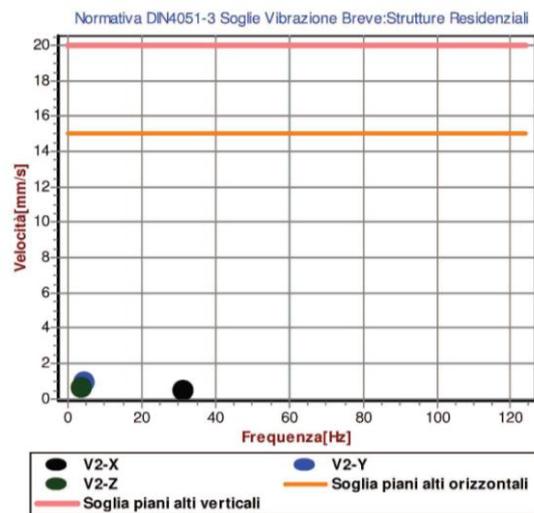
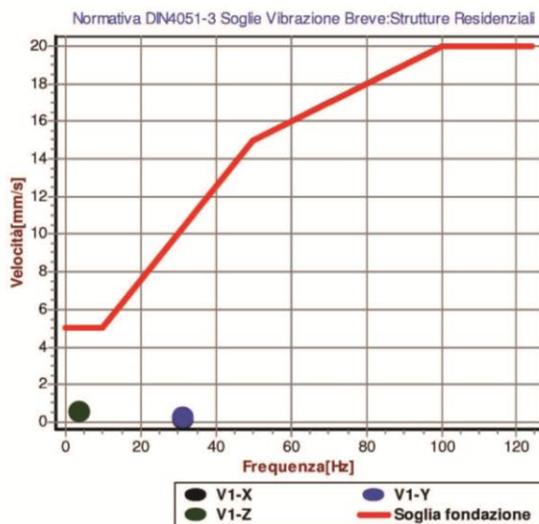
Esempio di posizionamento del secondo velocimetro Veloget 3D al piano elevato dello stesso edificio

I dati acquisiti, opportunamente elaborati, consentono di rappresentare i valori di oscillazione massima ed i valori di picco delle velocità di vibrazione, singolarmente suddivisi per ogni canale di acquisizione; contemporaneamente, su ogni singolo canale, viene determinato il valore della frequenza dominante.

Per ciascun evento registrato o selezionato (come quello maggiormente significativo), inoltre, viene fornito un elaborato grafico riassuntivo, dove vengono riportati i valori del modulo di "peak component particle velocity" (p.c.p.v.) registrati su ogni singola componente e le relative frequenze dominanti; nello stesso grafico, infine, viene mostrato il confronto tra gli stessi valori di p.c.p.v. ed i valori di soglia previsti dalla normativa UNI 9916 - DIN 4150.3.



Esempio di restituzione grafica delle Velocità registrate (mm/s), su ciascuna componente X, Y e Z (grafici a sinistra) e dei relativi spettri di Frequenza (Hz) (grafici a destra).



Esempio di restituzione grafica dei valori massimi di p.c.p.v. (mm/s) registrati su ciascuna componente X, Y e Z e loro confronto con i valori di soglia previsti dalla normativa DIN4150-3, per edifici residenziali.

INDAGINI IDROGEOLOGICHE

La PRO.GEO. s.r.l. svolge studi nel settore idrogeologico finalizzati al corretto e razionale utilizzo delle risorse idriche superficiali e sotterranee ed alla loro tutela e salvaguardia da possibili depauperamenti e contaminazioni, in coerenza con i principi fondamentali della vigente normativa.

In questo settore la società si occupa di:

- progettazione di pozzi ad uso idropotabile, civile, industriale ed irriguo, con direzione lavori ed assistenza per tutte le fasi di realizzazione, prove di emungimento e presentazione della documentazione necessaria per l'ottenimento della relativa concessione;
- determinazione delle fasce di rispetto per pozzi o campi pozzi ad uso idropotabile;
- valutazione dello stato di consistenza di pozzi già esistenti ed autorizzati allo sfruttamento idrico;
- indagini finalizzate al reperimento di nuove risorse idriche (acquiferi superficiali e profondi), con la determinazione dei principali parametri idrogeologici e dell'andamento piezometrico caratteristico;
- indagini idrogeologiche e geognostiche necessarie all'ottenimento di concessioni di utilizzo di acque superficiali ai fini idroelettrici ed alla conseguente progettazione di centrali idroelettriche;
- indagini finalizzate alla definizione della vulnerabilità degli acquiferi superficiali e profondi, del grado di inquinamento degli stessi ed della propagazione dei contaminanti in falda;
- progettazione di impianti di depurazione e smaltimento delle acque reflue, tramite l'utilizzo dei sistemi previsti dalla normativa vigente (fosse Imhoff, depuratori, ecc.) e relativi sistemi disperdenti nel suolo (pozzi e trincee drenanti) e/o in acque superficiali;
- studi idrologici e verifiche per la compatibilità idraulica di progetti edificatori ed aree edificabili rispetto a corsi d'acqua naturali o di origine antropica.

INDAGINI AMBIENTALI

L'obiettivo fondamentale delle scienze ambientali e delle normative ad esse correlate è quello di conoscere in maniera approfondita e contestualmente conservare e proteggere le risorse ambientali nel loro complesso, secondo un equilibrato rapporto di valori, recuperando inoltre, laddove possibile, le situazioni di degrado e deterioramento ambientale esistenti.

In questa ottica la PRO.GEO. s.r.l. si occupa di:

- piani di bonifica ambientale e studi di caratterizzazione e gestione di siti potenzialmente inquinati;
- studi geologici e geotecnici di supporto alla stesura di piani di coltivazione finalizzati all'attività estrattiva (cave) di materiale inerte secondo il vigente D.P.A.E. (Documentazione Programmatica dell'Attività Estrattiva);
 - studi geologici, geotecnici ed idrogeologici finalizzati alla progettazione di discariche;
 - campionamento di terreni;
 - studi geologici, geomorfologici e idrogeologici finalizzati alla VIA (Valutazione di Impatto Ambientale) ed alla VAS (Valutazione Ambientale Strategica);
 - studi, rilevamenti, indagini geognostiche e monitoraggi strumentali, a supporto di una corretta progettazione nella stabilizzazione di frane, di dissesti idrogeologici, di pendii e scarpate dissestate o potenzialmente instabili;
- opere di sistemazione ambientale idraulico-forestali con tecniche di ingegneria naturalistica.

ALCUNI DEI PRINCIPALI LAVORI ESEGUITI:

| 2020 | |
|---|--|
| - Settembre 2016 – Aprile 2020: Monitoraggio inclinometrico mensile su n. 6 inclinometri posizionati in corrispondenza del ponte ferroviario sul Rio Cavo, al km 54+802 della linea ferroviaria Lucca – Aulla, nel Comune di Camporgiano (LU). | C.E.M.E.S. S.p.A. (Pisa) |
| - Giugno 2015 – Aprile 2020: Monitoraggio inclinometrico mensile su n. 3 inclinometri posizionati su versante interessato da movimento franoso, in corrispondenza di un tratto di linea ferroviaria Lucca – Aulla, in località Boscaccio (Camporgiano - LU). | C.E.M.E.S. S.p.A. (Pisa) |
| - Aprile 2020: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto per la sistemazione idraulica di un tratto tombato del Fosso Canalaccio presso il polo scolastico di Via N. Fabrizi in Castelnuovo di Garfagnana capoluogo. | Comune di Castelnuovo di Garfagnana (LU) |
| - Febbraio 2020: Prospezioni sismiche eseguite presso il ponte sul Fiume Taro presso la stazione ferroviaria di Ostia Parmense, sulla linea Parma – Vezzano Ligure, nel Comune di Borgo Val di Taro (PR). | C.E.M.E.S. S.p.A. (Pisa) |
| - Dicembre 2019 – Febbraio 2020: Prospezioni sismiche attive e passive ed indagini geoelettriche eseguite presso il ponte a campate sul Fiume Taro al Km 60+010 della linea ferroviaria Parma – Vezzano Ligure, nel Comune di Borgo Val di Taro (PR). | C.E.M.E.S. S.p.A. (Pisa) |

| 2018-2019 | |
|---|--|
| - Ottobre 2019: Prospezioni sismiche e geoelettriche eseguite presso l'area dello stabilimento KME Italy S.p.A. nella frazione di Fornaci di Barga (Barga, LU) | KME Italy S.p.A. |
| - Settembre 2019: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto per la messa in sicurezza del parcheggio e della viabilità di accesso alla frazione di Sillico (Comune di Pieve Fosciana, LU) | Comune di Pieve Fosciana (LU) |
| - Giugno 2019: Prospezioni sismiche di supporto alla messa in sicurezza di versante nella frazione di Gragliana (Comune di Fabbriche di Vergemoli, LU) | Comune di Fabbriche di Vergemoli (LU) |
| - Giugno 2019: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto per la regimazione idraulica delle acque superficiali e per la stabilizzazione sotto il profilo idrogeologico della strada Torrite-Granciglia, nel Comune di Castelnuovo di Garfagnana (LU). | Comune di Castelnuovo di Garfagnana (LU) |
| - Maggio-Giugno 2019: Prospezioni sismiche attive e passive eseguite presso alcune cave di marmo situate nelle località di Piastra Bagnata, Cava Borella, Col di Beteto e Fossa dei Tomei nel Comune di Vagli Sotto (LU). | Coop. GEOSER Soc. a.r.l. (S. Giuliano Terme, PI) |
| - Marzo 2019: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di recupero dell'antico borgo di Isola Santa (Comune di Careggine, LU). | Comune di Careggine (LU) |
| - Febbraio 2019: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite lungo la tratta della linea ferroviaria Lucca-Viareggio presso le stazioni di Massarosa e Nozzano (LU). | C.E.M.E.S. S.p.A. (Pisa) |
| - Febbraio 2019: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto all'intervento di somma urgenza per la messa in sicurezza del movimento franoso sulla strada comunale del Molino del Sillico (Comune di Pieve Fosciana, LU) | Comune di Pieve Fosciana (LU) |
| - Novembre 2018 – Gennaio 2019: Indagini geofisiche eseguite nei Comuni di Barga e Pescaglia (LU), nell'ambito del Programma per gli Studi di Microzonazione Sismica di livello 2 della Regione Toscana. | Unione Comuni Media Valle del Serchio |

| | |
|--|---|
| - Maggio 2017 – Gennaio 2019: Indagini geofisiche eseguite nel Comune di Castiglione di Garfagnana nell’ambito del programma di Microzonazione Sismica di livello 1 della Regione Toscana. | Comune di Castiglione di Garfagnana (LU) |
| - Gennaio 2019: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto all’intervento di recupero della chiesa di S. Maria Maddalena nel Comune di Molazzana (LU). | Comune di Molazzana (LU) |
| - Gennaio 2019: Prospezioni sismiche attive e passive eseguite nell’area dell’Ospedale S. Croce di Castelnuovo di Garfagnana (LU). | Azienda USL Toscana Nord Ovest |
| - Dicembre 2018: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto all’intervento di messa in sicurezza di movimento franoso a valle di un tratto di strada compreso tra il Ponte del Sillico e la località Trscaglia, nel Comune di Pieve Fosciana (LU). | Comune di Pieve Fosciana (LU) |
| - Ottobre 2018: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai lavori di consolidamento strutturale di un muro di sostegno a corredo di un immobile comunale di n. 9 alloggi di edilizia sovvenzionate, in Via Cavour, in Galliciano capoluogo (LU). | E.R.P. Lucca |
| - Ottobre 2018: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai lavori di messa in sicurezza del versante in località Le Coste, nel Comune di Castelnuovo di Garfagnana (LU). | Comune di Castelnuovo di Garfagnana (LU) |
| - Ottobre 2018: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di sistemazione idraulica del canale sito in località Le Capanne, in Galliciano capoluogo. | Comune di Galliciano (LU) |
| - Settembre 2018: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di restauro della Rocca Ariostesca per la creazione di un polo museale su Ludovico Ariosto e la Garfagnana nel 500, in Castelnuovo di Garfagnana capoluogo. | Comune di Castelnuovo di Garfagnana (LU) |
| - Luglio-Agosto 2018: Prospezioni sismiche di superficie e in foro tipo “down-hole” ed indagini con georadar a supporto del progetto della Variante di S. Chiara, lotto 2, lungo la S.R. 445 “della Garfagnana”, in località Gassano, nel Comune di Fivizzano (MS). | Intersonda s.r.l. – Castelnuovo di Garfagnana |
| - Maggio 2018: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di miglioramento/adequamento sismico di condominio sito in Via Lunigiana, 16 - La Spezia. | Duferco Energia S.p.A. |
| - Aprile-Maggio 2018: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite presso l’area dello stabilimento KME Italy S.p.A. nella frazione di Fornaci di Barga (Barga, LU). | KME Italy S.p.A. |
| - Dicembre 2016 – Febbraio 2018: Indagini geofisiche eseguite nel Comune di Fosciandora nell’ambito del programma di Microzonazione Sismica di livello 1 della Regione Toscana. | Comune di Fosciandora (LU) |
| - Gennaio 2018: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite lungo la viabilità comunale Fornovolasco – San Pellegrinetto e Fornovolasco – Grotta del Vento, nel Comune di Fabbriche di Vergemoli (LU). | Comune di Fabbriche di Vergemoli (LU) |
| - Gennaio 2018: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite lungo la S.R. 445 della Garfagnana in località Passo dei Carpinelli, nel Comune di Minucciano (LU). | Provincia di Lucca |

| 2016-2017 | |
|---|---|
| - Dicembre 2017: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite in corrispondenza di diversi movimenti franosi verificatisi lungo la strada comunale Via del Giovetto e presso le località Fontana delle Monache e Boana, nel Comune di Vagli Sotto (LU). | Comune di Vagli Sotto (LU) |
| - Dicembre 2017: Indagini geognostiche e geofisiche a supporto dei lavori di sistemazione movimento franoso lungo la viabilità di accesso alla località "Madonna del Soccorso", nel Comune di MInucciano (LU). | Comune di MInucciano (LU) |
| - Dicembre 2017: Indagini geognostiche e geofisiche a supporto dei lavori di somma urgenza per la messa in sicurezza di frana lungo la strada comunale per le Porciglie, in località Le Coste, nel Comune di Castelnuovo di Garfagnana (LU). | Intersonda s.r.l. – Castelnuovo di Garfagnana |
| - Novembre 2017: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite presso l'area dello stabilimento Kedrion nella frazione di Bolognana (Gallicano – LU). | Kedrion S.p.A. |
| - Novembre 2017: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite presso Piazza Mazzini in Coreglia Antelminelli capoluogo (LU). | Comune di Coreglia Antelminelli (LU) |
| - Ottobre 2017: Indagini geofisiche eseguite in località "Il Colle", lungo la viabilità comunale Vergemoli – Grotta del Vento, nel Comune di Fabbriche di Vergemoli (LU). | Comune di Fabbriche di Vergemoli (LU) |
| - Agosto 2017: Indagini geofisiche eseguite lungo il corso del Fiume Serchio, in località Pineta di Naggio, nel Comune di S. Romano in Garfagnana (LU). | Consorzio di Bonifica 1 Toscana Nord |
| - Maggio-Ottobre 2017: Indagini geofisiche eseguite nei Comuni di Bagni di Lucca e Coreglia Antelminelli (LU), nell'ambito del Programma per gli Studi di Microzonazione Sismica di livello 2 della Regione Toscana. | Unione Comuni Media Valle del Serchio |
| - Agosto 2017: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite lungo la viabilità di collegamento Riana - Treppignana, in località Felicioni, nel Comune di Fosciandora (LU). | Comune di Fosciandora (LU) |
| - Maggio 2017: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di realizzazione di opera di accessibilità per disabili, tramite sistema di trasporto tipo Monrail, presso la Fortezza di Verrucole, nel Comune di San Romano in Garfagnana (LU). | Soc. Coop. La Pania di Corfino |
| - Aprile 2017: Indagini geofisiche a supporto del progetto esecutivo per gli interventi di difesa dal dissesto idrogeologico lungo il Torrente Ricortola e di consolidamento spalle ponte ferroviario presso la zona industriale di Massa, lungo la linea ferroviaria Pisa-Genova, nel Comune di Massa (MS). | RFI – Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane |
| - Febbraio 2017: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'ambito del progetto "Ducato Estense", per gli interventi di restauro architettonico e ripristino della fruizione pubblica della Rocca di Trassilico (Comune di Gallicano, LU). | Comune di Gallicano (LU) |
| - Febbraio 2017: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite lungo il Torrente Esàrulo nei pressi della località Molino di Castiglione, nel Comune di Castiglione di Garfagnana (LU). | Consorzio di Bonifica 1 Toscana Nord |
| - Febbraio 2017: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite sulla sinistra del Fiume Serchio presso le località Castellaccio e Mulino di Cogna, nel Comune di Sillano Giuncugnano (LU). | Consorzio di Bonifica 1 Toscana Nord |

| | |
|---|--------------------------------------|
| - Dicembre 2016: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite in corrispondenza del dissesto franoso presente sulla destra idrografica del Fosso del Ponte in Careggine capoluogo (LU). | Consorzio di Bonifica 1 Toscana Nord |
| - Dicembre 2016: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite in corrispondenza di vari dissesti franosi nelle località La Costa e Corvetti e lungo il Rio Pezzalunga e il Rio Ripavertala, presso la frazione di Tereglio, nel Comune di Coreglia Antelminelli (LU). | Consorzio di Bonifica 1 Toscana Nord |
| - Novembre 2016: Misure di microtremore ambientale a stazione singola (metodo HVSR) eseguite nei centri abitati di Vagli Sotto, Vagli Sopra, Campocatino e Roggio nel Comune di Vagli Sotto (LU), nell'ambito delle indagini geologiche di supporto al Piano Strutturale comunale. | Comune di Vagli Sotto (LU) |
| - Ottobre 2016: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite nelle località di "Penna del Sasso" e "Strada Vaiano", nel Comune di Vagli Sotto (LU), a supporto del progetto di realizzazione di una "zip-line" sul lago di Vagli, denominata "Volo dell'Angelo". | Vagli Sotto Park s.r.l. |
| - Settembre 2016: Indagini geognostiche e geofisiche a supporto del progetto di adeguamento della viabilità comunale di Via Piana in Sillano (LU). | Comune di Sillano Giuncugnano (LU) |
| - Marzo-Maggio 2016: Prospezioni sismiche e geoelettriche a supporto dei lavori propedeutici al risanamento e consolidamento statico del ponte ferroviario sul Rio Cavo, al Km 54+802 della linea ferroviaria Lucca – Aulla, nel Comune di Camporgiano (LU). | C.E.M.E.S. S.p.A. (Pisa) |
| - Aprile 2016: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite a supporto della sistemazione di movimento franoso in località Bacciano, nella frazione di Villetta del Comune di S. Romano in Garfagnana (LU). | Fontanini Ivano s.n.c. |
| - Marzo 2016: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite in corrispondenza di diversi lotti dell'area P.I.P. sita in località "Frascone", nel Comune di Barga (LU). | San Quirico s.r.l. Guidi Gino S.p.A. |
| - Febbraio 2016: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite il località "campo sportivo" all'interno del complesso turistico "Il Ciocco" nella frazione di Castelvecchio Pascoli (Barga – LU). | Ciocco s.p.a. |
| - Gennaio 2016: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai lavori di messa in sicurezza dell'area P.I.P., in località "Chitarrino", nella frazione di Fornaci di Barga (Comune di Barga, LU). | Comune di Barga (LU) |

| 2014- 2015 | |
|---|------------------------|
| - Gennaio 2014 – Luglio 2015: Monitoraggio inclinometrico semestrale su n. 28 inclinometri posizionati sulle sponde degli invasi artificiali ENEL di Vagli (Comune di Vagli Sotto – LU) e Isola Santa (Comune di Careggine – LU). | ENEL S.p.A. |
| - Gennaio 2014 – Luglio 2015: Monitoraggio inclinometrico semestrale su n. 5 inclinometri posizionati sul corpo diga del lago artificiale ENEL di Paduli (Comune di Comano – MS). | ENEL S.p.A. |
| - Giugno - Luglio 2015: Prove penetrometriche dinamiche (DPSH), prospezioni sismiche a rifrazione, prove MASW, prospezioni sismiche in foro (down-hole), misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR) e misure freaticometriche eseguite presso l'Aeroporto Militare di Ghedi (BS) a supporto del progetto per la realizzazione di nuove infrastrutture. | Intertecno S.p.a. (MI) |

| | |
|--|--|
| - Luglio 2015: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite a supporto dei lavori di straordinaria manutenzione alla rete di smaltimento delle acque meteoriche e superficiali, in località Fornoli. | Comune di Bagni di Lucca (LU) |
| - Aprile – Giugno 2015: Misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR) eseguite nel Comune di Villa Collemandina nell’ambito del programma di Microzonazione Sismica della Regione Toscana. | Comune di Villa Collemandina (LU) |
| - Giugno 2015: Monitoraggio inclinometrico su n. 5 inclinometri posizionati su versante in dissesto in località Dalli Sotto. | Comune di Sillano (LU) |
| - Giugno 2015: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite presso il Passo di Pradarena (Sillano) a supporto del progetto di installazione di torre eolica. | Comune di Sillano - Giuncugnano (LU) |
| - Maggio 2015: Prove penetrometriche dinamiche (DPSH), prospezioni sismiche a rifrazione, prove MASW, prospezioni sismiche in foro (down-hole), misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR) e monitoraggio inclinometrico su n. 1 inclinometro su un tratto di linea ferroviaria Lucca – Aulla, a supporto del progetto di bonifica del versante in dissesto in località Boscaccio (Camporgiano - LU). | RFI – Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane |
| - Aprile 2015: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto per la manutenzione del territorio per la riduzione del rischio idrogeologico lungo la strada comunale Corfino – Sulcina. | Comune di Villa Collemandina (LU) |
| - Gennaio – Marzo 2015: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai progetti di bonifica dei versanti in dissesto in varie località dei Comuni di Castelnuovo di Garfagnana, Sillano – Giuncugnano, Molazzana, Vagli Sotto e Gallicano. | Unione Comuni Garfagnana - LU |
| - Marzo 2015: Monitoraggio inclinometrico su n. 1 inclinometro posizionato su versante interessato da movimento franoso in località Filicaia (Camporgiano - LU). | Provincia di Lucca |
| - Febbraio 2015: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di ampliamento riqualificazione energetica e ristrutturazione della scuola primaria di Lunata e Tassignano. | Comune di Capannori (LU) |
| - Febbraio 2015: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di demolizione e contestuale ricostruzione di edifici esistenti con cambio di destinazione d’uso in direzionale nella frazione di Castelvecchio Pascoli (Barga – LU). | Ciocco S.p.a. (LU) |
| - Gennaio 2015: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di riqualificazione ambientale sul lago di Gramolazzo. | Comune di Minucciano (LU) |
| - Gennaio 2015: Misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR) di supporto al piano di recupero dell’alpeggio “Le Prade Garfagnine”. | Comune di Fosciandora (LU) |
| - Gennaio 2015: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto degli interventi di ripristino di alcuni dissesti idrogeologici di versante e ripristino sezioni idrauliche lungo il corso del Rio dell’Orso (Barga – LU). | Unioni dei Comuni della Media Valle del Serchio (LU) |
| - Gennaio 2015: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto degli interventi di ripristino sezioni idrauliche lungo il corso del Rio dell’Orso (Barga – LU). | Consorzio 1 Toscana Nord (LU) |
| - Febbraio – Dicembre 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai progetti di ripristino della viabilità comunale e bonifica di versanti in dissesto in varie località del Comune di Bagni di Lucca (LU). | Comune di Bagni di Lucca (LU) |
| - Gennaio – Novembre 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai progetti di ripristino della viabilità provinciale in varie località dei comuni di Molazzana, Castiglione di Garfagnana, Villa Collemandina e Coreglia Antelminelli. | Provincia di Lucca |

| | |
|---|--|
| - Novembre 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto per la realizzazione di un nuovo fabbricato in località Bosa (Careggine - LU). | Parco Regionale delle Alpi Apuane |
| - Novembre 2014: Prospezioni sismiche a rifrazione, prove MASW e misura di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR) a supporto del progetto dei lavori per il contenimento dei movimenti franosi presso i Km 71+850 e 71+485 della linea ferroviaria Lucca – Aulla nella tratta Equi Terme - Monzone (Fivizzano - MS). | RFI – Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane |
| - Gennaio – Ottobre 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai progetti di bonifica dei versanti in dissesto in varie località dei comuni di Borgo a Mozzano e Barga. | Unione dei Comuni Media Valle del Serchio - LU |
| - Febbraio – Ottobre 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai progetti di bonifica dei versanti in dissesto nelle località di Perpoli, Ponte Lorenzaccio, Fiattone e Chieva. | Comune di Galliciano (LU) |
| - Settembre – Ottobre 2014: Misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR) eseguite nel Comune di Fabbriche di Vergemoli nell’ambito del programma di Microzonazione Sismica della Regione Toscana. | Comune di Fabbriche di Vergemoli (LU) |
| - Gennaio – Settembre 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai progetti di bonifica dei versanti in dissesto, di sistemazione idraulica ed urbana nelle località di Antognano, Pugliano e Pieve San Lorenzo. | Comune di Minucciano (LU) |
| - Settembre 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai progetti di bonifica dei versanti in dissesto in varie località dei comuni di Villa Collemantina, Castelnuovo di Garfagnana, Molazzana, Galliciano, Castiglione di Garfagnana, Pieve Fosciana e Minucciano. | Unione Comuni Garfagnana - LU |
| - Settembre 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto per la stabilizzazione del versante in dissesto in località Magliano a Sera. | Comune di Giuncugnano (LU) |
| - Gennaio - Agosto 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di ripristino viabilità comunale interessata da dissesti franosi tra le località di Campolemisi e San Pellegrinetto. | Comune di Fabbriche di Vergemoli (LU) |
| - Aprile – Agosto 2014: Misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR), prospezioni sismiche a rifrazione, prove sismiche MASW ed indagini sismiche passive ESAC eseguite nel Comune di Sillano nell’ambito del programma di Microzonazione Sismica della Regione Toscana. | Regione Toscana |
| - Agosto 2014: Prove penetrometriche dinamiche (DPSH), prospezioni sismiche in foro (down-hole) e misura di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR) a supporto del progetto di ristrutturazione edilizia di fabbricato ad uso commerciale nella frazione di Ponte all’Ania, località Mencagli (Barga – LU). | Società Idea Fimit s.g.r. (Roma) |
| - Agosto 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto per il consolidamento di un tratto di versante sulla viabilità comunale in Vagli Sotto capoluogo. | Comune di Vagli Sotto (LU) |
| - Luglio 2014: Prove penetrometriche dinamiche (DPSH), prospezioni sismiche a rifrazione, prove MASW e misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR) eseguite a supporto del progetto di completamento dei lavori per la sistemazione del movimento franoso in località Pasquigliora. | Comune di Castelnuovo di Garfagnana (LU) |
| - Luglio 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto alla Variante al Piano di Recupero del centro storico di Piazza Bassa. | Comune di Piazza al Serchio (LU) |

| | |
|---|-------------------------------------|
| - Luglio 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di ampliamento del cimitero comunale in Sillano capoluogo. | Comune di Sillano (LU) |
| - Giugno 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto per la realizzazione di un parcheggio nella frazione di Magliano a Sera. | Comune di Giuncugnano (LU) |
| - Giugno 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di ampliamento della Scuola elementare – media in località Masotti. | Comune di Serravalle Pistoiese (PT) |
| - Giugno 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di ampliamento della Scuola elementare – media in località Masotti. | Comune di Serravalle Pistoiese (PT) |
| - Maggio 2014: Monitoraggio vibrazioni su fabbricati presso l’area di cantiere “Incile dell’Arno” presente in via Viaccia, in Pisa. | Impresa Forti s.p.a. (PI) |
| - Maggio 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di realizzazione di tettoia in acciaio per deposito materiali all’interno dello stabilimento KME Italy s.p.a. di Fornaci di Barga (Barga – LU). | KME Italy s.p.a. |
| - Febbraio – Aprile 2014: Indagini geognostiche e geofisiche e monitoraggio inclinometrico su n. 2 inclinometri di supporto ai progetti di bonifica dei versanti in dissesto all’interno del complesso turistico “Il Ciocco” nella frazione di Castelvecchio Pascoli (Barga – LU). | Ciocco s.p.a. |
| - Marzo 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto alla Variante al Piano Urbanistico Attuativo in località Selvapiana (Galliciano – LU). | The Tuscan Dream s.r.l. |
| - Marzo 2014: Prospezioni sismiche a rifrazione e prove sismiche MASW di supporto al progetto di messa in sicurezza delle aree poste in adiacenza al Fiume Serchio, presso lo stabilimento KME Italy s.p.a. di Fornaci di Barga (Barga – LU). | KME Italy s.p.a. |
| - Gennaio – Febbraio 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai progetti di bonifica dei versanti in dissesto nelle località di Trescaglia e Bargecchia. | Comune di Pieve Fosciana (LU) |
| - Febbraio 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai progetti di bonifica dei versanti in dissesto nelle località di Migliano e Riana. | Comune di Fosciandora (LU) |
| - Gennaio 2014: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto alle opere di adeguamento e messa in sicurezza idraulica del sistema di smaltimento reflui e dell’impianto di depurazione di Castelvecchio Pascoli (Barga – LU). | Kedrion S.p.A. |

| 2011- 2013 | |
|---|--------------------------|
| - Gennaio 2011 – Dicembre 2013: Monitoraggio inclinometrico semestrale su n. 28 inclinometri posizionati sulle sponde degli invasi artificiali ENEL di Vagli (Comune di Vagli Sotto – LU) e Isola Santa (Comune di Careggine – LU). | ENEL S.p.A. |
| - Maggio 2012 – Dicembre 2013: Monitoraggio inclinometrico su n. 5 inclinometri posizionati su versante in dissesto in località Dalli Sotto. (LU) | Comune di Sillano |
| - Agosto – Dicembre 2013: Prove penetrometriche dinamiche (DPSH), prospezioni sismiche a rifrazione, prove MASW, misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR), monitoraggio inclinometrico su n. 3 inclinometri e misure freaticometriche di supporto al programma di monitoraggio di un versante in frana in località Cà di Matteo. | Comune di Molazzana (LU) |

| | |
|---|--|
| - Gennaio – Agosto 2013: Misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR), prospezioni sismiche a rifrazione e prove sismiche MASW eseguite nel Comune di Pieve Fosciana nell'ambito del programma di Microzonazione Sismica della Regione Toscana. | Comune di Pieve Fosciana (LU) |
| - Febbraio – Novembre 2013: Misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR) eseguite nel Comune di Galliciano nell'ambito del programma di Microzonazione Sismica della Regione Toscana. | Galliciano (LU) |
| - Marzo – Dicembre 2013: Misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR), prospezioni sismiche a rifrazione e prove sismiche MASW eseguite nel Comune di Molazzana nell'ambito del programma di Microzonazione Sismica della Regione Toscana. | Comune di Molazzana (LU) |
| - Novembre 2013: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto alla Variante al Piano Urbanistico Attuativo per l'area E.R.P. in località Torrite. | Comune di Castelnuovo di Garfagnana (LU) |
| - Novembre 2013: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai progetti di ripristino della viabilità comunale e bonifica di versanti in dissesto nelle località di Rio Usceto e La Mandria. | Comune di Galliciano (LU) |
| - Novembre 2013: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai progetti di ripristino della viabilità comunale e bonifica di versanti in dissesto in varie località del Comune di Molazzana. | Comune di Molazzana (LU) |
| - Novembre 2013: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai lavori di ripristino della viabilità comunale in località Riolo. | Comune di Bagni di Lucca (LU) |
| - Ottobre 2013: Prospezioni sismiche a rifrazione e prove sismiche MASW di supporto al progetto di ripristino della viabilità comunale per la frazione di Piastraso interessata da dissesto franoso. | Comune di Coreglia Antelminelli (LU) |
| - Ottobre 2013: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di sistemazione viabilità comunale e messa in sicurezza del versante in dissesto nella frazione di Massa Sassorosso. | Comune di Villa Collemandina (LU) |
| - Ottobre 2013: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di nuove infrastrutture nell'area dell'Ospedale di Santa Croce di Castelnuovo di Garfagnana (LU). | Azienda USL 2 Lucca |
| - Ottobre 2013: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto agli interventi di manutenzione straordinaria su impianto di depurazione esistente presso lo stabilimento SCHOTT – Italtetro S.p.A., in località Anchiano (Borgo a Mozzano -LU). | SCHOTT – Italtetro S.p.A. |
| - Settembre 2013: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai progetti di ampliamento dei cimiteri della frazione di Isola Santa e di Careggine capoluogo. | Comune di Careggine (LU) |
| - Settembre 2013: Prove penetrometriche dinamiche (DPSH), prospezioni sismiche a rifrazione, prove MASW e misura di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR) eseguite a supporto del Piano di Insediamento Produttivo (PIP) in località Col del Cavallo, nella frazione di Ponte Stazzemesese. | Comune di Stazzema (LU) |
| - Agosto 2013: Prospezioni sismiche a rifrazione e prove MASW a supporto dell'intervento di sistemazione del ponte sul Rio Ceserano al Km 41+693 della linea ferroviaria Lucca – Aulla presso la stazione di Fosciandora (LU). | RFI – Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane |

| | |
|---|--|
| - Marzo - Agosto 2013: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto ai lavori di sistemazione movimenti franosi, regimazione delle acque e manutenzione straordinaria delle opere esistenti, per la riduzione del rischio idrogeologico nelle località Monti e Felicioni, lungo la strada comunale tra le frazioni di Riana e Treppignana. | Comune di Fosciandora (LU) |
| - Luglio 2013: Prospezioni sismiche a rifrazione, prove MASW e misura di rumore ambientale a stazione singola (HVSr) eseguite in Minucciano (LU), nell'ambito delle indagini programmate dalla Regione Toscana successivamente all'evento sismico del 21 Giugno 2013. | Regione Toscana |
| - Luglio 2013: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di ripristino della viabilità comunale per la frazione di Sillico interessata da dissesto franoso. | Comune di Pieve Fosciana (LU). |
| - Giugno 2013: Prove penetrometriche dinamiche (DPSH), prospezioni sismiche a rifrazione, prove sismiche MASW e misure di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSr) eseguite a supporto degli studi di vari movimenti franosi nelle località di Agliano e Rimessa di Agliano (Minucciano – LU) e lungo la S.P. 51 a Sud-Ovest di Nicciano (Piazza al Serchio – LU). | Provincia di Lucca |
| - Giugno 2013: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite presso l'area dello stabilimento Kedrion nella frazione di Bolognana (Galliciano – LU), a supporto del progetto di realizzazione di un'isola ecologica. | Kedrion S.p.A. |
| - Maggio 2013: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto per la realizzazione di un'area mercatale in Via Fontevecchia in Careggine capoluogo. | Comune di Careggine (LU) |
| - Maggio 2013: Prove penetrometriche dinamiche (DPSH) e statiche (CPT), prospezioni sismiche a rifrazione e prove MASW di supporto al progetto per la realizzazione di un fabbricato commerciale in Barga capoluogo, Via di Canipaia. | Immobiliare MEL s.r.l. |
| - Aprile 2013: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di bonifica di dissesto lungo la viabilità interna al complesso turistico del Ciocco, nel tratto compreso tra le località Bimbini e Casaccia. | Ciocco S.p.A. |
| - Marzo – Aprile 2013: Prove penetrometriche dinamiche (DPSH), prove penetrometriche statiche (CPT), prospezioni sismiche a rifrazione, prove sismiche MASW, prospezioni geoelettriche (polo-dipolo) e misure freatimetriche eseguite in località Ponte alla Navetta (Calcinaia – PI), a supporto del progetto di bonifica di movimento franoso lungo la S.P. 5. | Terra Uomini Ambiente |
| - Marzo 2013: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di ampliamento del cimitero della frazione di Gramolazzo. | Comune di Minucciano (LU) |
| - Marzo 2013: Prospezioni sismiche a rifrazione e prove MASW a supporto degli interventi di urgenza per il consolidamento del versante ai Km 39+200 e 44+600 della linea ferroviaria Lucca – Aulla nella tratta Castelnuovo di Garfagnana – Castelvecchio Pascoli (LU). | RFI – Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane |
| - Marzo 2013: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite a supporto della realizzazione di nuove infrastrutture lungo la S.P.16 in località Petrognano (Piazza al Serchio – LU). | Provincia di Lucca. |
| - Febbraio 2013: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite a supporto degli interventi di riqualificazione ambientale e realizzazione servizi turistici ricreativi sul lago di Gramolazzo. | Comune di Minucciano (LU) |

| | |
|---|--|
| - Marzo 2011 – Gennaio 2013: Monitoraggio inclinometrico su n. 4 inclinometri posizionati su versante interessato da movimento franoso in località “Monte Pigoli”, in Castiglione di Garfagnana capoluogo. | Comune di Castiglione di Garfagnana (LU) |
| - Dicembre 2012: Prospezioni sismiche eseguite a supporto della realizzazione di nuove infrastrutture lungo la S.R.445 in località Filicaia (Camporgiano – LU). | Provincia di Lucca |
| - Novembre 2012: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite presso la ex pista di Pattinaggio, a supporto degli interventi di realizzazione di infrastrutture e riqualificazione del centro storico del capoluogo. | Comune di Castelnuovo di Garfagnana (LU) |
| - Novembre 2012: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di ampliamento del cimitero della frazione di Migliano. | Comune di Fosciandora (LU) |
| - Settembre 2012: Prova penetrometrica dinamica (DPSH) e prospezione sismica in foro (down-hole), eseguite presso l'ex area “Montecatini” a supporto del progetto di completamento incubatore artigianale e di innovazione tecnologica di Gramolazzo. | Comune di Minucciano (LU) |
| - Agosto 2012: Prospezioni sismiche a rifrazione e prove sismiche MASW di supporto alla redazione del nuovo Regolamento Urbanistico del Comune di Villa Collemandina. | Comune di Villa Collemandina (LU) |
| - Aprile 2012: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di bonifica di versante in dissesto lungo la viabilità di collegamento tra le frazioni di Verni e Trassilico, presso il Canale Lofarno. | Comune di Galliciano (LU) |
| - Marzo 2012: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite in località Fornoli-Ponte delle Catene di supporto al progetto per la realizzazione di una centralina idroelettrica all'interno dello stabilimento ALCE S.p.A., nel Comune di Bagni di Lucca (LU). | ALCE S.p.A. |
| - Gennaio 2012: Prospezioni sismiche a rifrazione e prove sismiche MASW di supporto alla redazione del nuovo Regolamento Urbanistico del Comune di Vergemoli. | Comune di Vergemoli (LU) |
| - Agosto-Settembre 2011: Prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU) a supporto del progetto di riassetto idraulico di un tratto del Fiume Arno, in località Cisanello – PISA. | Geodrill s.r.l. |
| - Maggio 2011: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di sistemazione di tratto della Strada Regionale 445 in località Poggio, nel Comune di Camporgiano (LU). | Provincia di Lucca. |
| - Aprile 2011: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di bonifica di versante in dissesto lungo la viabilità provinciale di collegamento tra le frazioni di Varliano e Magliano. | Comune di Giuncugnano (LU) |
| - Aprile 2011: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto per la realizzazione di nuovo tratto di via di fuga in località Granciglia di Sotto della frazione di Sassi. | Comune di Molazzana (LU) |
| - Marzo 2011: Prospezioni sismiche a rifrazione e prove sismiche MASW di supporto al progetto per la sistemazione di dissesto franoso in sinistra Fosso di Coll'Aperto, presso la frazione di Castagnola, nel Comune di Minucciano (LU). | Comunità Montana della Garfagnana |
| - Febbraio 2011: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di ampliamento dei cimiteri delle frazioni di Varliano e Magliano. | Comune di Giuncugnano (LU) |
| - Gennaio 2011: Prospezioni sismiche a rifrazione e prove sismiche MASW di supporto al progetto per la sistemazione di un tratto del Torrente Bugliesima, nel Comune di Bagni di Lucca (LU). | Comunità Montana Media Valle del Serchio |

| | |
|--|--------------------|
| - Gennaio 2011: Prospezioni sismiche a rifrazione e prove sismiche MASW di supporto ai progetti di bonifica di versanti interessati da dissesti franosi sulla Strada Provinciale nelle località di Sillano capoluogo e Dalli Sotto, nel Comune di Sillano (LU). | Provincia di Lucca |
|--|--------------------|

| 2005- 2010 | |
|--|--|
| - Gennaio 2007 – Dicembre 2010: Monitoraggio inclinometrico semestrale su n. 28 inclinometri posizionati sulle sponde degli invasi artificiali ENEL di Vagli (Comune di Vagli Sotto – LU) e Isola Santa (Comune di Careggine – LU). | ENEL S.p.A. |
| - Luglio 2010 – Dicembre 2010: Monitoraggio inclinometrico su n. 5 inclinometri posizionati su versante in dissesto in località Dalli Sotto. | Comune di Sillano (LU) |
| - Giugno 2009 – Dicembre 2010: Monitoraggio inclinometrico su n. 4 inclinometri posizionati su versante interessato da movimento franoso in località “Monte Pigoli”, in Castiglione di Garfagnana capoluogo. | Comune di Castiglione di Garfagnana (LU) |
| - Dicembre 2009 – Dicembre 2010: Monitoraggio inclinometrico su n. 3 inclinometri posizionati su versante interessato da movimento franoso in frazione Campolemisi. | Comune di Vergemoli (LU) |
| - Dicembre 2010: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto per la realizzazione di nuovo forno di fusione all’interno dello stabilimento KME di Fornaci di Barga (Comune di Barga – LU). | Società KME Italy S.p.A. |
| - Novembre 2010: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di bonifica di versante in dissesto in località Dalli Sotto. | Comune di Sillano (LU) |
| - Ottobre 2010: Indagini geognostiche e geofisiche e direzione dei lavori di esecuzione sondaggi geognostici di supporto al progetto per l’adeguamento infrastrutturale e tecnologico della stazione di Minucciano-Pieve-Casola per l’attivazione del servizio di trasporto di graniglia e polveri di marmo, presso la stazione ferroviaria di Pieve S. Lorenzo, nel Comune di Minucciano (LU). | RFI- Gruppo Ferrovie dello Stato |
| - Luglio 2010: Indagini geognostiche e geofisiche eseguite presso la diga ENEL di Tistino, nel Comune di S. Marcello Pistoiese (PT). | CAMU s.r.l. |
| - Luglio 2010: Prospezioni geoelettriche a supporto della realizzazione di centralina idroelettrica sul Torrente Coccia, nel Comune di Bagni di Lucca (LU). | Tonarelli S.p.A. |
| - Giugno 2010: Indagini geognostiche e geofisiche (prospezioni sismiche e geoelettriche) di supporto al progetto di bonifica di versante in dissesto sulla Strada Provinciale n. 9 di Magliano (Comune di Giuncugnano – LU). | Provincia di Lucca |
| - Febbraio-Marzo 2010: Prospezioni sismiche e geoelettriche a supporto della realizzazione di centraline idroelettriche sui torrenti Ania, Acquetta, Segaccia nei Comuni di Barga e Coreglia Antelminelli (LU). | Tonarelli S.p.A. – Appennino Energia S.p.A |
| - Febbraio 2010: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto per la messa in sicurezza di versante interessato da movimento franoso in località “Monte Pigoli”, in Castiglione di Garfagnana capoluogo. | Comune di Castiglione di Garfagnana (LU) |
| - Gennaio 2010: Indagini geognostiche e geofisiche e direzione dei lavori di esecuzione sondaggi geognostici di supporto al progetto per la sistemazione e messa in sicurezza di versante interessato da movimento franoso in località “Pasquigliora”, sul versante sud-occidentale di Monte Alfonso, in Castelnuovo di Garfagnana capoluogo. | Comune di Castelnuovo di Garfagnana (LU) |

| | |
|--|---|
| - Dicembre 2009: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di bonifica di area in dissesto lungo la strada comunale Riana-Treppignana, in località Santa Maria della Stella. | Comune di Fosciandora (LU) |
| - Novembre 2009: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto per la realizzazione di nuova viabilità all'interno dello stabilimento KME di Fornaci di Barga (Comune di Barga – LU). | Società KME Italy S.p.A. |
| - Ottobre-Dicembre 2009: Prospezioni sismiche a rifrazione e prove sismiche MASW su versante interessato da movimento franoso in frazione Campolemissi. | Comune di Vergemoli (LU) |
| - Aprile 2009: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di sistemazione e messa in sicurezza del versante a valle della chiesa di S. Andrea in frazione Magliano a Mattino. | Comune di Giuncugnano (LU) |
| - Aprile 2009: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di sistemazione e messa in sicurezza di versante in Giuncugnano capoluogo. | Comune di Giuncugnano (LU) |
| - Febbraio 2009: Prospezioni sismiche a rifrazione di supporto alla redazione del nuovo Regolamento Urbanistico del Comune di Fosciandora. | Comune di Fosciandora (LU) |
| - Febbraio 2009: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di sistemazione e messa in sicurezza di versante interessato da movimento franoso in frazione Porreta. | Comune di Careggine (LU) |
| - Agosto 2008: Prospezioni sismiche in foro (down-hole) e direzione dei lavori di esecuzione sondaggi geognostici di supporto al progetto per la realizzazione del nuovo "Cargo Village" presso l'Aeroporto "G. Galilei" di PISA. | Società Cooperativa CMSA – Montecatini Terme (PT) |
| - Aprile 2008: Prospezioni sismiche a rifrazione e direzione dei lavori di esecuzione sondaggi geognostici di supporto al progetto di adeguamento della viabilità e della sezione idraulica del Fiume Serchio nei pressi dell'area "ex-Montecatini" nella frazione di Gramolazzo. | Comune di Minucciano (LU) |
| - Ottobre 2007: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto per la realizzazione di un nuovo parcheggio in Vergemoli capoluogo. | Comune di Vergemoli (LU) |
| - Aprile 2007: Prospezioni sismiche in foro (down-hole) di supporto al progetto per la realizzazione della nuova Scuola materna-elementare nella frazione di Pieve S. Lorenzo, nell'ambito del Progetto VEL-Regione Toscana. | Comune di Minucciano (LU) |
| - Ottobre 2006: Prospezioni sismiche in foro (down-hole) per la valutazione della vulnerabilità sismica dell'edificio Scuola Media in Camporgiano capoluogo e Scuola Elementare in frazione Filicaia, nell'ambito del Progetto VEL-Regione Toscana. | Comune di Camporgiano (LU) |
| - Aprile 2006: Prospezioni sismiche a rifrazione e in foro (down-hole) per la valutazione della vulnerabilità sismica dell'edificio sede comunale-ambulatorio-ufficio postale in Villa Collemandina capoluogo, nell'ambito del Progetto VEL-Regione Toscana (Valutazione Effetti sismici Locali). | Comune di Villa Collemandina (LU) |
| - Settembre 2005: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di adeguamento e messa in sicurezza della viabilità in località Ponte all'Ania. | Comune di Barga (LU) |
| - Settembre 2005: Indagini geognostiche e geofisiche di supporto al progetto di adeguamento e messa in sicurezza della viabilità in località Crociale-Mozzanella. | Comune di Castiglione di Garfagnana (LU) |

ALCUNI ESEMPI DELLE PRINCIPALI TIPOLOGIE D'INDAGINE

Prove penetrometriche



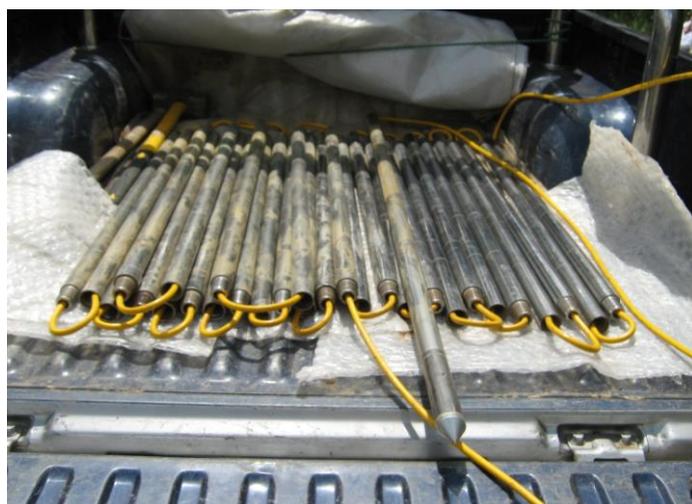
Prova penetrometrica statica-dinamica alla testa di versante in frana - Ponte alla Navetta (PISA)



Prova penetrometrica statica-dinamica all'interno di piazzola appositamente predisposta - Porcari (LUCCA)



Prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU) - argine del Fiume Arno, Cisanello (PISA): predisposizione del piezocono e delle aste di perforazione



Indagini sismiche



Prospezione sismica a rifrazione con onde P e prova MASW – Mologno (Barga – LU)



Prospezione sismica a rifrazione con onde SH - Dalli Sopra (Sillano – LU)



Prospezione sismica in foro con tecnica "down-hole" – Aeroporto militare di Ghedi (BS)



Misura di rumore ambientale a stazione singola (metodo HVSR) – Sulcina (Villa Collemantina – LU)

Indagini geoelettriche



Indagine geoelettrica tramite stendimento multipolare polo-dipolo – Torrente Ania (Barga - LU)

Monitoraggi



Misure inclinometriche sui versanti del lago artificiale di Vagli (LU)



Misure inclinometriche sul corpo diga del lago artificiale di Paduli (MS)



Monitoraggio di vibrazioni sull'antica cinta muraria di PISA