EARTH SYSTEM
GEOTECHNICAL SOLUTIONS



VERTEBRA

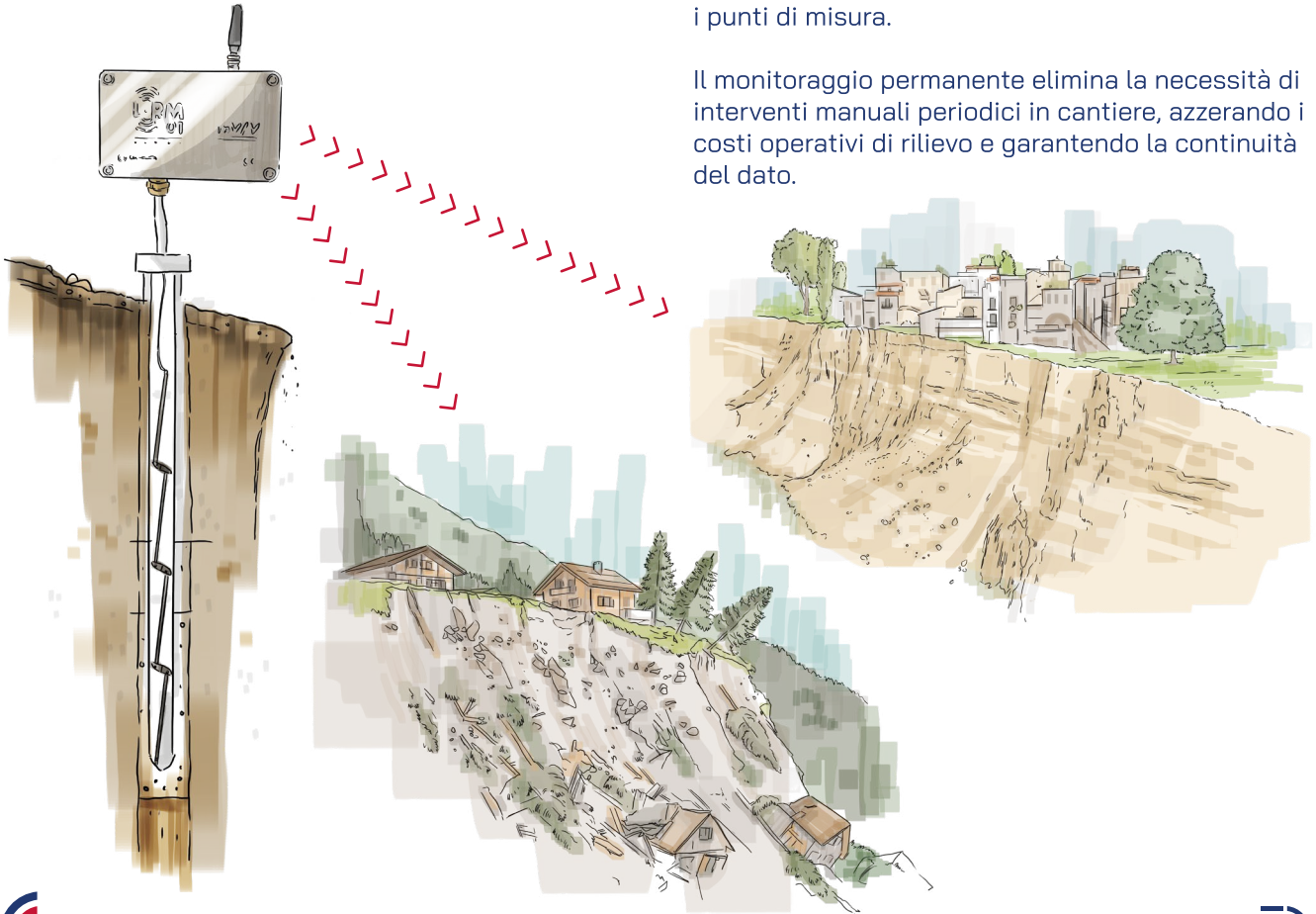
Sistema inclinometrico modulare

Il sistema VERTEBRA

VERTEBRA è un sistema inclinometrico modulare costituito da una catena di sonde equipaggiate con sensori MEMS, progettato per il monitoraggio continuo e distribuito delle deformazioni e degli spostamenti laterali all'interno di tubi inclinometrici o piezometrici.
Il sistema è composto da una **serie di nodi di misura collegati meccanicamente ed elettricamente tra loro**. Ogni nodo rappresenta un punto di misura indipendente e integra un sensore inclinometrico MEMS biassiale e l'elettronica necessaria per l'acquisizione e la comunicazione del dato.

La disposizione concatenata delle sonde permette di ricostruire la geometria del tubo lungo l'intera profondità monitorata e di **rilevare eventuali variazioni di inclinazione e deformazione**.
L'analisi della sequenza dei punti di misura consente inoltre di individuare la profondità delle zone interessate da movimenti e di seguirne l'evoluzione nel tempo. Rispetto a un sistema inclinometrico tradizionale, nel quale la misura viene normalmente effettuata mediante una sonda mobile, VERTEBRA permette di realizzare un **monitoraggio permanente e distribuito**, mantenendo disponibili contemporaneamente tutti i punti di misura.

Il monitoraggio permanente elimina la necessità di interventi manuali periodici in cantiere, azzerando i costi operativi di rilievo e garantendo la continuità del dato.



Punti di Forza

MODULARITÀ TOTALE

Ogni nodo è indipendente. La catena si assembla direttamente in cantiere ed è riconfigurabile nel tempo: è possibile aggiungere, rimuovere o sostituire singoli elementi senza rimpiazzare l'intero sistema.



INSTALLAZIONE RAPIDA

La connessione elettrica a 2 fili, non polarizzata e basata su connettori magnetici, azzera i tempi di cablaggio e riduce al minimo il rischio di errori di montaggio.



LEGGEREZZA E STABILITÀ

L'uso di aste in fibra di carbonio e snodi in acciaio inox garantisce rigidezza, stabilità dimensionale e un peso estremamente contenuto per facilitare la discesa in pozzo.



DOPPIA ARCHITETTURA DI COMUNICAZIONE

Possibilità di trasmissione dati verso l'unità di acquisizione (G802 o altra compatibile) sia tramite connessione cablata diretta, sia via radio LoRa senza filo per la massima flessibilità operativa.



MONITORAGGIO CONTINUO E AUTOMATICO

A differenza delle misurazioni periodiche a sonda mobile, VERTEBRA offre il rilievo permanente e in tempo reale dell'intero profilo deformativo.

Caratteristiche tecniche

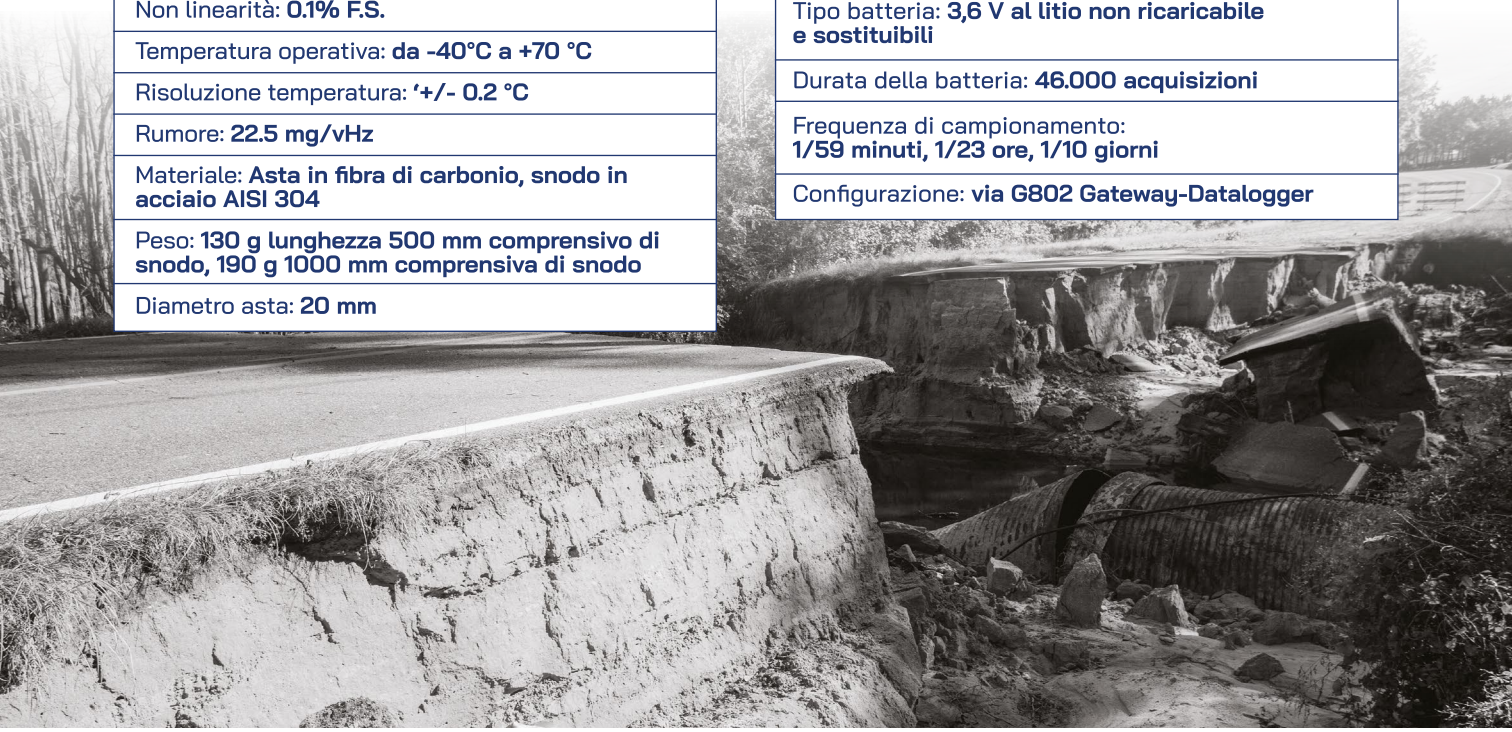
- Tecnologia di Misura: **Sensore MEMS 3D ad alta precisione integrato in ciascun nodo, con misura di inclinazione e temperatura.**
- Struttura Meccanica: **Aste in fibra di carbonio interconnesse da snodi articolati. Adattabile a tubi inclinometrici/piezometrici (Ø 2''½ - 4'').**
- Cablaggio e Alimentazione: **Bus a 2 fili non polarizzato su connettori magnetici con tecnologia a onde convogliate (PLC, Modbus RTU).**
- Trasmissione e Gestione: **Interfaccia HW collegabile al Datalogger (via cavo o Wireless LoRa) e integrazione con la piattaforma web Geo-Atlas.**

Specifiche Sensore e Meccanica

Range di misura: **0-360°**
Tipo di sensore: **3D MEMS**
Segnale di uscita: **angolo in gradi**
Risoluzione: **''0.005 mm/500 mm**
Ripetibilità: **''+/-0.002°**
Non linearità: **0.1% F.S.**
Temperatura operativa: **da -40°C a +70 °C**
Risoluzione temperatura: **'+/- 0.2 °C**
Rumore: **22.5 mg/vHz**
Materiale: **Asta in fibra di carbonio, snodo in acciaio AISI 304**
Peso: **130 g lunghezza 500 mm comprensivo di snodo, 190 g 1000 mm comprensiva di snodo**
Diametro asta: **20 mm**

Specifiche Modulo Wireless

Bande di frequenza: **863-870 MHz, 902-928 MHz, potenza 22 dBm**
Range comunicazione: **come da indicazioni comunicazione LoRa**
Consumi: **7µA in standby, 22mA in lavoro, 177µA medi**
Tipo batteria: **3,6 V al litio non ricaricabile e sostituibili**
Durata della batteria: **46.000 acquisizioni**
Frequenza di campionamento: **1/59 minuti, 1/23 ore, 1/10 giorni**
Configurazione: **via G802 Gateway-Datalogger**



Struttura meccanica e modularità

La catena inclinometrica è costituita da **elementi strutturali in fibra di carbonio**, scelti per le caratteristiche di leggerezza, elevata rigidezza e stabilità dimensionale.

I singoli elementi sono collegati mediante giunti meccanici articolati che consentono alla catena di seguire le deformazioni del tubo senza introdurre vincoli eccessivi al movimento relativo dei vari elementi.

L'interasse nominale tra i nodi può essere realizzato in configurazione da 500 mm o 1000 mm, in funzione delle esigenze di monitoraggio e della risoluzione richiesta.
La struttura è **completamente modulare**: le sonde vengono fornite come elementi singoli e possono essere assemblate direttamente in campo fino a ottenere la lunghezza necessaria.

QUESTA CARATTERISTICA PERMETTE DI:

- **Configurare il numero di nodi in funzione della profondità da monitorare;**
- **Modificare la lunghezza della catena;**
- **Aggiungere o rimuovere singoli elementi;**
- **Sostituire un singolo nodo senza dover sostituire l'intera catena;**
- **Adattare il sistema a differenti configurazioni di installazione.**

Ogni nodo ha una massa contenuta, nell'ordine di alcune centinaia di grammi, permettendo di realizzare catene di notevole lunghezza mantenendo un peso complessivo ridotto.
La struttura può essere adattata a tubi con diametro interno indicativamente compreso tra 2''½ e 4''.



Sensori e principio di funzionamento

Ogni nodo di VERTEBRA integra un **sensore inclinometrico MEMS biassiale**, in grado di rilevare le variazioni di inclinazione lungo due assi ortogonali.

Quando il terreno o la struttura circostante subisce una deformazione, il tubo inclinometrico modifica localmente la propria geometria. I singoli elementi della catena seguono tale deformazione e modificano il proprio orientamento.

Le misure di inclinazione dei singoli nodi, associate alla relativa profondità, vengono quindi utilizzate per ricostruire il profilo deformativo dell'intero tubo.

IL SISTEMA CONSENTE DI DETERMINARE E MONITORARE:

1. **Variazioni di inclinazione lungo la profondità.**
2. **Spostamenti laterali.**
3. **Deformazioni localizzate.**
4. **Profondità e sviluppo delle zone di movimento.**
5. **Evoluzione temporale delle deformazioni.**
6. **Andamento e velocità degli spostamenti.**

La presenza di numerosi punti di misura distribuiti lungo la verticale consente di ottenere una **rappresentazione dettagliata della deformazione**, rendendo il sistema particolarmente adatto al monitoraggio di fenomeni progressivi quali movimenti franosi, deformazioni di opere e strutture, scavi, rilevati e altre applicazioni geotecniche.



Collegamento elettrico e comunicazione

Uno degli elementi caratterizzanti di VERTEBRA è la **completa modularità** anche dal punto di vista elettrico.

Il collegamento tra i nodi viene realizzato mediante una **connessione a 2 fili**, utilizzati contemporaneamente sia per l'alimentazione che per la trasmissione dei dati, senza polarità, attraverso connettori magnetici.
L'assenza di polarità semplifica le operazioni di assemblaggio e riduce la possibilità di errori durante l'installazione.

La soluzione di connessione è inoltre progettata per poter operare in ambienti caratterizzati dalla presenza di **acqua e umidità**, condizione tipica dell'installazione all'interno di tubi interrati.

Il sistema dispone di funzioni di **auto-configurazione**, che consentono di riconoscere i nodi presenti nella catena e di gestire automaticamente la configurazione del sistema.



Interfaccia hardware e acquisizione

La catena inclinometrica VERTEBRA viene acquisita attraverso una specifica **interfaccia hardware (HW)**, che costituisce il punto di collegamento tra la catena di sensori e il sistema di acquisizione e trasmissione dei dati.

L'interfaccia HW permette la comunicazione con i nodi della catena, l'acquisizione delle misure e il trasferimento dei dati verso l'unità di gestione.

IL COLLEGAMENTO TRA L'INTERFACCIA DELLA CATENA VERTEBRA E E L'ACQUISITORE PUÒ ESSERE REALIZZATO SECONDO DUE MODALITÀ:

- **Collegamento via cavo**
  La comunicazione viene realizzata mediante connessione cablata, soluzione indicata quando l'unità di acquisizione è installata in prossimità della catena inclinometrica o quando è disponibile un collegamento fisico.

- **Collegamento wireless LoRa**
  La comunicazione può essere realizzata anche mediante collegamento radio LoRa, permettendo di separare fisicamente la catena inclinometrica dall'acquisitore e semplificando l'installazione nei casi in cui non sia conveniente realizzare un collegamento cablato.

Questa configurazione rende VERTEBRA integrabile in differenti architetture di monitoraggio, mantenendo separata la funzione di misura dalla funzione di acquisizione, trasmissione e gestione del dato.

L'architettura modulare consente quindi di utilizzare la stessa catena inclinometrica all'interno di sistemi di acquisizione differenti, in funzione delle esigenze specifiche dell'installazione.





Libertà nella gestione dei dati

L'architettura di VERTEBRA è stata concepita per **mantenere distinta** la funzione di acquisizione della misura dalla successiva gestione ed elaborazione dei dati.

La piattaforma proposta per la gestione, archiviazione, elaborazione e visualizzazione dei dati **Geo-Atlas**, è un ambiente web dedicato ai sistemi di monitoraggio, con gestione delle serie temporali, soglie, allarmi e visualizzazione dinamica.

L'utilizzo di Geo-Atlas non costituisce tuttavia un vincolo per il cliente: i dati acquisiti dal sistema VERTEBRA possono essere resi disponibili per essere elaborati, gestiti e visualizzati anche attraverso **software o piattaforme di proprietà del cliente o di sua scelta**.

Questa impostazione garantisce la separazione tra il sistema di misura e la piattaforma software utilizzata per la gestione del dato, lasciando al cliente la massima libertà nella scelta dell'architettura di supervisione e analisi.



EARTH SYSTEM
GEOTECHNICAL SOLUTIONS

via Artigianato, 5/A
43022 Montechiarugolo (PR) - Italia

t. +39 0521 394595

e. info@earthsystem.it

www.earthsystem.it