

# **Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio: Il caso studio della diga Pozzillo**

**Napoli, 10 Aprile 2024**

**Ing. Claudio Romanello**



# Agenda

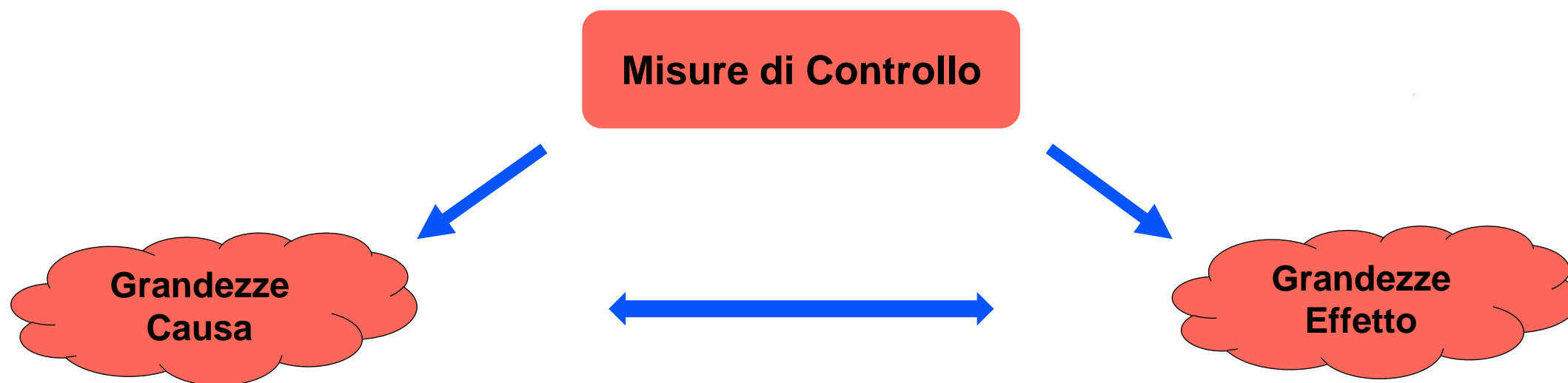


- **Il monitoraggio delle dighe;**
- **Misure ordinarie;**
- **Modalità di acquisizione delle misure;**
- **Strumentazione per misure specialistiche;**
- **Tipologie di opere monitorate**
- **Caso studio «Misure distanziometriche per monitoraggio diga Pozzillo (EN)»;**
- **Monitoraggio con droni e tecnologia LaserScanner;**

## Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio



Una qualsiasi **struttura** è soggetta durante la sua esistenza a fenomeni che possono far **variare** le originarie condizioni di **sicurezza**.



# Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

## Il monitoraggio delle dighe

### MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

DIREZIONE GENERALE PER LE DIGHE,  
LE INFRASTRUTTURE IDRICHE ED ELETTRICHE

UFFICIO TECNICO PER LE DIGHE DI PALERMO

#### FOGLIO DI CONDIZIONI PER L'ESERCIZIO E LA MANUTENZIONE DIGA DI ANCIPA NEI COMUNI DI TROINA (EN) E CESARO' (ME) (n. arch. S.N.D. 527)

Concessionario e Gestore: ENEL PRODUZIONE S.p.A.  
Viale Regina Margherita n°125 – 00198 ROMA  
PEC: enelproduzione@pec.enel.it

ENEL PRODUZIONE S.p.A.  
Unità Business Hydro Sicilia  
Zona Industriale (CT) – Contrada Blocco Torrazze – 95121 CATANIA  
PEC: enelproduzione@pec.enel.it

Foglio Condizione  
Esercizio e  
Manutenzione  
(FCEM)

Bollettino delle  
osservazioni

Grande  
Diga

Sbarramento di altezza  
superiore a 15 m o che  
realizza un serbatoio  
artificiale di volume  
superiore ad 1 Mm<sup>3</sup> di  
acqua

Redazione	Dirigente Ufficio Periferico	Funzionario Uff. Coord. Contr. Dighe in Esercizio	Rev.		Approvazione della Dir. Gen. Dighe.		
			n°	data	Prot.	data	Firma
ing. R. Tripi <i>f.to</i>	ing. P. Alagna <i>f.to</i>	ing. S. Mazzolani <i>f.to</i>	0	Aprile 2001	3041	07/05/2001	Ing. P. Paoliani <i>f.to</i>
ing. G. Morrale <i>f.to</i>	ing. A. Costano <i>f.to</i>	ing. G. Coroneo <i>f.to</i>	1	Settembre 2016	20624	23/09/2016	Ing. A. Costano <i>f.to</i>

Stato delle revisioni	
Revisione	Descrizione sintetica della revisione
n°1	1. Maggiore dettaglio dello stato delle opere e delle sponde del serbatoio 2. Specifica delle procedure da adottare per le verifiche d'esercizio sugli organi di scarico 3. Aggiornamento normativo e dei dati inseriti nel documento 4. Variazioni delle opere e della strumentazione di controllo a seguito dei lavori di risanamento strutturale della diga di cui al collaudo, ex art.14 DPR n°1363/59, del 28/05/2014. [Approvazione M.I.T. - D.G. Dighe n°21837 del 07/11/2014]

enel  
Green Power  
Power Generation Italy  
O&M Hydro Italy  
Southern Area - UT Catania

Comune  
Troina  
Provincia  
Enna  
Regione  
Sicilia

DIGA DI  
ANCIPA

sul fiume  
TROINA DI SOPRA

#### BOLLETTINO DELLE OSSERVAZIONI

DEL MESE DI DICEMBRE 2022

Osservazioni sullo stato delle opere:

Le opere e le sponde non presentano anomalie o degradamenti che possono destare preoccupazioni e pertanto, per quanto è stato possibile accertare, risultano in buone condizioni di sicurezza, manutenzione e gestione.

ART. 19 DEL D.P.R. 1.11.59 N° 1363  
CODICE ARCHIVIO SERVIZIO NAZIONALE DIGHE 527  
Foglio Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione 20684 del 29/09/2016

IMPIANTO ALIMENTATO  
TROINA

N° Pagg.  
64

DOCUMENTO  
ANCIPA.527 Bollettino 12.2022

enel  
Green Power

# Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

## Misure ordinarie

### Misura delle grandezze Causa:

- Invaso
- Temperature aria / acqua
- Temperature del corpo diga
- Neve e ghiaccio
- Pioggia
- Irraggiamento solare



Pluviometro

### Misura delle grandezze effetto relative alle sponde:

- Triangolazioni e Trilaterazioni
- Misure GPS
- Misure inclinometriche
- Misure di falda



Asta idrometrica

### Misura delle grandezze effetto relative allo sbarramento:

#### Spostamenti altimetrici:

- Livellazioni
- Collimazioni altimetriche
- Misure assestimentriche

#### Spostamenti planimetrici:

- Triangolazioni e Trilaterazioni
- Collimazioni planimetriche

#### Rotazioni e spostamenti:

- Pendoli rovesci + estensimetri profondi
- Clinometri e/o pendoli dritti

#### Deformazioni:

- Estensimetri

#### Misure di perdite:

- Stramazzi graduati e/o canne drenanti

#### Sottopressioni e misure di falda

- Piezometri e manometri

Pendolo



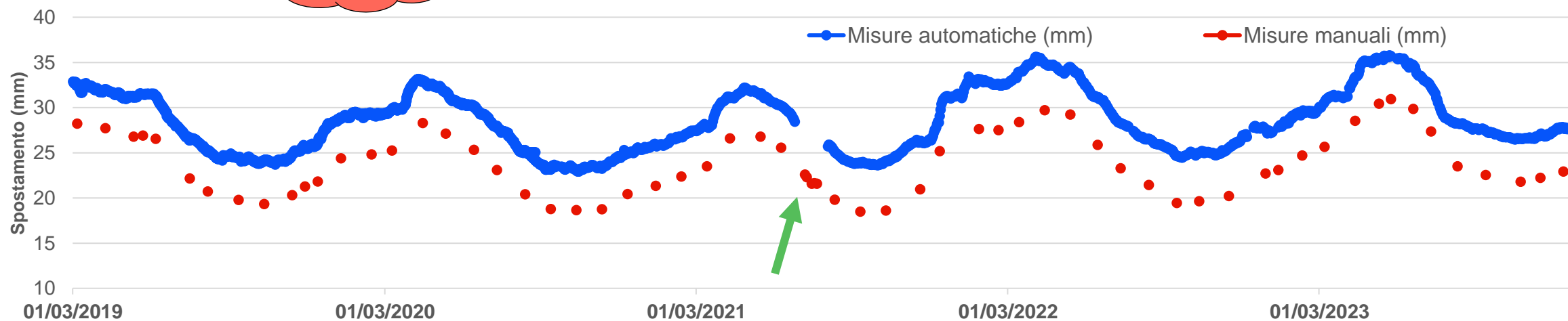
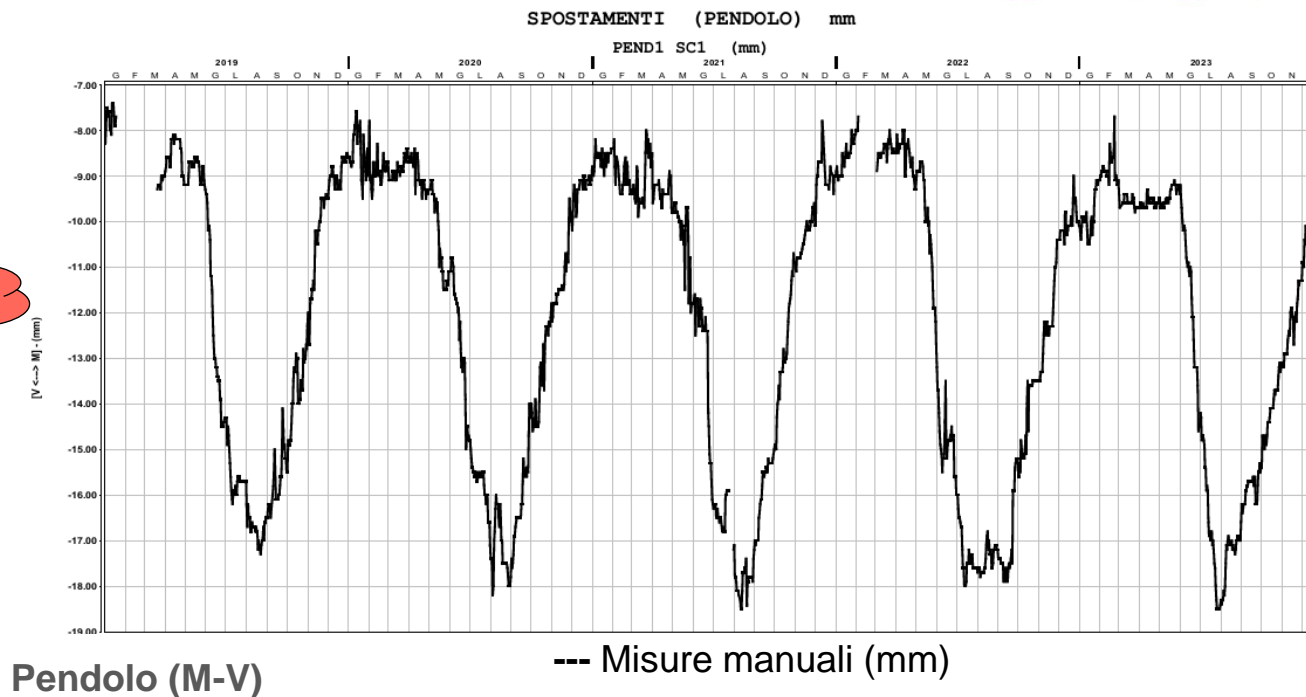
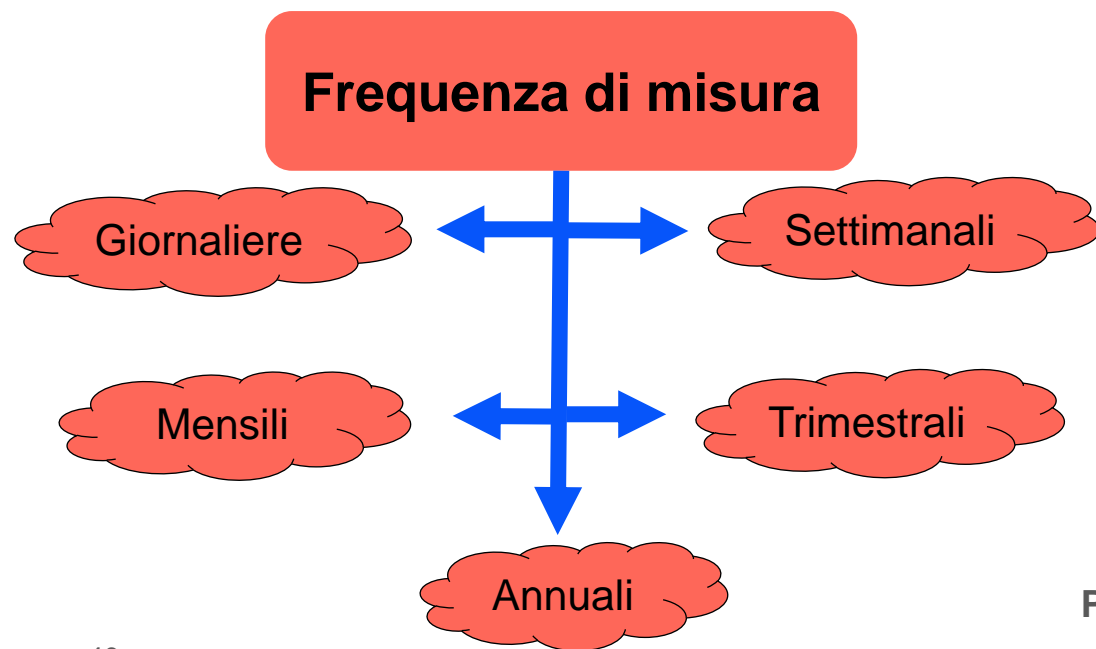
Clinometro



Sonde  
Piezometriche

# Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

Misure ordinarie - frequenze





# Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

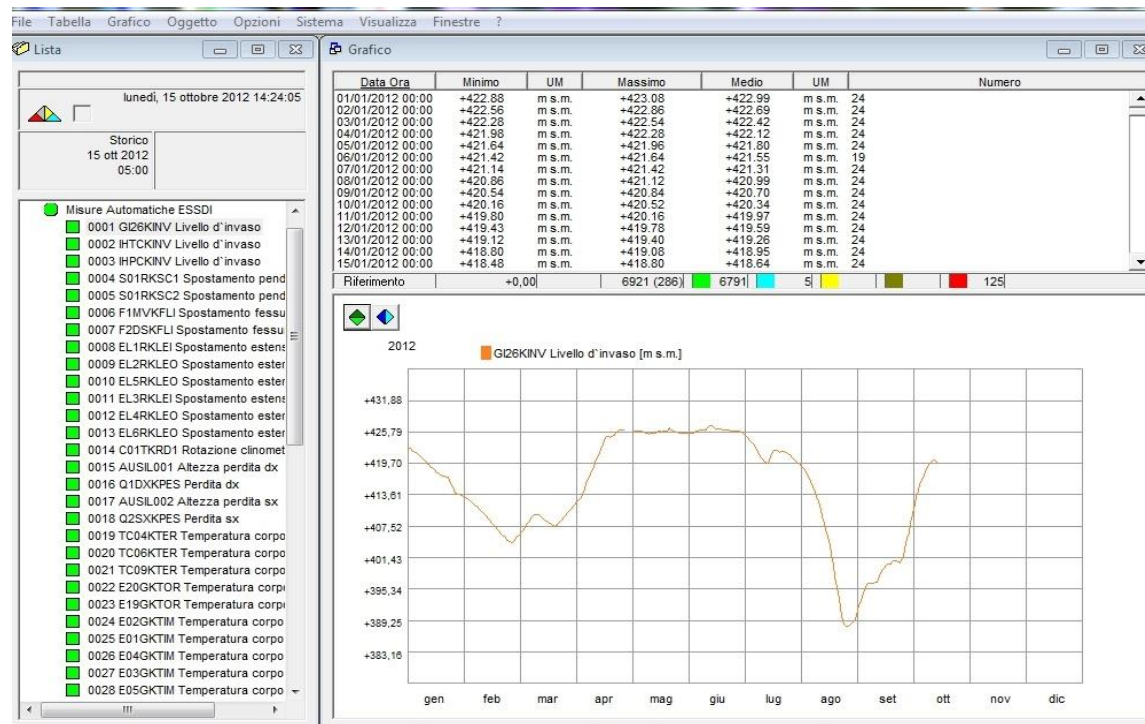
Misure ordinarie - Modalità di acquisizione delle misure



## Misure Automatiche



Misure in punti del manufatto difficilmente raggiungibili e acquisizione di maggiori dati



## Misure Manuali



Maggior controllo sull'affidabilità del dato



## Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

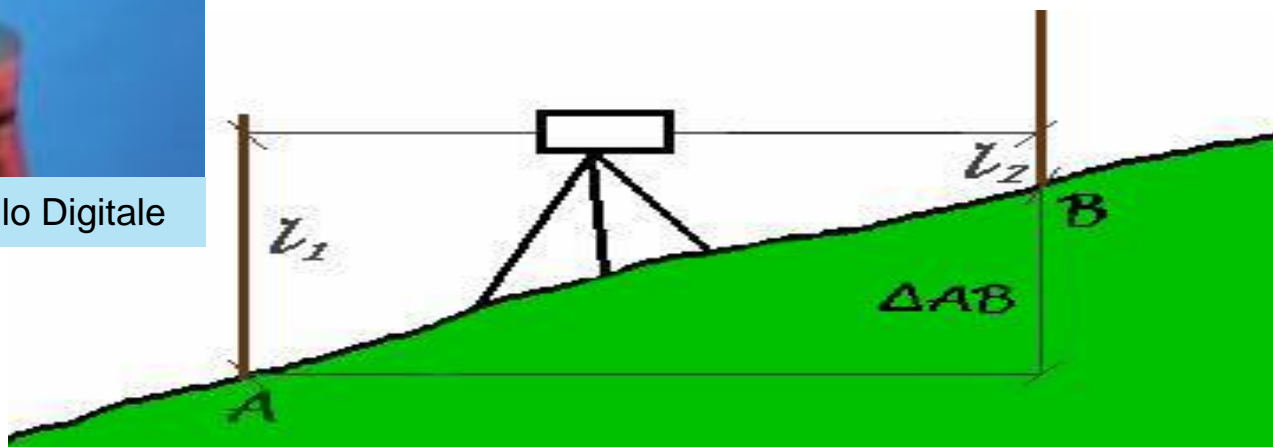
Misure ordinarie - Spostamenti altimetrici: Livellazione geometrica



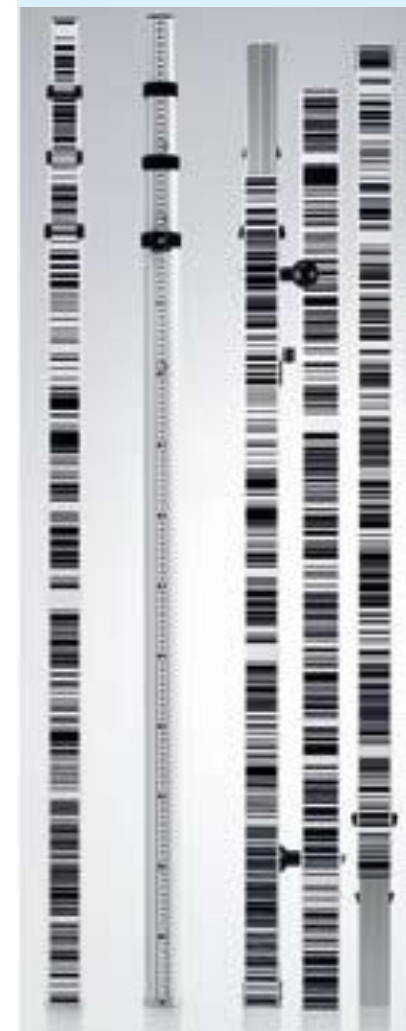
Livello Digitale

Il calcolo del singolo dislivello sarà dato dalla differenza tra le rispettive letture alla stadia effettuate sui punti di quota nota e incognita:

$$\Delta_{AB} = L_i - L_a \text{ (lettura indietro - lettura avanti)}$$



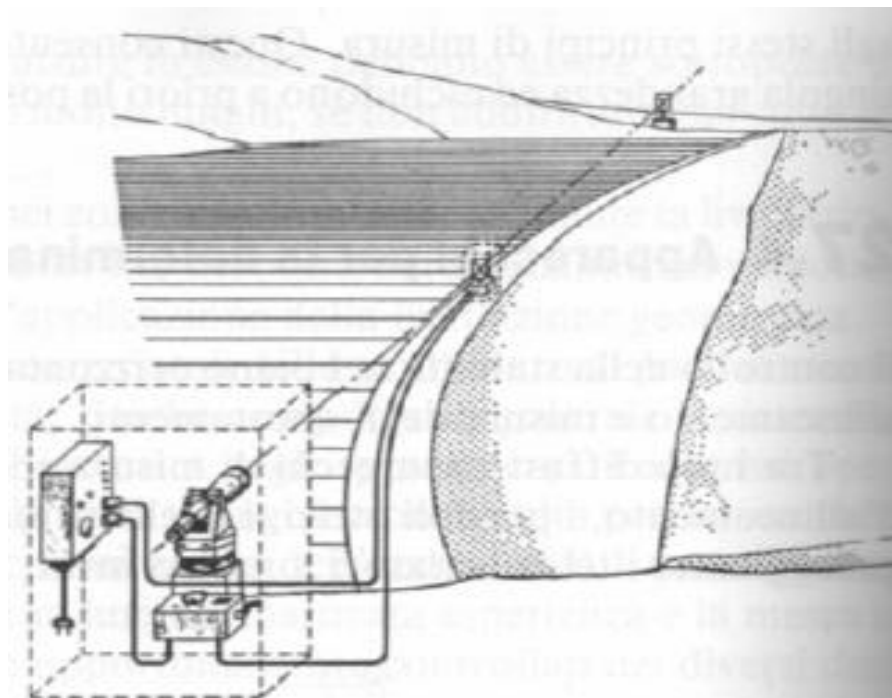
Stadia con codice a barre





## Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

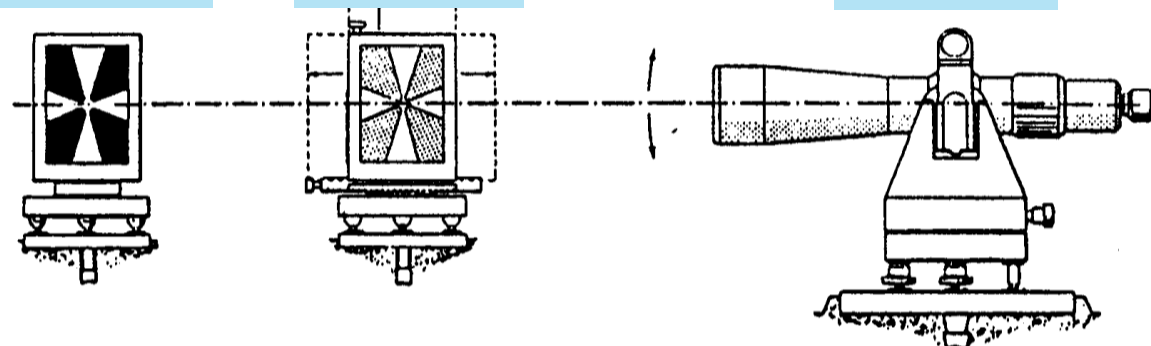
Misure ordinarie - Spostamenti planimetrici: Collimazione



Mira Fissa

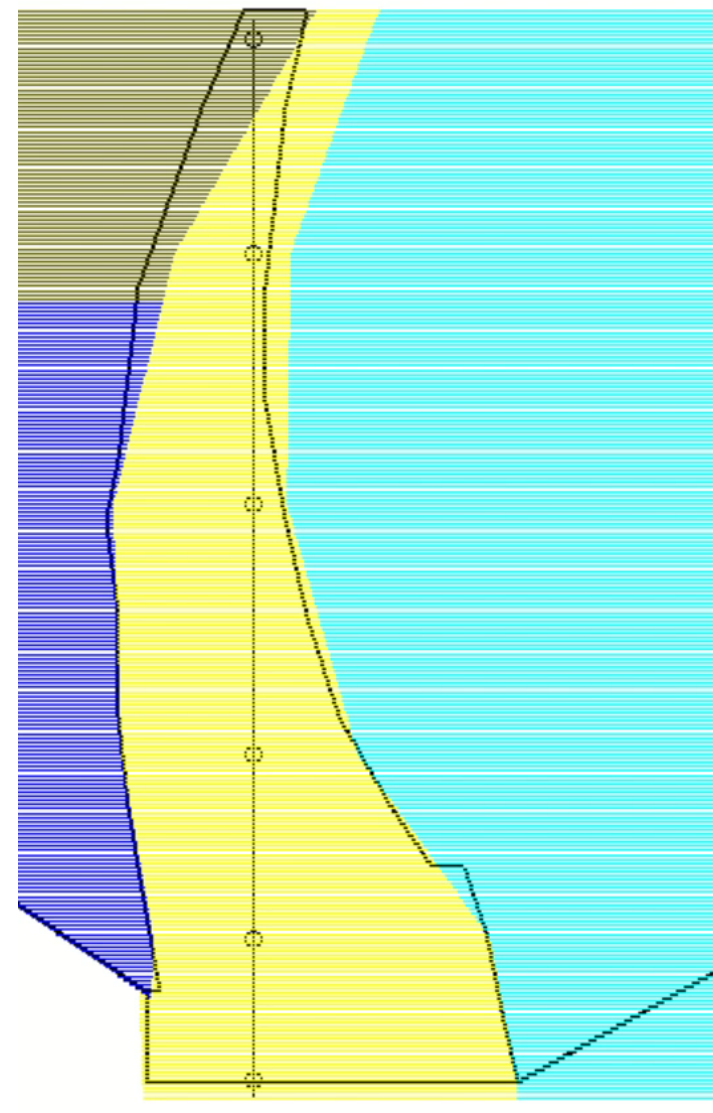
Mira Mobile

Collimatore



La collimazione è eseguita mediante l'utilizzo di un collimatore, ottico o elettronico, e da mire a centramento forzato

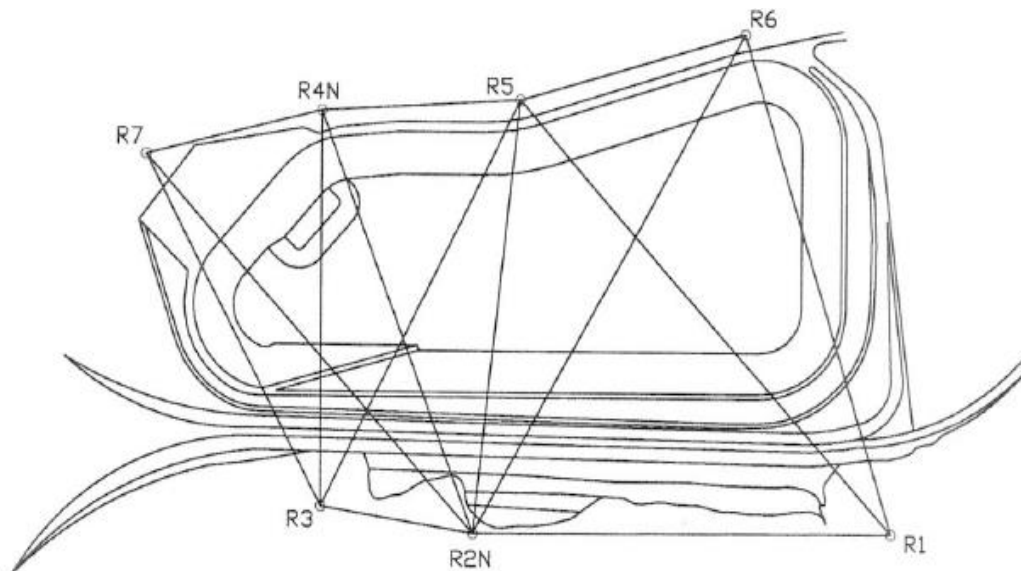
Lo spostamento si ottiene per differenza tra le posizioni che la mira mobile assume nel tempo nei confronti della mira fissa.



## Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

Misure ordinarie - Spostamenti planimetrici: Triangolazione e trilaterazione

TRIANGOLAZIONE PRIMARIA

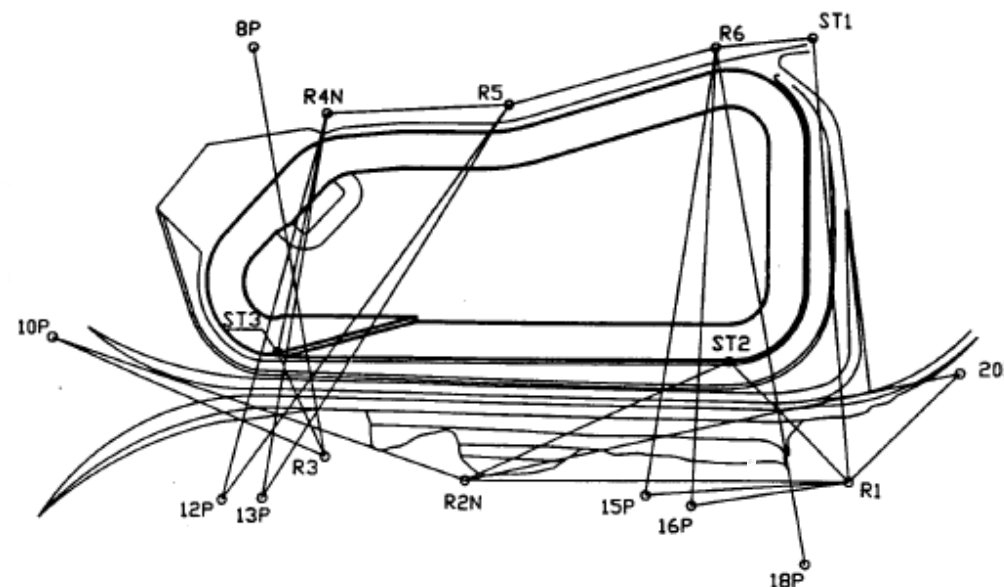
29  
△

### Triangolazione



Si basa sulla misura degli angoli

TRIANGOLAZIONE SECONDARIA



### Trilaterazione



Si basa sulla misura delle distanze

## Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

Strumentazione per misure specialistiche



Stazione Totale Leica TCA2003

Prisma Leica



Stazione Totale Leica TM60

### Confronto Strumenti

	TCA2003	TM60
<b>Precisione</b>		
<b>Hz, V</b>	0,5" (0,15 mgon)	0,5" (0,15 mgon)
<b>Distanziometro</b>	1 mm + 1 ppm	0,6 mm + 1 ppm
<b>Metodo ( ° )</b>	Assoluto, continuo, diametrale	Assoluta, continua, quadrupla
<b>Metodo (dist)</b>	laser infrarosso invisibile, coassiale	Laser rosso visibile coassiale e misura senza prisma



## Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

Tipologia di opere monitorate



### *Tipologie di opere monitorate:*

- A. Monitoraggio di Dighe Regionali
- B. Monitoraggio Opere Idrauliche
- C. Monitoraggio grandi Dighe



A: Traversa di Contrasto (CT)



B: Condotta Forzata Troina (EN)



C: Diga Pozzillo, Regalbuto (EN)

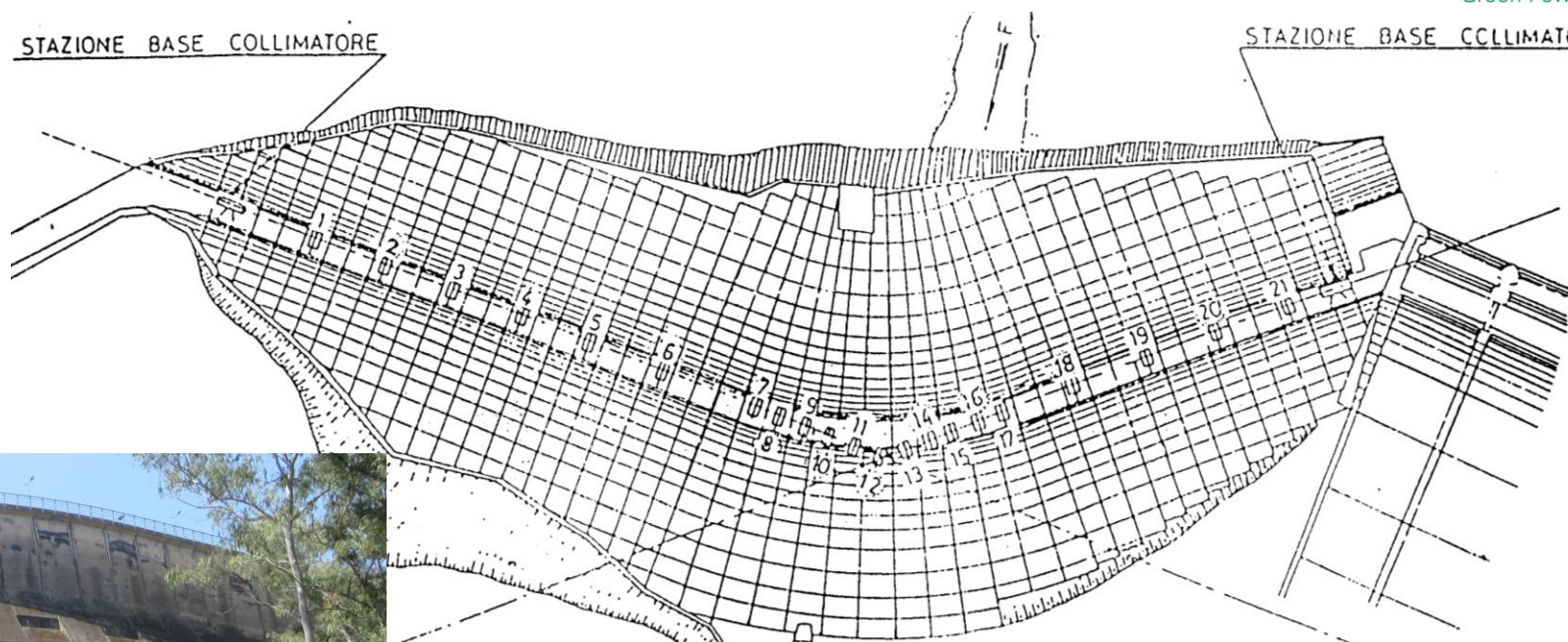


## Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

Caso studio «Nuova collimazione diga Pozzillo (EN)»



Green Power



La diga di Pozzillo è una diga a blocchi di calcestruzzo e la collimazione tradizionale si basa su:

- 2 Stazioni posizionate sul coronamento;
- 2 mire fisse esterne al sistema della diga;
- 21 punti di misura in corrispondenza di alcuni conci.

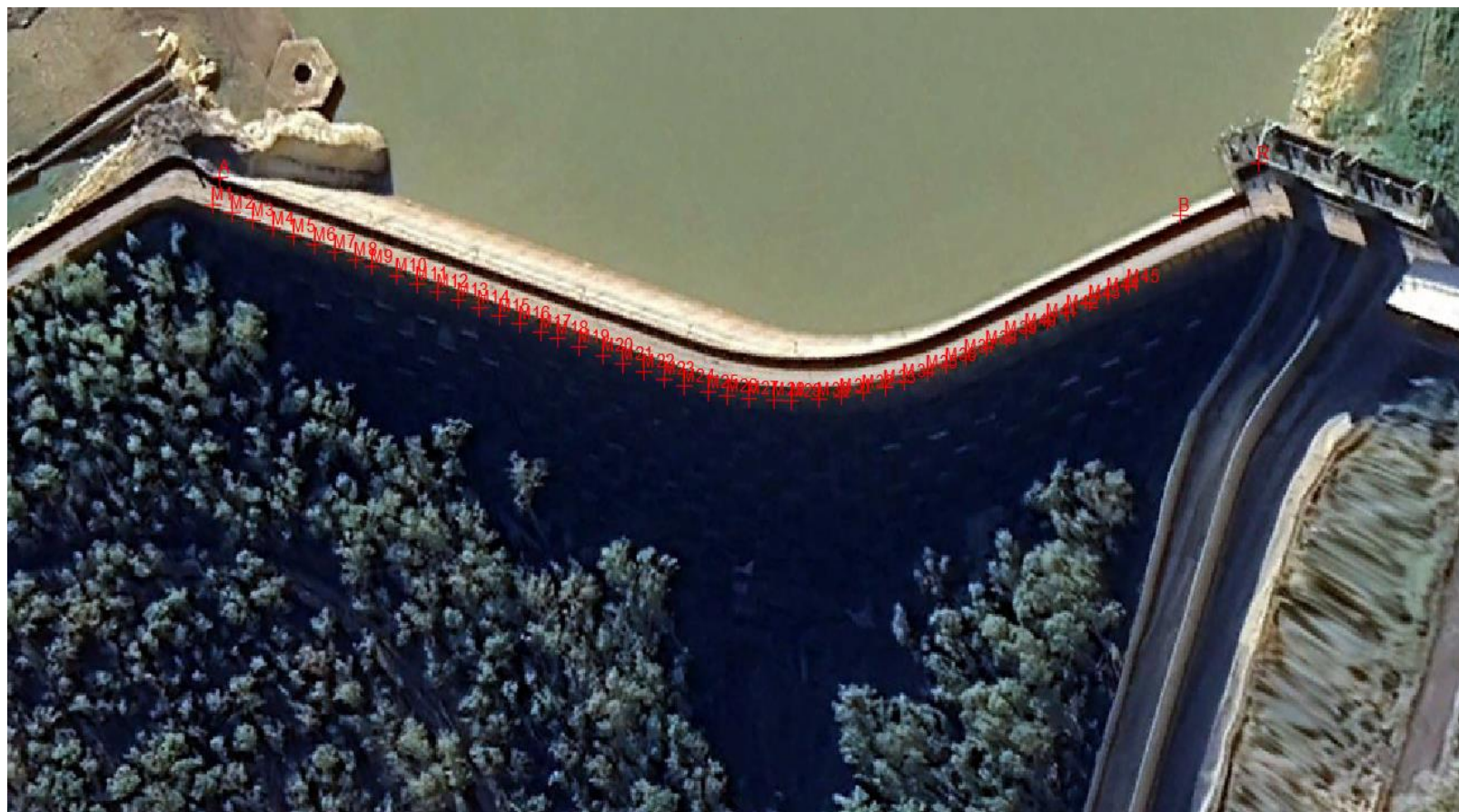


## Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

Caso studio «Nuova collimazione diga Pozzillo (EN)»



Il rilievo pensato per sostituire l'attuale collimazione riguarda l'installazione di punti di monitoraggio su di un numero maggiore di conci e l'utilizzo della stazione totale per permettere, attraverso un rilievo distanziometrico la valutazione degli spostamenti in direzione monte – valle della diga.



### Vantaggi del nuovo Rilievo Distanziometrico

**Oggettività delle  
misure**

**Duttilità del sistema**

**Precisione e Affidabilità del  
sistema**

**Miglior risposta alle  
condizioni di luminosità**

## Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

Caso studio «Nuova collimazione diga Pozzillo (EN)»



Schema del nuovo rilievo:

❑ 3 stazioni di misura:

❖ Stazione C → per rilievo distanziometrico;

❖ Stazione A e B → stazioni di collimazione tradizionale;

❑ R /R1 → Capisaldi di riferimento

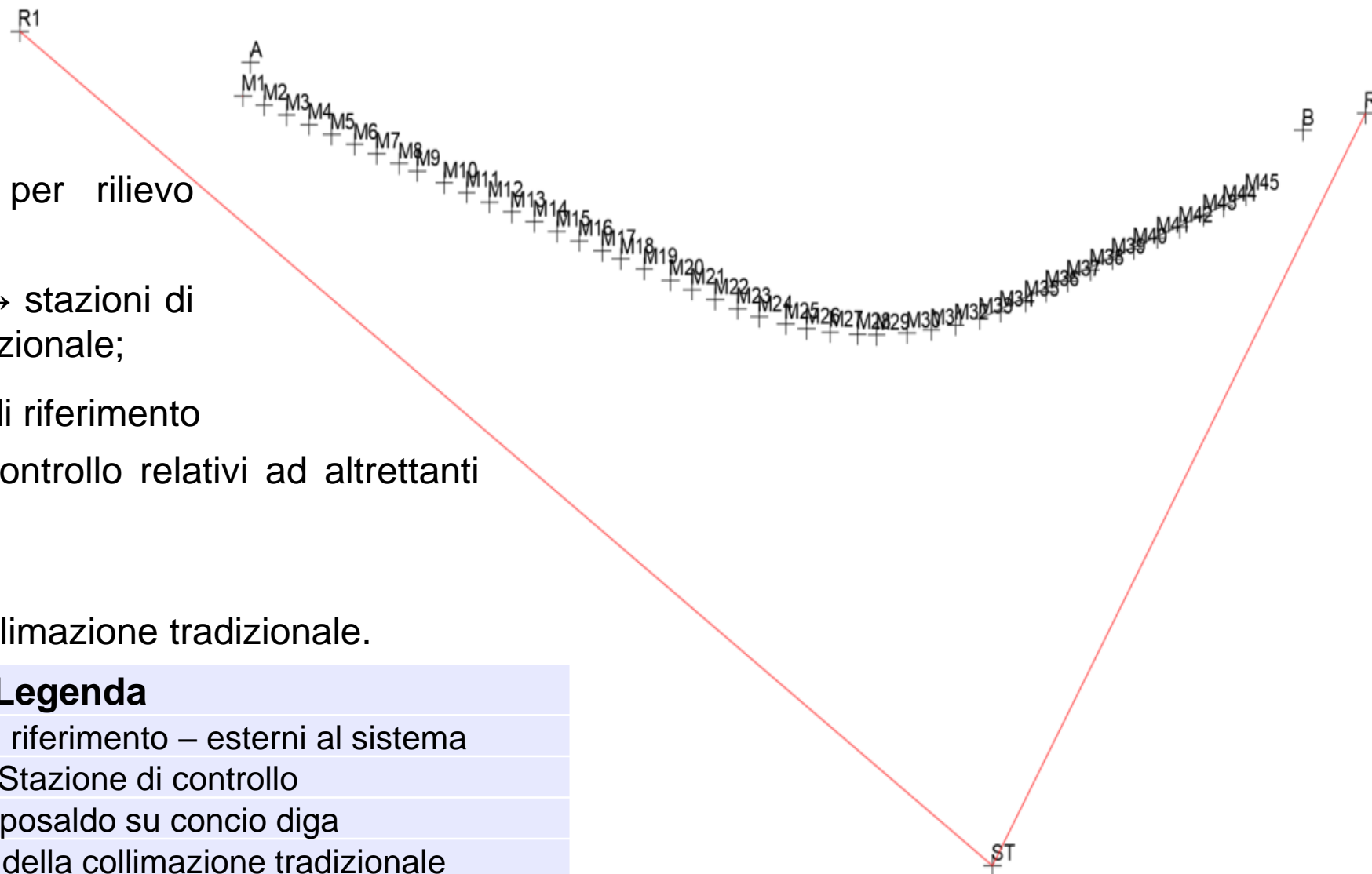
❑ n. 45 capisaldi di controllo relativi ad altrettanti conci della diga;

In aggiunta:

❑ R3 → Mira fissa collimazione tradizionale.

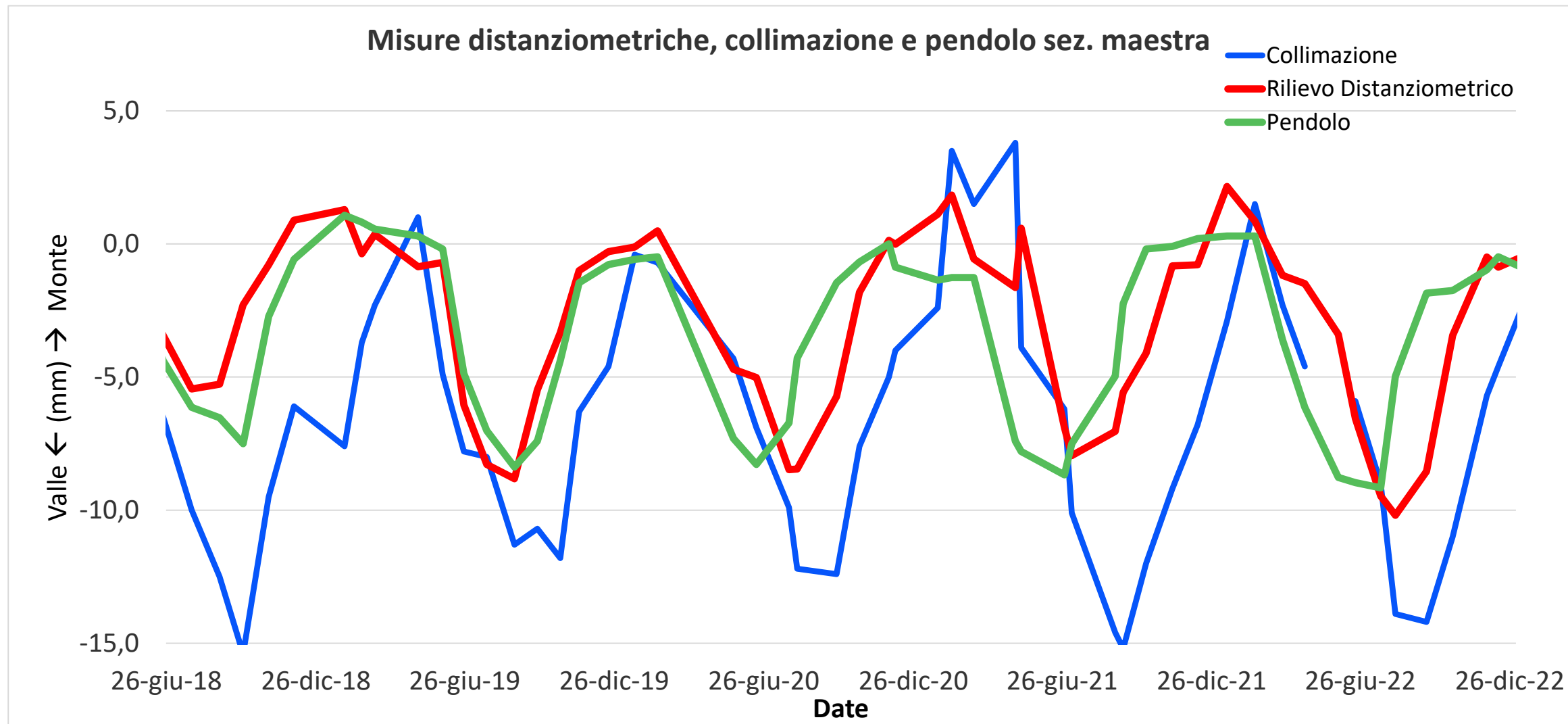
### Legenda

R – R1	Capisaldi di riferimento – esterni al sistema
A - B - C	Stazione di controllo
ST...45	Caposaldo su concio diga
R3	Mira fissa della collimazione tradizionale



## Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

Caso studio «Nuova collimazione diga Pozzillo (EN)»

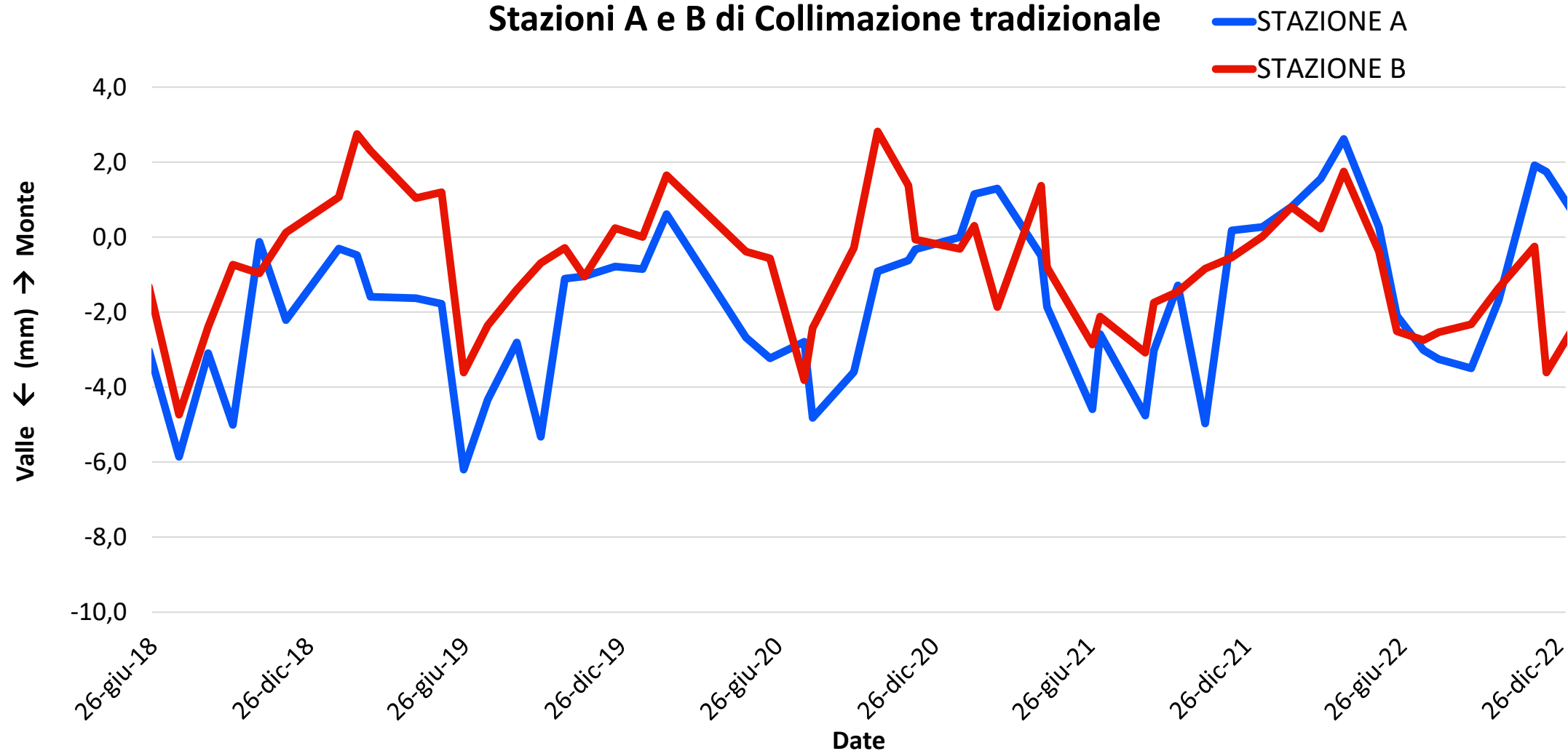


## Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

Caso studio «Nuova collimazione diga Pozzillo (EN)»



### Stazioni A e B di Collimazione tradizionale





## Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio

Monitoraggio con droni e tecnologia LaserScanner



Drone

**Rilievi per ispezioni dighe ed opere idrauliche:**

- Raggiungono posti difficili
- Scattano foto, registrano video e permettono di effettuare ispezioni visive



**Diga di Nazzano – RM (F. Tevere)**

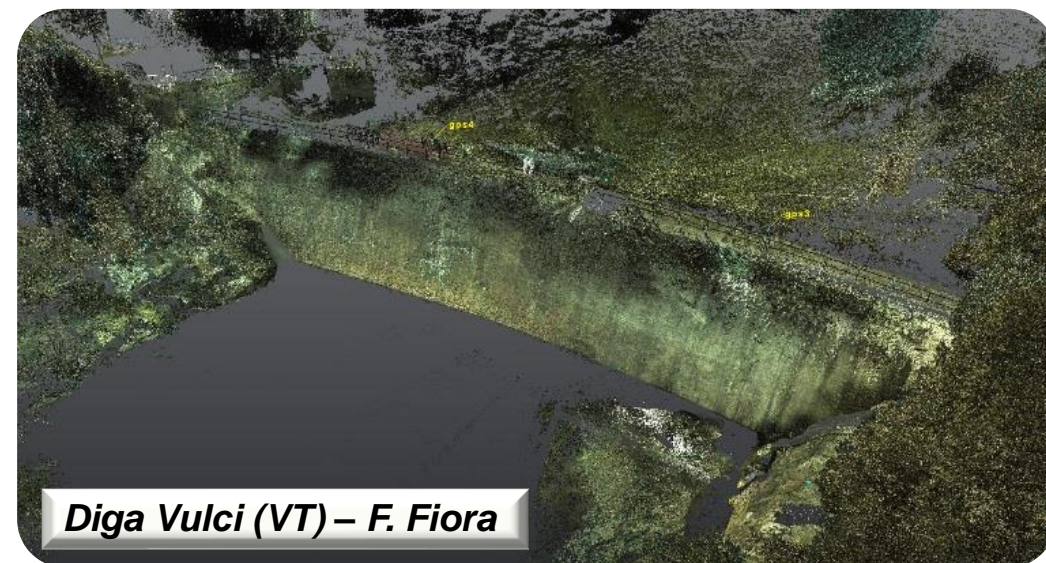
**Rilievi di Dighe e realizzazione di Modelli digitali 3D**

- velocità di esecuzione;
- massima precisione metrica ottenibile;
- possibilità di eseguire rilievi di interni;

Accuratezza: 3÷6 mm



Laserscanner



**Diga Vulci (VT) – F. Fiora**



# ***Tecnologia Laser Scanner nel monitoraggio delle dighe***



# DIGA DI TALVACCHIA

## ASCOLI PICENO

**Acquisizione  
Laser + Drone  
Prescrizione MIT**

**N 42°47'01"  
E 13°30'43"**



**Obiettivi:**  
**Aggiornamento Consistenza  
dell'Opera**  
**Verifica Quadri Fessurativi**  
**Paramenti**



# DIGA DI SAN DOMENICO

## VILLALAGO (AQ)

Acquisizione  
Drone+Laser scanner

N 41°56'47"  
E 13°49'38"



**Obiettivo:**

Rilievo Consistenza dell'Opera per Aggiornamento Verifiche  
Sismiche

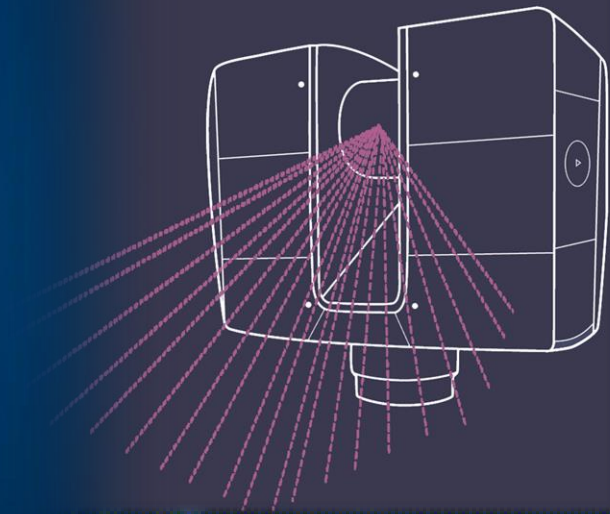


# DIGA DI SCANDARELLO AMATRICE (RI)

Acquisizione  
Laser scanner  
+ Drone  
Post sisma 2016



N 42°38'27"  
E 13°16'10"



**Obiettivo: Aggiornamento Consistenza dell'Opera per  
Progetto di realizzazione di uno schermo di tenuta  
in fondazione**



# DIGA DI FIASTRONE

## FIASTRA (MC)



N 43° 3'40"  
E 13°11'01"

**Obiettivi:**  
**Digitalizzazione dell'Opera**  
**Verifica Quadri Fessurativi Paramenti (Laser+Drone)**

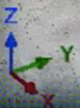


# DIGA DI PROVVIDENZA L'AQUILA

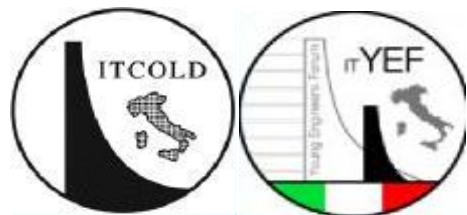


N 42°30'33"  
E 13°24'38"

Obiettivi:  
Digitalizzazione dell'Opera  
Verifica Quadri Fessurativi Paramenti (Laser+Drone)



# Il controllo delle dighe attraverso il monitoraggio



***Grazie per l'attenzione!!***

**Napoli, 10 Aprile 2024**

**Ing. Claudio Romanello**