



## Aggiornamento sul monitoraggio dei fenomeni franosi: nuove tecnologie ed esperienze a confronto



### Le colonne multiparametriche DMS<sup>®</sup> Differential Monitoring of Stability: caratteristiche ed applicazioni

Torino, 15 dicembre 2016

L. Foglino, M. Lovisolo

# DMS<sup>®</sup> DIFFERENTIAL MONITORING OF STABILITY



DMS<sup>®</sup> è un sistema di monitoraggio geotecnico fisso, multi-parametrico, automatico per il monitoraggio in continuo ed in tempo reale della stabilità di versanti e di opere di ingegneria.



Le colonne DMS<sup>®</sup> sono costituite da una sequenza di moduli rigidi strumentati, connessi da giunti flessibili ad elevata resistenza che ne consentono anche estrazione e reimpiego.



## Cosa si può misurare in continuo:

- Spostamenti x, y e z lungo il suo intero sviluppo
- Livello piezometrico di 1 o più falde separate idraulicamente
- Temperatura (log termico)
- Vibrazioni lungo il suo intero sviluppo.



*DMS<sup>®</sup> è uno strumento interamente ideato, progettato e realizzato da CSG a partire dal 2000. Il sistema e i casi di applicazione sono stati presentati per la prima volta al congresso FMGM di Oslo, 2003.*

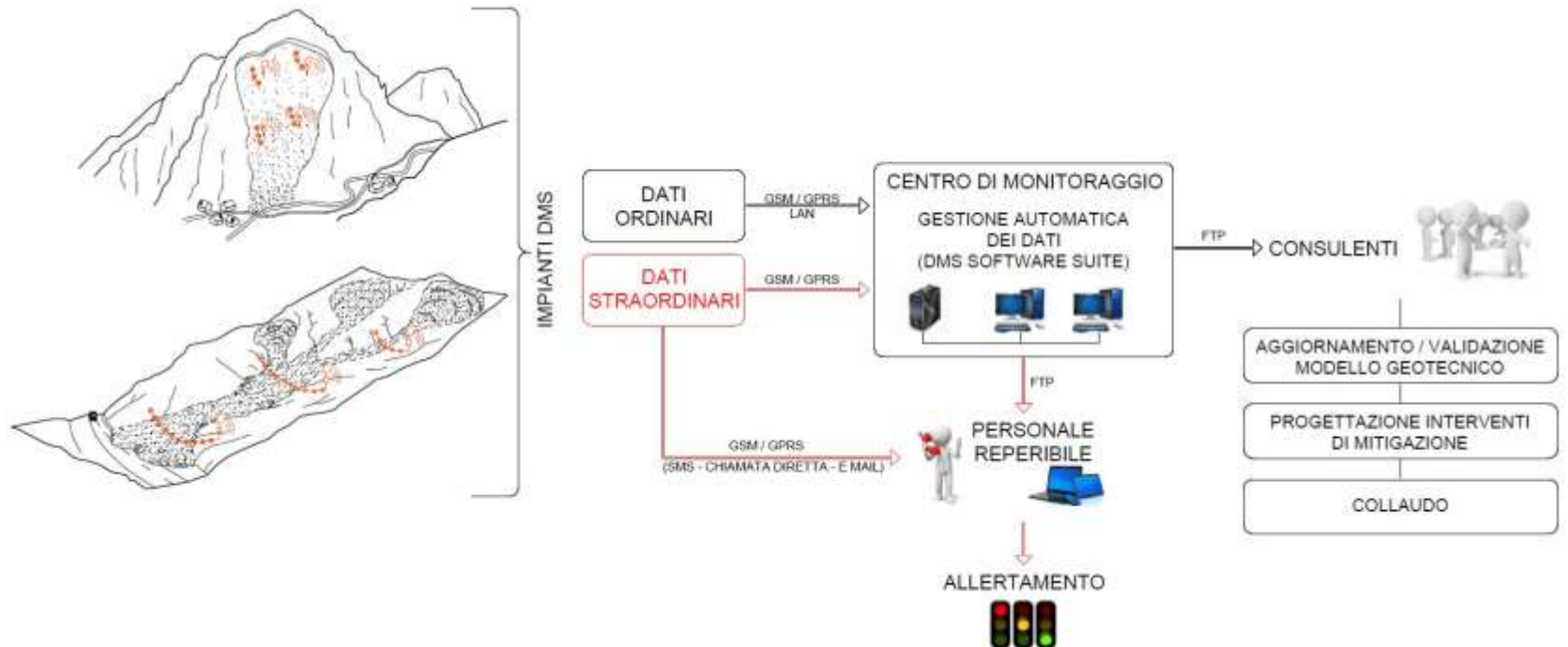
# IL SISTEMA DI MONITORAGGIO DMS®

COSTITUITO DA

Colonne multi-parametriche  
DMS® 2D/3D

Unità di controllo e  
tele-trasmissione dati

Software di acquisizione ed  
elaborazione dati in tempo reale

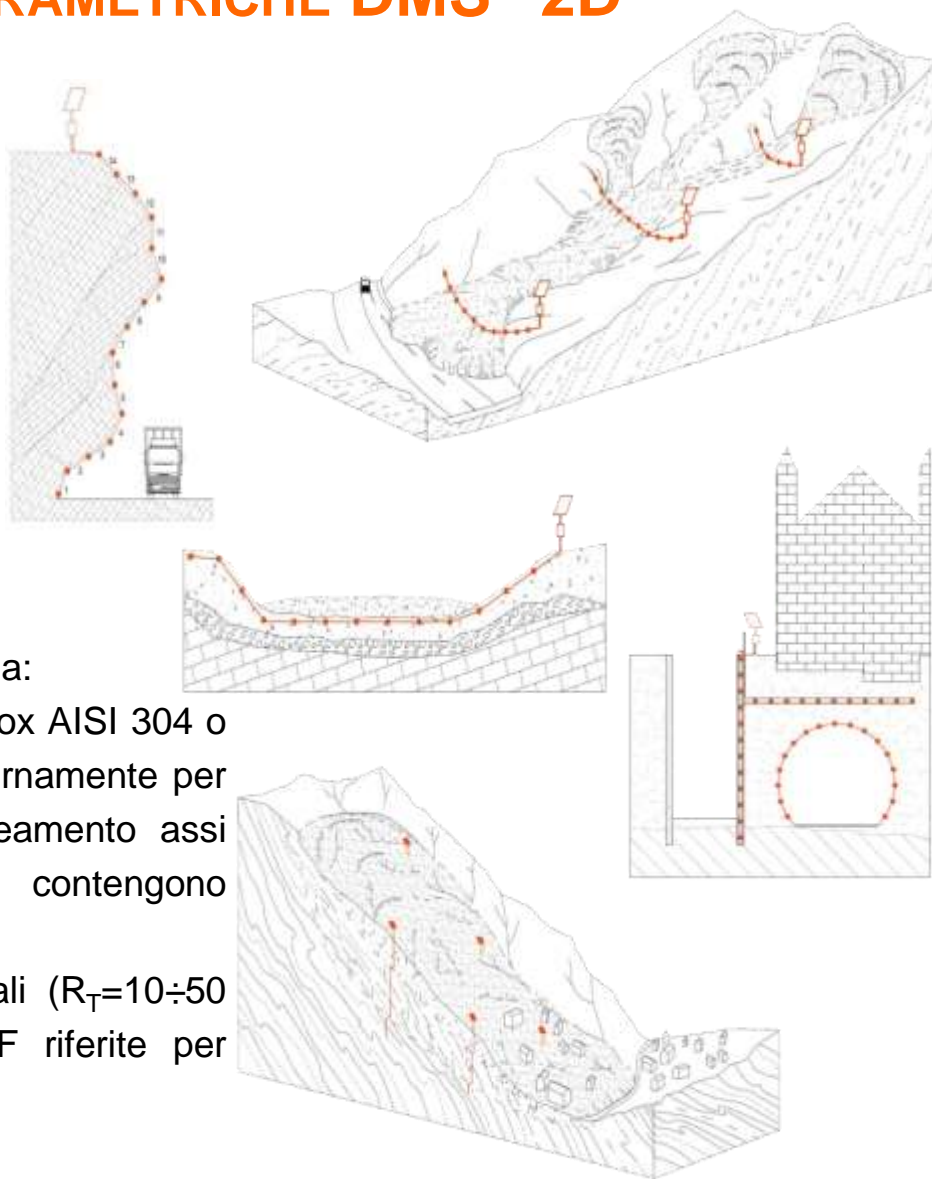


# COLONNE MULTIPARAMETRICHE DMS® 2D

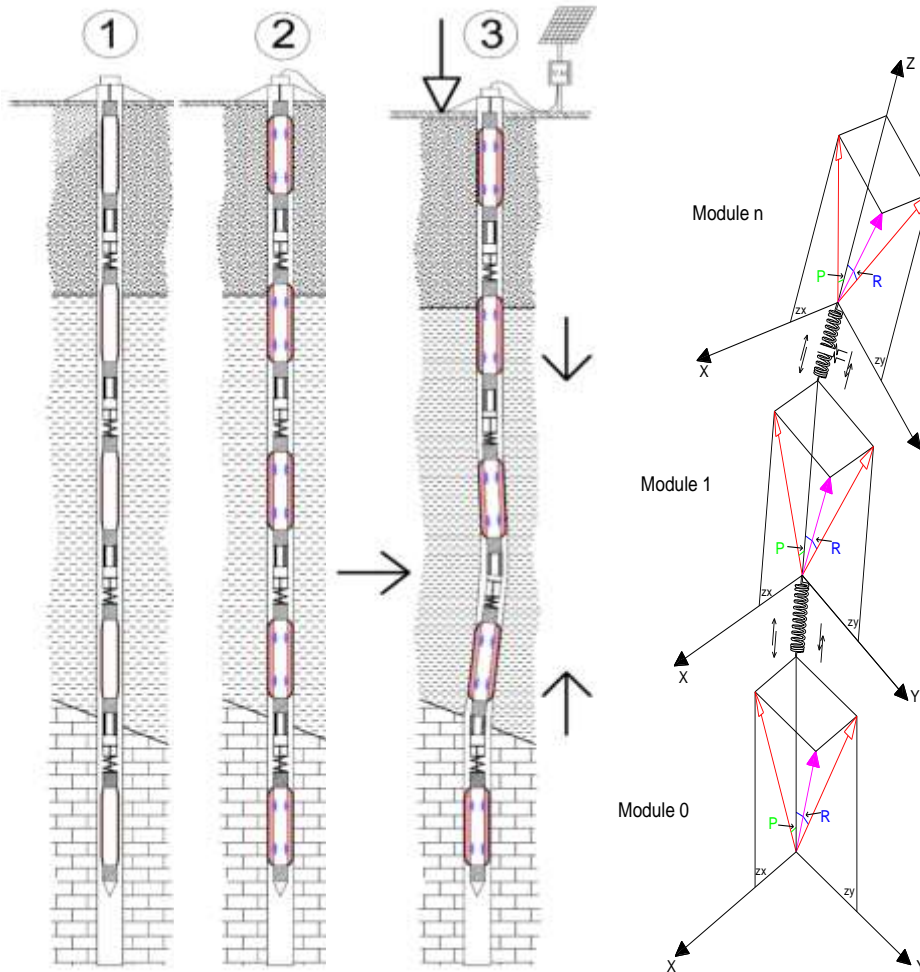
Destinate al monitoraggio della stabilità di frane, fronti di scavo, opere di ingegneria, strutture ed in generale a tutti gli ambiti in cui il cinematismo richiede oltre alla misura degli spostamenti x-y, anche la conoscenza delle variazioni del livello di falda, della temperatura e delle accelerazioni lungo l'intera verticale di indagine.

Le colonne DMS® 2D sono composte da:

- 1) Elementi tubolari rigidi in acciaio inox AISI 304 o 316L lavorati internamente ed esternamente per connessioni M/F riferite per allineamento assi inclinometrici; gli elementi contengono sensoristica, elettronica e cablaggi
- 2) Giunti flessibili speciali bidirezionali ( $R_T=10\div 50$  kN) con speciali connessioni M/F riferite per allineamento assi inclinometrici
- 3) Centralizzatori in poliuretano HD.



# COLONNE MULTIPARAMETRICHE DMS<sup>®</sup> 3D



La colonna DMS<sup>®</sup> 3D è composta da:

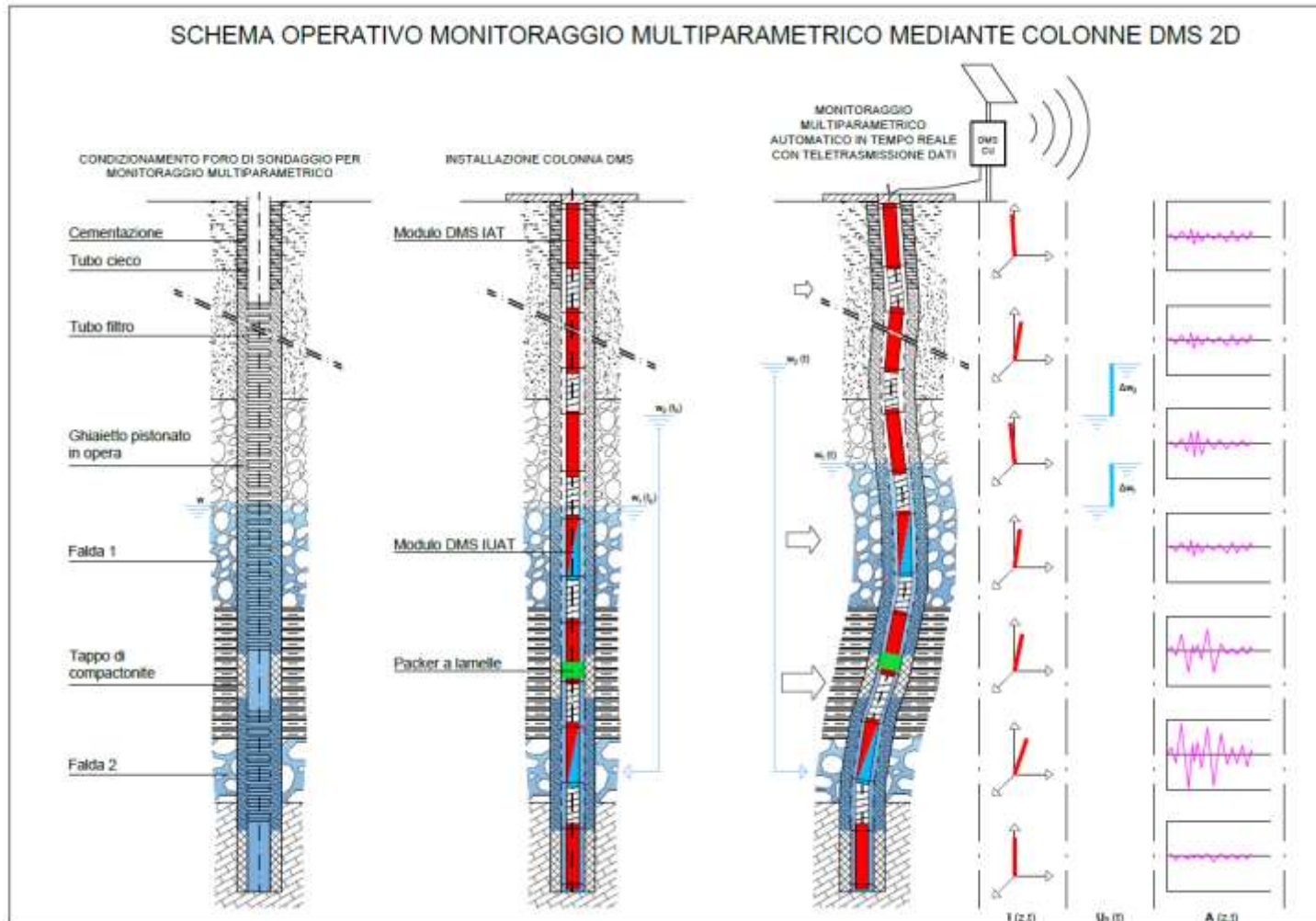
- Elementi rigidi contenenti l'elettronica di misura e controllo
- Giunti tridirezionali
- Packer

La colonna copia gli spostamenti orizzontali e verticali, per il vincolo generato con l'espansione dei packer contro le pareti del foro di sondaggio.

1. Installazione in foro
2. Espansione packer
3. Monitoraggio

# DMS®: COME FUNZIONA?

La colonna permette di copiare fedelmente le deformazioni del foro di sondaggio e più in generale dell'oggetto da monitorare, costituendo una sorta di "spina dorsale" dello stesso conservando rigorosamente l'orientamento meccanico degli assi dei singoli moduli.



Gli elementi rigidi sono dotati, nella versione base, dei sensori:

- **inclinometro biassiale**
- **sensore di temperatura**

Su richiesta:

- **sensore di pressione**
- **accelerometro**
- **magnetometro**
- **assestimetro** ed altri.

# COLONNE DMS<sup>®</sup>: APPLICAZIONI

## LINEA DMS<sup>®</sup> 2D

**Frane attive**

### **DMS<sup>®</sup> 2D Slide**

Lunghezza max colonna = 30 m  
I: range  $\pm 20^\circ/\pm 45^\circ$ ; ripetibilità  $\pm 0.1^\circ$ , U: range 30/100 psi

**Frane lente  
Controlli di stabilità a  
medio termine**

### **DMS<sup>®</sup> 2D Slope**

Lunghezza max colonna = 100 m  
I: range  $\pm 20^\circ/\pm 45^\circ$ , ripetibilità  $\pm 0.02^\circ$ , U: range 30/100 psi

**DGPV  
Frane lente  
Controlli di stabilità  
a lungo termine**

### **DMS<sup>®</sup> 2D LST**

Lunghezza max colonna = 250 m  
I: range  $\pm 10^\circ/\pm 30^\circ$ ; ripetibilità  $\pm 0.01^\circ$   
U: range 100/250 psi  
Bussola digitale:  $\pm 1^\circ$  azimuth

**Opere di ingegneria  
massi e pareti instabili  
debris flow**

### **DMS<sup>®</sup> 2D GV**

Lunghezza max colonna = 100 m  
I: range  $\pm 20^\circ/\pm 45^\circ$ ; ripetibilità  $\pm 0.02^\circ$   
U: range 30 psi

## LINEA DMS<sup>®</sup> 3D

**Opere di ingegneria  
geotecnica  
Controllo cedimenti**

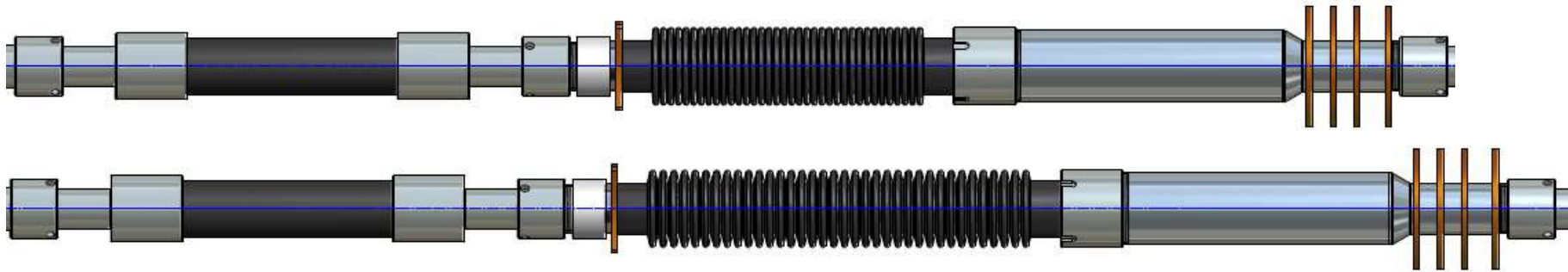
### **DMS<sup>®</sup> 3D MP-LST**

Lunghezza modulo = 1 – 1,25 – 1,5 m  
I: range  $\pm 10^\circ/\pm 30^\circ$ ; ripetibilità  $\pm 0.01^\circ$   
U: range 30/100/250 psi  
E: range  $\pm 35$  mm; risoluzione 0.01 mm  
Bussola digitale:  $\pm 1^\circ$  azimuth



## R&D: 2016 NEWS

Un nuovo elemento modulare DMS®PLUS è stato sviluppato al fine di monitorare anche la componente z in frane e DGPV e l'andamento dei cedimenti nelle opere dell'ingegneria geotecnica in associazione a tubazioni di rivestimento estenso-assestimetriche con l'utilizzo di speciali packer a lamelle.



I moduli DMS® PLUS possono essere collegati tra loro a formare colonne interamente inclino-piezo-estenso-assestimetriche oppure possono essere collegati localmente con i moduli delle serie DMS® 2D in quanto sono perfettamente compatibili sia dal punto di vista delle connessioni meccaniche che elettriche e software.



# UNITÀ DI CONTROLLO E TELETRASMISSIONE DATI



COMUNICAZIONE:	GSM, RS485, RS232 (DMS GEO2) GSM, GPRS, SAT, wireless, ethernet RS485, RS232 (DMS CU200)
MODULI COLLEGABILI:	100 (DMS GEO2), 250 (DMS CU200)
MEMORIA DATI:	buffer circolare/SD
ALIMENTAZIONE:	9-15V <sub>DC</sub> pannello solare o 220 V <sub>AC</sub> con protezioni da sovratensioni
BOX:	IP65
BATTERIA:	12 V
ALLARMI:	SMS/chiamata diretta GSM Dispositivi di allerta acustico/visivo collegabili su richiesta

SISTEMA DI CONTROLLO E TRASMISSIONE  
COMPLETAMENTE PROGRAMMABILE ANCHE IN REMOTO

La frequenza delle letture, gli intervalli di acquisizione dati, la funzione di lettura zero, la calibrazione, il set di allarmi, la configurazione dei numeri telefonici del personale reperibile per allarmi, etc. possono essere impostati anche mediante controllo remoto.

# MODALITÀ DI INSTALLAZIONE - 1



Le colonne DMS® possono essere facilmente realizzate in opera, assemblando tra loro le varie unità, e inserite direttamente nel foro di monitoraggio mediante attrezzatura leggera composta da una morsa, un selettore di direzionalità ed un **TRASLATORE-ESTRATTORE** collegati con una **CENTRALINA OLEODINAMICA**.

Colonne preformate fino a 20 m possono essere installate **MANUALMENTE** da due operatori.

Colonne fino a 50 m di lunghezza possono essere installate con **AUTOGRU**.

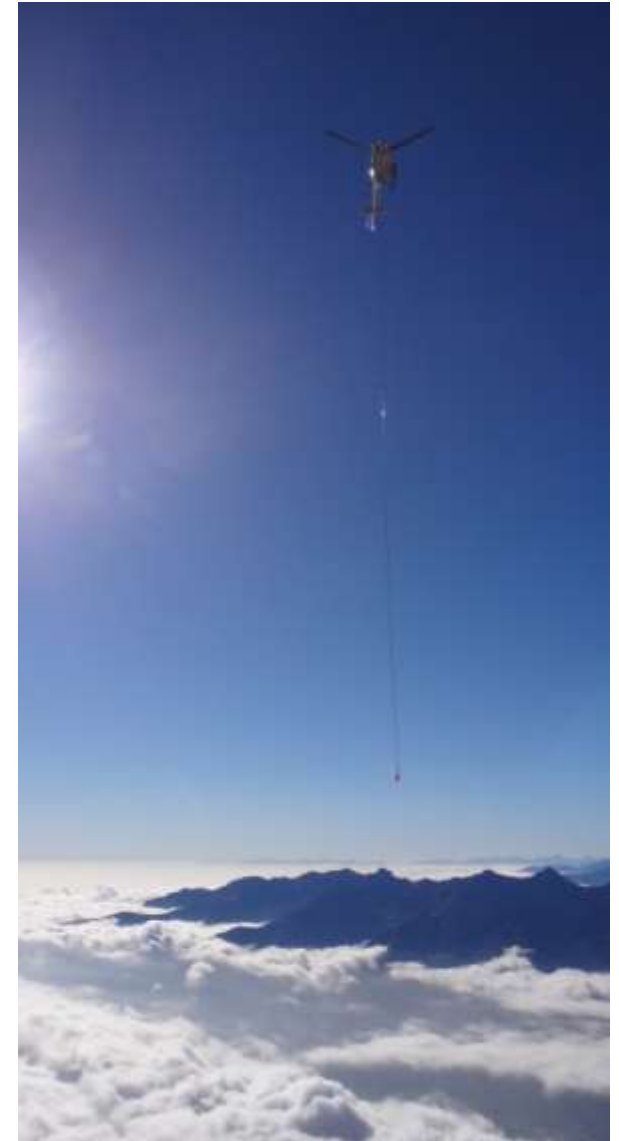
Per colonne 2D di sensibile lunghezza (>30 m fino a 250m) e per sistemi 3D, l'installazione è agevolata dall'impiego del **DMS® REELER** che permette di installare la colonna DMS® preformata direttamente in foro.



## MODALITÀ DI INSTALLAZIONE - 2

La struttura particolarmente robusta consente anche il trasporto e l'installazione di colonne pre-assemblate direttamente mediante **ELICOTTERO**.

Soluzione di monitoraggio *chiavi in mano*, tramite l'utilizzo di **CONTAINER** appositamente attrezzato con reeler interno per l'installazione di colonne multi-parametriche.



# DMS® CONTAINER

La soluzione container consente la completa autonomia di gestione del sistema DMS®, dall'installazione della colonna alla sua estrazione e successivo riposizionamento, con la possibilità di includere anche la gestione diretta dei dati.



- ✓ **INSTALLAZIONE SEMPLICE E VELOCE DEL SISTEMA**
- ✓ **AVVIO IMMEDIATO DEL MONITORAGGIO**
- ✓ **SOLUZIONE COMPLETA PER IL MONITORAGGIO IN AMBIENTI ESTREMI**



## CONTAINER 10'/13' CON REELER 4 LATI

Container di dimensioni compatte, idoneo per colonne fino a 60 metri.



## CONTAINER 15' CON REELER 6 LATI

Per colonne DMS® di lunghezza fino a 150 metri.

L'equipaggiamento standard del container prevede:

- Portellone a soffitto collegato al dispositivo di azionamento
- Pavimento in legno multistrato marino
- Foro circolare a pavimento per il posizionamento su foro di sondaggio
- Centralina oleodinamica con motore elettrico per l'installazione della colonna



La configurazione del container viene progettata e realizzata dai tecnici CSG su specifica richiesta del cliente, per garantire la massima funzionalità e affidabilità della strumentazione nel sito di destinazione.

# DMS<sup>®</sup> SOFTWARE SUITE

Dalle colonne di monitoraggio in sito, direttamente connesse all'unità remota, i dati vengono trasmessi verso il centro di monitoraggio, dove vengono archiviati nel database locale, elaborati e inviati verso i consulenti ed i tecnici reperibili in possesso di DMS<sup>®</sup> EW Client.

## **GEOMASTER**

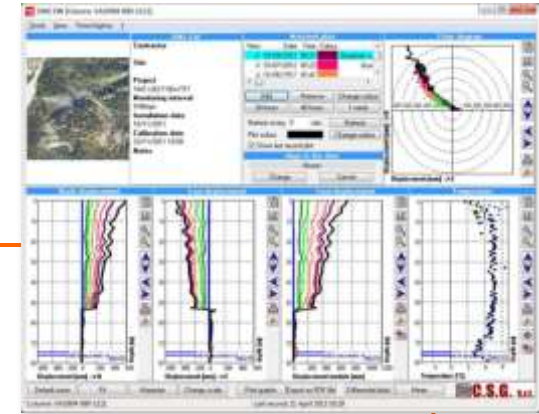
- ✓ Avviamento del monitoraggio da remoto
- ✓ Impostazioni generali in sito e/o da remoto
- ✓ Configurazione degli allarmi e dei numeri di reperibilità
- ✓ Diagnosi remota e log del sistema

## **DMS<sup>®</sup> GUARDIAN**

- ✓ Scarico dati automatico
- ✓ Upload automatico dei dati per DMS<sup>®</sup> EW Client
- ✓ Pannello di controllo degli impianti

## **DMS<sup>®</sup> EW FULL/CLIENT**

- ✓ Analisi dati in tempo reale
- ✓ Assetto istantaneo della colonna DMS<sup>®</sup>
- ✓ Grafici storici: record, livello di falda, spostamento, velocità, accelerazione
- ✓ Esportazione dei dati



**TUTTI I SOFTWARE SONO SVILUPPATI DIRETTAMENTE DA CSG, E SONO RIVOLTI A MIGLIORARE LA QUALITÀ DELL'EARLY WARNING E ALL'IMMEDIATEZZA DELL'ANALISI DATI.**

# L'AZIENDA CSG SRL

Nasce nel 1997, tra le colline del Monferrato, dall'esperienza ventennale nel campo della geo-ingegneria.

L'azienda si sviluppa su un'area di circa 10.000 m<sup>2</sup>, con una superficie coperta di oltre 1500 m<sup>2</sup> che comprende uffici, sala di monitoraggio, sala convegni, laboratori e magazzini, con un campo prove/collaudi esterno ed elisuperficie.

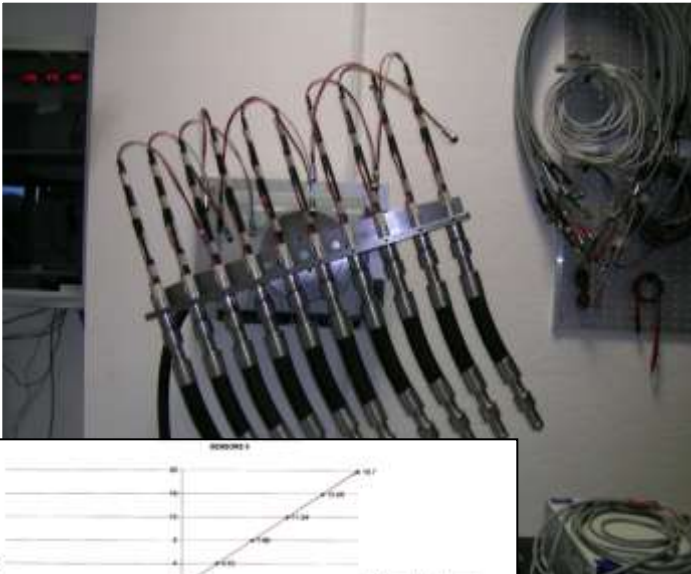


La consapevolezza delle necessità e delle problematiche nel settore geologico-tecnico unita alla passione per la strumentazione e all'inventiva dei suoi tecnici sono alla base di un processo di crescita rilevante della società che oggi ha raggiunto una posizione leader a livello mondiale nella produzione di colonne multiparametriche di monitoraggio geotecnico su propri brevetti.

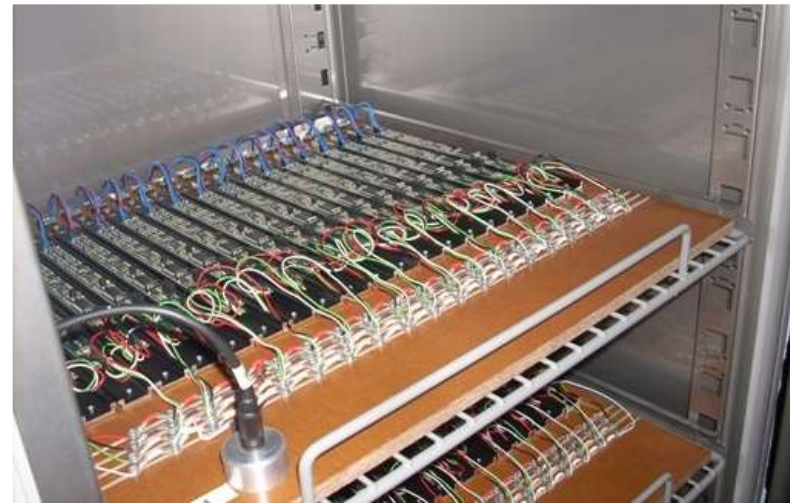
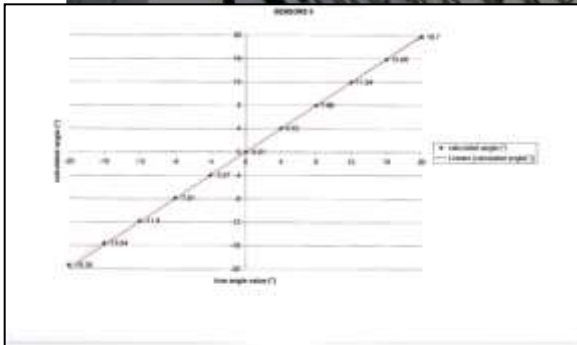


# LABORATORIO CALIBRAZIONI E COLLAUDI

- ✓ Collaudo stabilità schede (camera climatica)
- ✓ Test stabilità sensori inclinometrici
- ✓ Banco automatico certificato di taratura e collaudo assi Pitch, Roll.



- ✓ Camera climatica per calibrazione sensori di temperatura con riferimento Accredia
- ✓ Camera di pressione per calibrazione sensori di piezometrici con riferimento Accredia



*Collaudo di stabilità delle schede in camera climatica*

# IL CAMPO PROVE CSG A RICALDONE



Il campo prove CSG è attrezzato con un totale di n.11 fori di collaudo per un totale di oltre 1000 m di perforazione:

- 1 foro di collaudo inclinato  $i=10^\circ$ ,  $L=230$  m
- 1 foro di collaudo verticale  $L=225$  m
- 1 foro di collaudo verticale a temperatura controllata  $L=100$  m
- 1 foro di collaudo inclinato  $i=10^\circ$  a temperatura controllata  $L=60$  m
- 1 foro di collaudo inclinato  $i=10^\circ$  a temperatura controllata  $L=40$  m
- 1 foro di collaudo verticale  $L=130$  m
- 2 fori di collaudo verticali  $L=100$  m
- 3 fori di collaudo verticali  $20 < L < 40$  m

Nel campo prove vengono eseguiti:

- Calibrazione azimutale ARC Test
- Test LTS (Long Term Stability Test)
- Calibrazione temperatura (su intervallo specifico del sito)





## ARC TEST®



ArcTest® software recognizes and compensates phase shifts.

The column is inserted into an inclined borehole having a known inclination ( $10^\circ$ ) requiring that the individual modules of the column measure the x and y components of the inclination.

The ArcTest® C.S.G. proprietary software provides to reconstruct the layout of the borehole measured by the column under test; this layout is automatically compared with the known profile and correct the disalignment in axes orientation.

- ✓ Sistema multi-parametrico modulare automatico ed in continuo progettato per Early Warning
- ✓ Robustezza e resilienza in frana (giunti con trazione 50 kN, costruzione meccanica in inox AISI 304/316 a protezione dell'elettronica e dei sensori, cavi di segnale e di trasmissione sempre protetti ed interni alla colonna)
- ✓ Allineamento degli assi dei sensori inclinometrici attraverso speciali connessioni M/F, accurate procedure di montaggio, collaudo e verifica finale in campo prove con Arc Test.
- ✓ Possibilità di installare colonne DMS® anche all'interno di fori devianti non più accessibili con le sonde inclinometriche a carrello (risparmio economico e di tempo e possibilità di eseguire l'intervento anche in fase di emergenza).
- ✓ Possibilità di suddividere o estendere una colonna anche in sito rimuovendo o integrando le unità modulari
- ✓ Possibilità di estrarre e reistallare la strumentazione
- ✓ Manutenzione possibile in linea ed in campo



*Grazie per l'attenzione*