



REGIONE SICILIA  
Assessorato regionale dell'energia  
e dei servizi di pubblica utilità  
Dipartimento regionale dell'acqua e dei rifiuti



DIGA GIBBESI

RIVALUTAZIONE SISMICA, STUDIO DELLE PRESSIONI NEUTRE E  
MOTI DI FILTRAZIONE, PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO  
ECONOMICA, DEFINITIVA ED ESECUTIVA, MANUTENZIONE  
STRAORDINARIA STRADA DI COLLEGAMENTO CASA DI GUARDIA  
- POZZO - PARATOIE E RIEFFICIENTAMENTO STRUMENTAZIONE  
DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

**C** PROGETTAZIONE STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO  
E DI CONTROLLO SBARRAMENTO E SPONDE

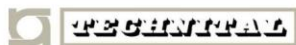
RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Dott. Ing. Antonino Margagliotta

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE TRA:

Mandataria

Mandanti



GEO R.A.S. s.r.l.

REDAZIONE DELL'ELABORATO

Dott. Ing.

SOCIETA' : Gabriele  
SERING INGEGNERIA

RESPONSABILE

Ing. Gabriele Speciale

DIREZIONE DI PROGETTO PER L'ATI :

TECHNITAL S.p.A.

Dott. Ing. Simone Venturini

TITOLO ELABORATO:

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA GENERALE

ELABORATO N° :

II122F-C-PE-GEN-112-00

		ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO		
SIGLA		V. Turano	V. Canzoneri	G. Speciale		
REVISIONE	N.	DESCRIZIONE		RED.	VER.	APP.
	1	00	Emissione AGOSTO 2022	V.T.	V.C.	G.S.
	2					
	3					

NOME FILE :

II122F-C-PE-GEN-112-00.xls

DATA :

Agosto 2022

SCALA :

-

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 2 di 87

**Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità**  
**Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti**

**DIGA GIBBESI**

**PROGETTO PER L'AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI INGEGNERIA RELATIVI ALLO  
 STUDIO DI RIVALUTAZIONE SISMICA DELLE OPERE STRUTTURALI  
 DELL'IMPIANTO, ALLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA DELLA MANUTENZIONE  
 STRAORDINARIA DELLA STRADA DI COLLEGAMENTO CASA DI GUARDIA – POZZO  
 PARATOIE, ALLO STUDIO INTERPRETATIVO E ALLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA  
 DEL RIEFFICIENTAMENTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E  
 CONTROLLO**

**C: PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I  
 CONTROLLO SBARRAMENTO E SPONDE**

**RELAZIONE TECNICA GENERALE**

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 3 di 87</b>

## INDICE

1.	PREMESSA E OGGETTO DELLA RELAZIONE	6
2.	INQUADRAMENTO DELL'OPERA	11
3.	STRUMENTAZIONE GEOTECNICA ESISTENTE	15
4.	RISPOSTE ALLE OSSERVAZIONI FORMULATE IN SEDE DI ISTRUTTORIA	21
5.	PROGETTO DELLA NUOVA STRUMENTAZIONE	49
5.1.	Generalità	49
5.2.	Strumentazione	52
5.2.1.	Inclinometri	52
5.2.2.	Assestimetri magnetici	54
5.2.3.	Celle piezometriche a corda vibrante – Serie NC	55
5.2.4.	Celle piezometriche a corda vibrante – Serie NP	58
5.2.5.	Celle piezometriche tipo Casagrande	60
5.2.6.	Rilievo del livello idrico dell'invaso	61
5.2.7.	Rilievo della temperatura dell'acqua	62
5.2.8.	Stazione meteo sul coronamento	62
5.2.9.	Stazione idrometrografica	63
5.3.	Specifiche tecniche della strumentazione geotecnica e modalità di installazione	64
5.3.1.	Inclinometri	64
5.3.2.	Assestimetri magnetici <i>tipo BRS</i>	68
5.3.3.	Celle piezometriche a corda vibrante	72
5.3.4.	Piezometri Casagrande	77
5.3.5.	Centralina di acquisizione portatile	79
5.3.6.	Sistema di acquisizione dati	80
5.3.7.	Pannelli solari	83
5.4.	Soglie d'allarme	84
5.5.	Ripristino della strumentazione fuori servizio	84
5.6.	Indagini geotecniche	85
6.	STIMA DEI COSTI	86



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 4 di 87</b>

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 2-1: Stralcio della Carta Tecnica Regionale con indicazione della diga Gibbesi.	11
Figura 2-2: Sezione tipo del corpo diga definita dal progetto esecutivo di adeguamento del 1983	12
Figura 2-3: Planimetria della diga Gibbesi (da Progetto esecutivo di adeguamento – Documento B 6).	13
Figura 2-4: Sezione trasversale tipo della diga con indicazione delle formazioni geologiche	14
Figura 3-1: Posizione della strumentazione nel corpo diga	19
Figura 4-1: Posizione dei piezometri Casagrande nel corpo diga – Sez. A–A (ora Sez. 6)	22
Figura 4-2: Posizione dei piezometri Casagrande nel corpo diga – Sez. B–B	22
Figura 4-3: Posizione dei piezometri Casagrande nel corpo diga – Sez.. C–C (ora Sez. 13)	23
Figura 4-4: Andamento dei cedimenti dei pilastri installati sul coronamento – Anni 2010-2020	31
Figura 4-5: Andamento dei cedimenti delle teste degli assestimetri installati sul coronamento - Anni 2010-2020	33
Figura 4-6: Andamento dei cedimenti dei pilastri installati sulla I berma di valle - Anni 2010-2020	34
Figura 4-7: Andamento dei cedimenti dei pilastri installati sulla II berma di valle - Anni 2010-2020	35
Figura 4-8: Andamento dello spostamento delle mire installate sul coronamento e sul paramento di valle nel periodo 2010-2019	37
Figura 4-9: Ubicazione degli inclinometri lungo il pendio in sponda sinistra a monte del Pozzo paratoie	45
Figura 5-1: Ubicazione degli inclinometri	53
Figura 5-2: Ubicazione degli assestimetri	55
Figura 5-3: Posizione della nuova strumentazione nel corpo diga – Sezione 7	57
Figura 5-4: Posizione della nuova strumentazione nel corpo diga – Sezione 10	57
Figura 5-5: Posizione della nuova strumentazione nel corpo diga – Sezione 13	57
Figura 5-6: Ubicazione dei piezometri della Serie NP	60
Figura 5-7: Linee di acquisizione e trasmissione dati della nuova strumentazione nel corpo diga	82

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 5 di 87</b>

## ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 3.1 – Principali caratteristiche degli assestimetri installati nel corpo diga	16
Tabella 3.2 – Celle piezometriche installate nel corpo diga	16
Tabella 3.3 – Piezometri Casagrande installati in sponda sinistra (Ps) e in sponda destra (Pd)	17
Tabella 3.4 – Piezometri a tubo aperto installati a valle del piede della diga	17
Tabella 4.1 – Risultati della ricognizione dei piezometri Casagrande installati in fase di costruzione	24
Tabella 5.1 – Inclinometri da installare nel corpo diga	52
Tabella 5.2 – Assestimetri da installare nel corpo diga	54
Tabella 5.3 – Celle piezometriche a corda vibrante Serie NC da installare nel corpo diga	56
Tabella 5.4 – Celle piezometriche a corda vibrante Serie NP da installare nel corpo diga e nei pendii a valle	59
Tabella 5.5 – Piezometri Casagrande da installare	61

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 6 di 87

## 1. PREMESSA E OGGETTO DELLA RELAZIONE

Nell'ambito dei servizi di ingegneria relativi alla diga Gibbesi, è prevista la “*Progettazione esecutiva del riefficientamento della strumentazione di monitoraggio e controllo*”.

In merito al controllo dello sbarramento e delle sponde, il vigente *Foglio di condizioni per l'esercizio e la manutenzione* (F.C.E.M.), revisionato ed approvato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti nel 2009, prevede nel corpo diga una serie di strumenti di monitoraggio geotecnico in corrispondenza delle seguenti sezioni:

- ❖ sezione A in sinistra, coincidente con la sezione 6;
- ❖ sezione B tra le sezioni 9 e 10, corrispondente alla sezione maestra;
- ❖ sezione C in destra idraulica, coincidente con la sezione 14.

La strumentazione consiste in assestimetri tipo USBR e celle piezometriche a corda vibrante.

A causa di alterne vicende legate alla gestione dell'invaso, non si dispone della serie storica delle misure assestimetriche, né il Dipartimento Regionale delle Acque e dei Rifiuti della Regione Siciliana, che dal 2010 ha la responsabilità dell'invaso, ha potuto avviare una campagna sistematica di misure a causa del mancato funzionamento della centralina originaria di produzione *SIS GEOTECNICA*, da anni fuori produzione. Diversi tentativi di riparazione della centralina non sono andati a buon fine. L'utilizzo in alternativa di sistemi di misurazione analoghi disponibili presso altri invasi ha dato esito negativo.

Per quanto riguarda le pressioni neutre nel corpo diga, la serie storica dei dati relativi alle celle piezometriche è incompleta ed inattendibile a causa di ripetuti guasti sistematici. Spesso i valori acquisiti non sono coerenti con le pressioni neutre alla relativa quota; inoltre questi strumenti richiedono una frequente ricalibrazione del sistema.

Facendo seguito alla richiesta del precedente gestore (Consorzio di Bonifica 5 – Gela) di autorizzazione all'incremento della quota di invaso, il RID – Ufficio Periferico di Palermo ha autorizzato, nel 2008, l'invaso fino alla quota 217,0 m s.l.m., secondo le modalità indicate nel “Piano degli Invasi Sperimentali” allegato alla richiesta, “*subordinando l'autorizzazione ai successivi gradini di invaso previsti nel programma alla verifica del regolare comportamento dell'opera*”.

Successivamente, in attuazione alla Delibera CIPE n. 54 del 01/12/2016, è stato sottoscritto un Accordo tra la Direzione Generale per le Dighe e il Dipartimento Regionale delle Acque e dei Rifiuti

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 7 di 87

della Regione Siciliana, al cui interno la Scheda intervento n. 075 – “Diga Gibbesi” prevede, tra l’altro, “3) *ripristino ed integrazione della strumentazione di monitoraggio e controllo in sostituzione di quella esistente andata fuori uso*”, oltre d altre attività che, più in generale, formano oggetto di studi di rivalutazione sismica delle opere strutturali dell’impianto.

Il RUP incaricato ha redatto nel 2018 il progetto dei servizi di ingegneria e architettura inerenti l’*Accordo* , la cui gara è stata aggiudicata allo scrivente RTI.

Tra le attività da sviluppare, il *SERVIZIO C* prevede appunto “*il riefficientamento / sostituzione / integrazione della strumentazione di monitoraggio e di controllo dello sbarramento e relative sponde*”.

Sempre con riferimento alla gara, la scheda di monitoraggio allegata indica, in particolare, le seguenti attività:

- *installazione di nuovi tubi piezometrici in sinistra ed oltre destra, dove, all’aumentare della quota di invaso, può verificarsi l’inondazione di aree depresse a confinare con l’attuale limite massimo dello specchio d’acqua.*
- *ripristino di sezioni di misura assestometriche .inclinometriche.*

Gli studi riguardanti l’interpretazione delle misure delle pressioni neutre nel corpo diga condotti dal RTI nella presente fase hanno evidenziato che sono disponibili misure continue alle celle a corda vibrante solo relativamente al periodo 2009-2013. Tra l’altro, a partire dal marzo 2013, a causa di un guasto non meglio precisato al sistema di acquisizione dei dati, non sono più stati eseguiti monitoraggi. L’analisi di queste misure ha mostrato che i livelli piezometrici non sembrano per nulla rappresentativi della reale situazione idrogeologica del corpo diga. Ciò può essere dovuto a una mancata calibrazione del sistema, a un errore nell’algoritmo di derivazione delle corrispondenti quote piezometriche, ma anche, per quelle strumentazioni poste a quote superiori a 216,5 m s.l.m. (valore medio del livello di invaso tra il 2009 e il 2014) al fatto che le celle risultano collocate durante tutto il loro periodo di lettura all’interno di materiali non saturi e di conseguenza non sono in grado di fornire letture affidabili.

Si è pertanto concordato con il RUP anche il ripristino delle sezioni di controllo delle pressioni neutre nel nucleo, fianco di valle e nei terreni di fondazione del corpo diga con celle piezometriche a corda vibrante, nonché l’integrazione del sistema di monitoraggio presente lungo il versante al di sopra del piazzale del pozzo paratoie, oggetto da tempo di rilievi inclinometrici e piezometrici alla luce dei

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 8 di 87

segnali dei instabilità evidenziati nell'area. Anche in quest'ultimo caso la strumentazione presente appare deficitaria.

Per le celle piezometriche, è stata prevista l'acquisizione automatica dei dati, con rimando ad una postazione centrale di acquisizione presso la casa di guardia. In ogni caso, sarà possibile effettuare misure manuali con apposita centralina.

Altre indicazioni sono pervenute da parte del personale tecnico in servizio presso la diga, che ha evidenziato l'opportunità di automatizzare le misure ad alcuni piezometri posizionati in luoghi di difficile accesso in presenza di condizioni atmosferiche avverse e di ripristinare la linea di piezometri presente lungo la sez. 6, installata in corso d'opera e da tempo fuori servizio, come tutti gli strumenti della stessa serie. Questi ultimi sono stati oggetto di specifiche indagini effettuate a seguito delle osservazioni mosse dall'UTD e sulle quali si riferisce più avanti.

Si prevede, inoltre: il ripristino del sensore per la misura del livello idrico dell'invaso; l'installazione di una stazione meteo sul coronamento, di sensori di misura della temperatura dell'acqua dell'invaso e di una stazione idrometrografica nella vasca di dissipazione, quest'ultima per il monitoraggio delle portate in uscita dalla diga.

Una specifica attività è finalizzata alla verifica del funzionamento e all'eventuale ripristino della strumentazione fuori servizio e delle centraline di misura presenti in diga, anche se difficilmente sarà possibile recuperare le apparecchiature al momento non utilizzabili. In ogni caso, tale attività dovrà precedere l'acquisto della nuova strumentazione.

Al termine della prima fase di studi, il RTI ha consegnato, nel maggio 2021, gli elaborati relativi *Progetto di fattibilità tecnica e economica della strumentazione di monitoraggio e controllo dell'opera*.

Con nota prot. 1760 del 18/01/2022 il RUP ha trasmesso al RTI gli esiti dell'esame istruttorio condotto dall'*Ufficio tecnico per le dighe di Palermo* sul *Progetto di fattibilità tecnica e economica* per gli opportuni riscontri.

Nell'istruttoria si segnalava, tra l'altro:

*In esito alle carenze riscontrate pare utile enucleare quanto segue:*

- *si richiede un approfondimento di indagine nel **rilievo della strumentazione installata**, non essendo stata rilevata la presenza di strumentazione piezometrica esistente nel paramento di valle della diga;*



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 9 di 87</b>

- la **verifica della possibilità di ripristino della strumentazione fuori servizio** dovrà essere estesa all'intero parco strumenti originariamente installato e precedere qualunque valutazione relativa ad installazione e posizionamento di nuovi strumenti, al fine di evitare casi di ridondanza strumentale;

Il RTI ha predisposto i necessari riscontri sui quali si riferisce in un successivo capitolo.

In ultimo, con nota prot. 24870 del 07/07/2022 il RUP ha richiesto la redazione del *Progetto esecutivo del Servizio C, .... ai fini dell'approvazione da parte dell'Autorità di Vigilanza e al successivo affidamento dei lavori.*

Il Progetto esecutivo, del quale la presente Relazione Tecnica Generale è parte integrante, si compone dei seguenti elaborati.

N.	SIGLA	SERVIZIO	CODICE						TITOLO	SCALA	FORMATO
			FASE	CAP.	N. DOC.		REV.				
1. GENERALI											
1	II22F	C	PE	GEN	1	1	1	00	Elenco elaborati	-	A4
2	II22F	C	PE	GEN	1	1	2	00	Relazione tecnica generale	-	A4
2. ELABORATI TECNICI											
3	II22F	C	PE	RT	2	1	1	00	Planimetria con ubicazione della strumentazione esistente	1:2000	A1
4	II22F	C	PE	RT	2	1	2	00	Planimetria con ubicazione della strumentazione in progetto	1:2000	A1
5	II22F	C	PE	RT	2	1	3	00	Strumentazione funzionante e strumentazione in progetto - Planimetria	1:2000	A1
6	II22F	C	PE	RT	2	1	4	00	Sezioni strumentate – Strumenti di nuova installazione	1:500	A1
7	II22F	C	PE	RT	2	1	5	00	Modalità di installazione degli inclinometri	-	A1
8	II22F	C	PE	RT	2	1	6	00	Modalità di installazione degli assestimetri	-	A1
9	II22F	C	PE	RT	2	1	7	00	Modalità di installazione delle celle piezometriche a corda vibrante - Serie NC	-	A1

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II22F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 10 di 87</b>

N.	SIGLA	SERVIZIO	CODICE						TITOLO	SCALA	FORMATO
			FASE	CAP.	N. DOC.			REV.			
10	II22F	C	PE	RT	2	1	8	00	Modalità di installazione dei piezometri - Serie NP	-	A1
<b>3. PIANO DI MANUTENZIONE</b>											
11	II22F	C	PE	MAN	7	1	1	00	Piano di manutenzione	-	A4
<b>4. CRONOPROGRAMMA</b>											
12	II22F	C	PE	CR	8	1	1	00	Cronoprogramma dei lavori	-	A4
<b>5. ELABORATI ECONOMICI</b>											
13	II22F	C	PE	ECO	9	1	1	00	Elenco dei prezzi unitari	-	A4
14	II22F	C	PE	ECO	9	1	2	00	Analisi dei prezzi	-	A4
15	II22F	C	PE	ECO	9	1	3	00	Computo metrico estimativo	-	A4
16	II22F	C	PE	ECO	9	1	4	00	Quadro di incidenza della manodopera	-	A4
17	II22F	C	PE	ECO	9	1	5	00	Quadro economico	-	A4
18	II22F	C	PE	ECO	9	1	6	00	Schema di contratto	-	A4
19	II22F	C	PE	ECO	9	1	7	00	Capitolato Speciale di Appalto	-	A4
<b>6. SICUREZZA</b>											
20	II22F	C	PE	SIC	10	1	1	00	Piano di sicurezza e coordinamento	-	A4
21	II22F	C	PE	SIC	10	1	2	00	Analisi e valutazione dei rischi	-	A4
22	II22F	C	PE	SIC	10	1	3	00	Fascicolo dell'opera	-	A4
23	II22F	C	PE	SIC	10	1	4	00	Elenco dei prezzi unitari per la sicurezza	-	A4
24	II22F	C	PE	SIC	10	1	5	00	Stima dei costi per la sicurezza	-	A4

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 11 di 87

## 2. INQUADRAMENTO DELL'OPERA

La diga Gibbesi è collocata nella valle dell'omonimo torrente in località “Canalotto” nel territorio comunale di Sommatino in provincia di Caltanissetta ad una distanza di circa 2.5 km in direzione Sud-Ovest rispetto l'abitato.



Figura 2-1: Stralcio della Carta Tecnica Regionale con indicazione della diga Gibbesi.

L'invaso ha una superficie dello specchio liquido a pieno regime di 1,13 km<sup>2</sup> e una capacità massima di progetto pari a 11,4 milioni di m<sup>3</sup>. La destinazione della risorsa idrica è per uso irriguo.

La diga, realizzata tra il 1978 e il 1992, è del tipo a materiali sciolti con nucleo di tenuta centrale e struttura zonata.

Planimetricamente lo sbarramento ha andamento mistilineo, con uno sviluppo complessivo in testa al coronamento di 607 m.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 12 di 87</b>

La sezione trasversale della diga ha forma trapezoidale con larghezza in testa al coronamento di m 9 e alla base di m 276,50. La sommità del rilevato è posta a quota 236 m s.l.m., con altezza totale dello sbarramento di 46 m.

I livelli di ritenuta alla massima regolazione e alla massima piena sono rispettivamente pari a 229,00 m s.l.m. e 231,50 m s.l.m..

Il nucleo è costituito da limo argilloso ed è ammorsato nella formazione di base costituita di argille e argille marnose mediante un taglione di 4 m di altezza, con pendenza di 1,5/1 su entrambi i versanti. I paramenti laterali del nucleo sono sagomati con pendenza  $\frac{1}{4}$ , la larghezza minima in testa, è di 4,50 m. A ridosso del nucleo sono disposti, verso monte, uno strato di transizione in calcarenite, verso valle, un filtro a tre strati a granulometria crescente. Sia la transizione, che i filtri ricoprono anche la superficie di fondazione.

Il fianco di monte è costituito da materiale calcareo, tout-venant nella parte interna e selezionato verso il paramento. Quest'ultimo è sagomato con pendenza variabile tra 2/1 a 6/1, decrescente dal coronamento alla base. La protezione dal moto ondoso è assicurata da un rivestimento superficiale di materiale da scogliera di spessore 1 m.

Il fianco di valle è costituito da materiale calcarenitico tout-venant nella parte interna e calcareo tout-venant nella parte più esterna. Il paramento è protetto da un manto erboso superficiale.

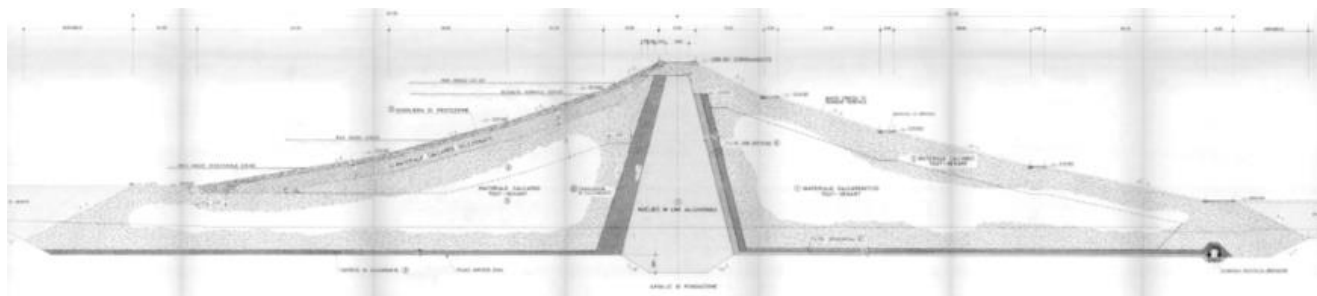


Figura 2-2: Sezione tipo del corpo diga definita dal progetto esecutivo di adeguamento del 1983

In sponda sinistra è ubicato lo scarico di fondo da cui parte la galleria di scarico che si ricongiunge a quella di uno dei due sfioratori a calice posizionati più a valle.

La vasca di dissipazione, in cui vengono riversate le acque provenienti dalle gallerie di scarico di destra e sinistra, è un'opera lunga 60 m e larga 42 m.



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 13 di 87

Il collaudo (ex art. 14 del D.P.R. 1363/59) è ancora oggi in corso e il serbatoio è nella condizione di invaso sperimentale con le relative operazioni avviate il 18/07/2007.



Figura 2-3: Planimetria della diga Gibbesi (da Progetto esecutivo di adeguamento – Documento B 6).

Dal punto di vista geologico, è predominante la presenza delle argille dell'Olistostroma, che affiorano in spalla destra. Sempre in spalla destra si riscontra la presenza di strati allentati, che possono essere ricondotti alla presenza di una vasta paleo-frana, stabilizzata durante la costruzione della diga mediante la realizzazione di una mantellata in calcare tout-venant.

In spalla sinistra si riscontrano invece argille tortoniane stratificate e compatte, che a monte e a valle dello sbarramento sono a contatto con argille puddingoidi.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 14 di 87</b></p>

Nella sezione trasversale tipo della diga che segue si illustrano i rapporti tra le formazioni geologiche e la sezione di sbarramento.

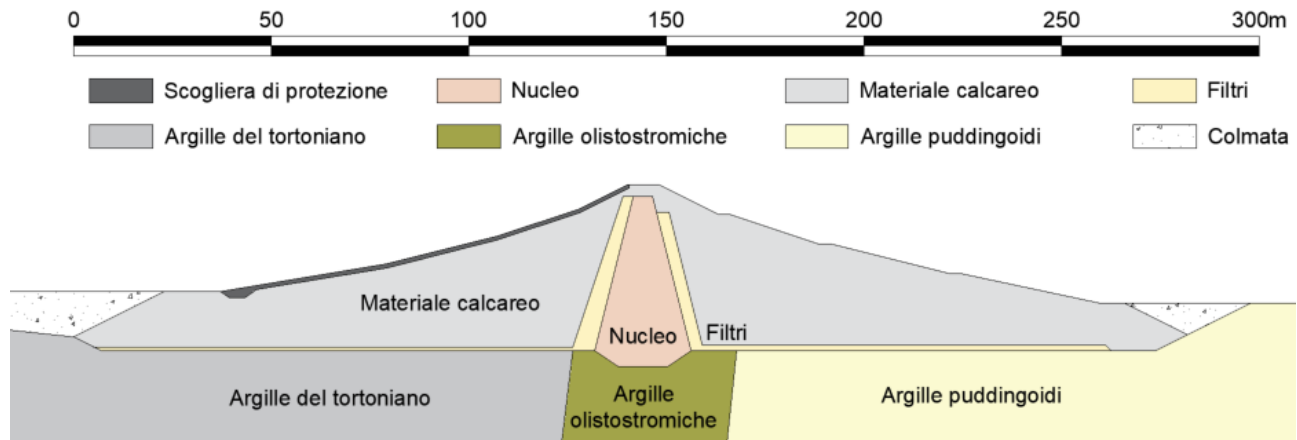


Figura 2-4: Sezione trasversale tipo della diga con indicazione delle formazioni geologiche

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 15 di 87

### 3. STRUMENTAZIONE GEOTECNICA ESISTENTE

Secondo quanto indicato nel F.C.E.M. la strumentazione installata nel corpo diga per la misura delle deformazioni e delle *pressioni neutre* consiste in:

- n. 9 assestimetri telescopici tipo USBR installati lungo le tre sezioni A, B, C, tre colonne per sezione, in corrispondenza del coronamento (A3, B3, C3), della prima berma di valle (A2, B2, C2) e della seconda berma di valle (A1, B1, C1).

Le letture sono prescritte con frequenza semestrale per mezzo di una sonda scorrevole elettromagnetica;

- n. 12 celle piezometriche del tipo a corda vibrante disposte a varie quote all'interno del nucleo, in numero di cinque nella sezione A (A1, A2, A3, A4, A5); quattro nella sezione B (B1, B2, B3, B4); tre nella sezione C (C1, C2, C3). La cella A5 è posizionata nel fianco di valle

Le misure vengono acquisite in automatico attraverso un sistema il cui terminale è ubicato presso la casa di guardia. Limitatamente al periodo degli invasi sperimentali, nel F.C.E.M. viene indicata la frequenza di misure giornaliera a seguito di nota SND del 1995.

Nella tabella che segue sono indicati, per ciascun assestimetro, la posizione nel corpo diga, le quote di testa e di fondo, la lunghezza, la quota del piano di posa della diga in corrispondenza dello strumento. Nella tabella successiva si riportano la posizione e la quota di installazione delle celle piezometriche.

Sezione	Assestimetro	Posizione nel corpo diga	Quota testa (m s.l.m.)	Quota fondo (m s.l.m.)	Lunghezza (m)	Piano di posa diga (m s.l.m.)
A	A3	Coronamento	236,00	192,15	43,85	198,00
	A2	I berma valle	228,50	197,06	31,44	203,70
	A1	II berma valle	221,00	197,35	23,65	204,20
B	B3	Coronamento	236,00	204,35	31,65	185,80
	B2	I berma valle	228,50	201,70	26,80	192,50
	B1	II berma valle	221,00	186,70	34,30	192,80
C	C3	Coronamento	236,00	192,87	43,13	199,40

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 16 di 87</b>

Sezione	Assestimetro	Posizione nel corpo diga	Quota testa (m s.l.m.)	Quota fondo (m s.l.m.)	Lunghezza (m)	Piano di posa diga (m s.l.m.)
	C2	I berma valle	228,50	198,40	30,10	204,80
	C1	II berma valle	221,00	201,33	19,67	209,00

Tabella 3.1 – Principali caratteristiche degli assestimetri installati nel corpo diga

Sezione	Denominazione / posizione della cella	Quota di installazione (m s.l.m.)
A	A1 / nucleo	210
	A2 / nucleo	216
	A3 / nucleo	222
	A4 / nucleo	226
	A5 / fianco di valle	218
B	B1 / nucleo	206
	B2 / nucleo	214
	B3 / nucleo	222
	B4 / nucleo	226
C	C1 / nucleo	210
	C2 / nucleo	216
	C4 / nucleo	226

Tabella 3.2 – Celle piezometriche installate nel corpo diga

Come detto in premessa, da oltre dieci anni non vengono eseguite misure assestimetriche, mentre le misure alle celle di pressione neutre sono discontinue e poco attendibili.

Sempre nell'ambito dei controlli, vengono effettuati rilievi della falda lungo le sponde attraverso una rete di piezometri Casagrande (dieci in sponda destra; cinque in sponda sinistra). A valle del piede della diga sono posizionati nove piezometri a tubo aperto.

Le misure ai piezometri avvengono manualmente mediante freatimetro con una frequenza all'incirca settimanale. Sono disponibili misure a partire dal 2016.

Nelle tabelle che seguono si riporta la quota boccaforo di ciascuno piezometro.



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 17 di 87</b>

Piezometro	Quota boccaforo (m s.l.m.)
Ps1	236,88
Ps2	236,58
Ps3	236,80
Ps4	234,45
Ps5	234,46
Pd1	242,98
Pd2	243,63
Pd3	242,17
Pd4	251,53
Pd5	232,79
Pd6a	234,63
Pd6b	234,58
Pd7	239,75
Pd8	244,34
Pd9	246,11

Tabella 3.3 – Piezometri Casagrande installati in sponda sinistra (Ps) e in sponda destra (Pd)

Piezometro	Quota boccaforo (m s.l.m.)
Pv1	230,73
Pv2	225,28
Pv3	210,69
Pv4	207,71
Pv5	207,76
Pv6	223,75
Pv7	-
Pv8	227,92
Pv9	229,17

Tabella 3.4 – Piezometri a tubo aperto installati a valle del piede della diga

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 18 di 87</b>

Il piezometro Pv7, non rinvenuto sul campo, è fuori servizio fin dalla fase di installazione. Alle date delle ultime misure lo strumento Ps1 fornisce misure non attendibili, mentre il piezometro Pv2 risulta fuori servizio.

Nel corso dell'istruttoria l'UTD di Palermo ha evidenziato la presenza di 11 piezometri Casagrande installati in corso d'opera nei terreni di fondazione del nucleo e del fianco di valle del corpo diga e che sono rappresentati nelle originarie sezioni trasversali strumentate dello sbarramento allegate al FCEM. Nel gennaio 2022 è stata effettuata una accurata ricognizione di tali strumenti, sulla quale si riferisce nel paragrafo successivo. Gli strumenti sono risultati fuori servizio.

Il monitoraggio del pendio in sponda sinistra a monte del piazzale del pozzo paratoie è previsto con cadenza annuale, con misure a nove inclinometri. Per l'acquisizione e l'elaborazione delle misure vengono utilizzate una sonda inclinometrica biassiale e una centralina. L'elaborazione dei dati avviene con il software *DigyPro* della *Slope Indicator Company*.

Le misure disponibili coprono un arco temporale di otto anni (2010-2017). Alla data delle ultime misure (aprile 2017) sono stati eseguiti rilievi solo agli inclinometri: I2, I3, I6, IN2, IN4. Nell'elaborato "*Rilievi inclinometrici, Campagna al Tempo 12 del 15-05-2017*" viene indicato che ad aprile 2017 risultavano rilevabili solo i predetti inclinometri e che il tubo IN5, che risultava bloccato alla profondità di 26 m e pertanto era stato abbandonato. Al momento non è stata reperita documentazione riguardante i rimanenti inclinometri, compreso IN5.

Per le misure è stata finora utilizzata una sonda inclinometrica in dotazione a diversi impianti, che nell'ultimo periodo risulta non più utilizzabile essendo rimasta bloccata all'interno di un foro.

L'ubicazione della strumentazione è riportata nella "Planimetria con ubicazione della strumentazione esistente" (elaborato II22F-C-PE-RT-211), dove è distinta quella funzionante da quella fuori servizio e nelle sezioni A, B, C rappresentate nell'elaborato II22F-C-PE-RT-213 ed illustrate nella figura che segue tratta dalla documentazione di progetto.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 19 di 87</p>

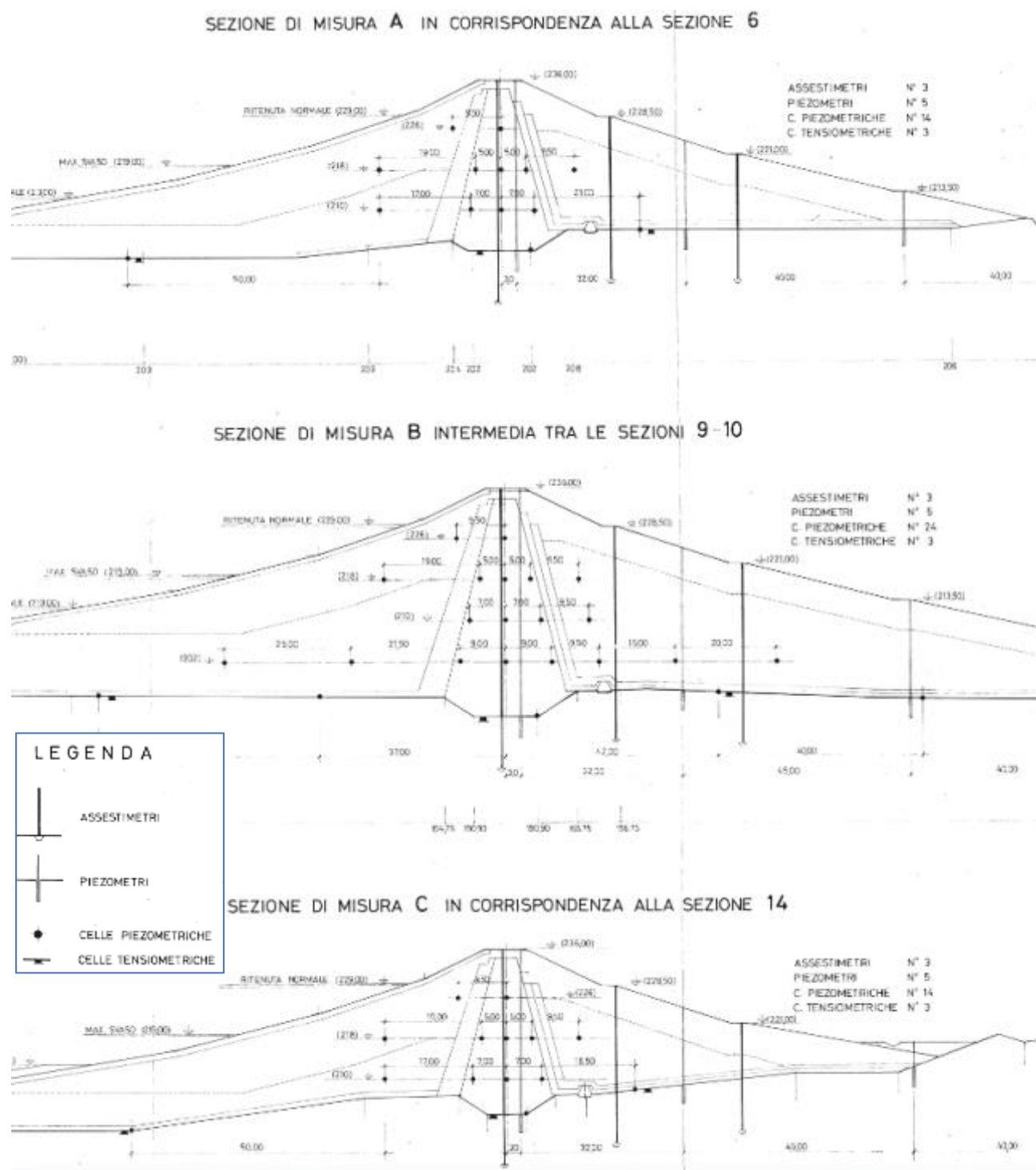


Figura 3-1: Posizione della strumentazione nel corpo diga

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 20 di 87

Il F.C.E.M prevede anche misure degli spostamenti planimetrici e altimetrici di punti del corpo diga con cadenza mensile. Vengono monitorati pilastri e mire allo scopo collocati e le teste degli assestimetri.

Le misure geotecniche e topografiche sono affiancate da rilievi giornalieri del livello dell'invaso, delle piogge, della temperatura e delle portate scaricate dai cunicoli destro e sinistro posti sul piano di fondazione del paramento di valle.

Si segnala infine che dall'esame della documentazione di progetto reperita presso la casa di guardia risulta che furono installate nove celle tensiometri, tre per sezione, oltre a celle di pressione neutra posizionate nei rinfianchi di monte e di valle. Di tale strumentazione non è stata reperita alcuna misura, ad eccezione dei dati relativi alla cella di pressione A5 indicata nel F.C.E.M..

Riguardo alle tolleranze tecniche ammissibili entro cui gli apparecchi di misura devono risultare funzionanti, il F.C.E.M. riporta i seguenti valori di precisione della strumentazione geotecnica:

- assestimetri  $\pm 2$  mm;
- livelli piezometrici 2 cm;
- perdite 0,01 l/s.



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
III122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 21 di 87

#### 4. RISPOSTE ALLE OSSERVAZIONI FORMULATE IN SEDE DI ISTRUTTORIA

Nella presente capitolo si illustrano i riscontri alle osservazioni formulate nell'istruttoria dell'UTD di Palermo, prot. 20864 del 7/10/2021, ricevute con nota prot. 1760 del 18/01/22.

§3.2, punto C2) Si richiama il §2.4, punto D2) in merito alla necessità di completare il rilievo della strumentazione piezometrica esistente, con riferimento agli originari piezometri installati nel paramento di valle della diga.

§2.4, punto D2) Strumentazione per il monitoraggio piezometrico disponibili: il rilievo della strumentazione esistente risulta incompleto, mancano riferimenti ai piezometri originariamente installati nel paramento di valle della diga. Tali strumenti, peraltro graficamente rappresentati nelle originarie sezioni trasversali strumentate dello sbarramento, sono stati segnalati da quest'Ufficio nel corso del sopralluogo ispettivo del 23/10/2013 e, in successivi verbali di visita, se ne iniziava la verifica di pervietà.

Per quanto riguarda la strumentazione di cui si fa menzione al §3.2, punto C2) e al §2.4, punto D2), si tratta di 11 piezometri Casagrande installati in fase di costruzione e rappresentati nelle originarie sezioni trasversali strumentate dello sbarramento allegate al FCEM, che si riportano di seguito.

Tale strumentazione, evidenziata in rosso nelle sezioni, non è più oggetto di monitoraggio da diversi anni. Non si è a conoscenza della quota di installazione delle celle. Dall'esame dei disegni le celle sembrerebbero posizionate all'interno dei terreni di fondazione.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 22 di 87</p>

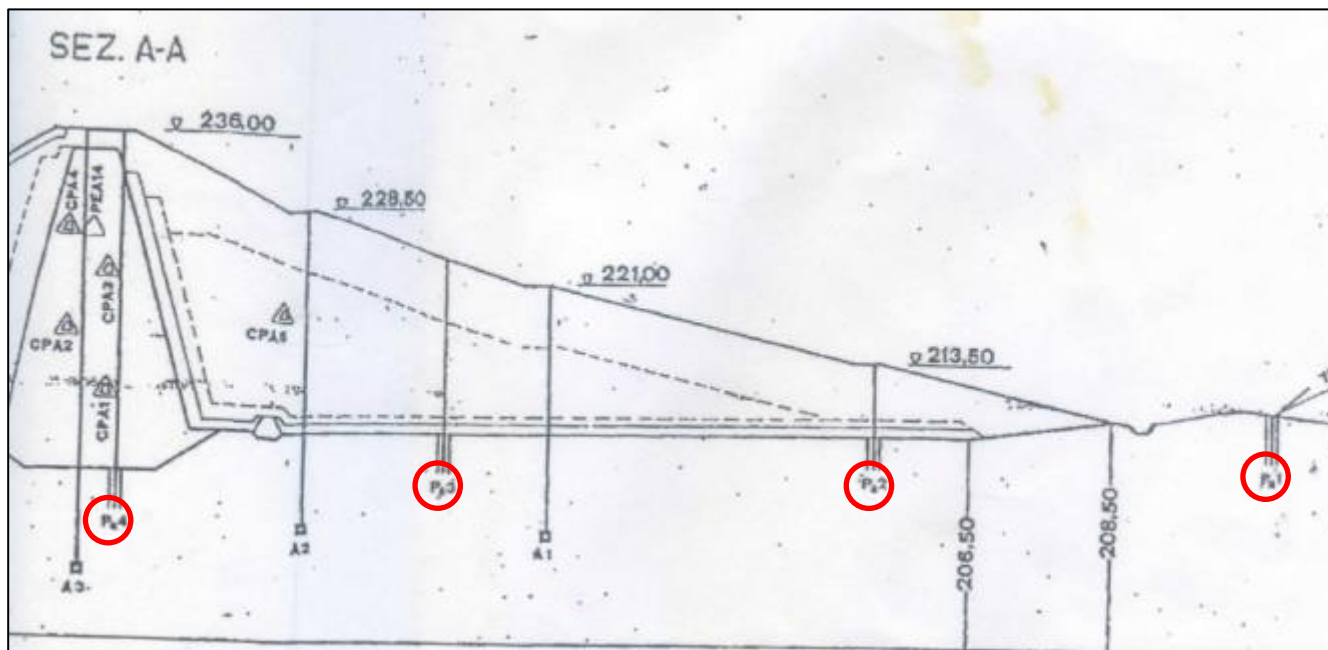


Figura 4-1: Posizione dei piezometri Casagrande nel corpo diga – Sez. A-A (ora Sez. 6)

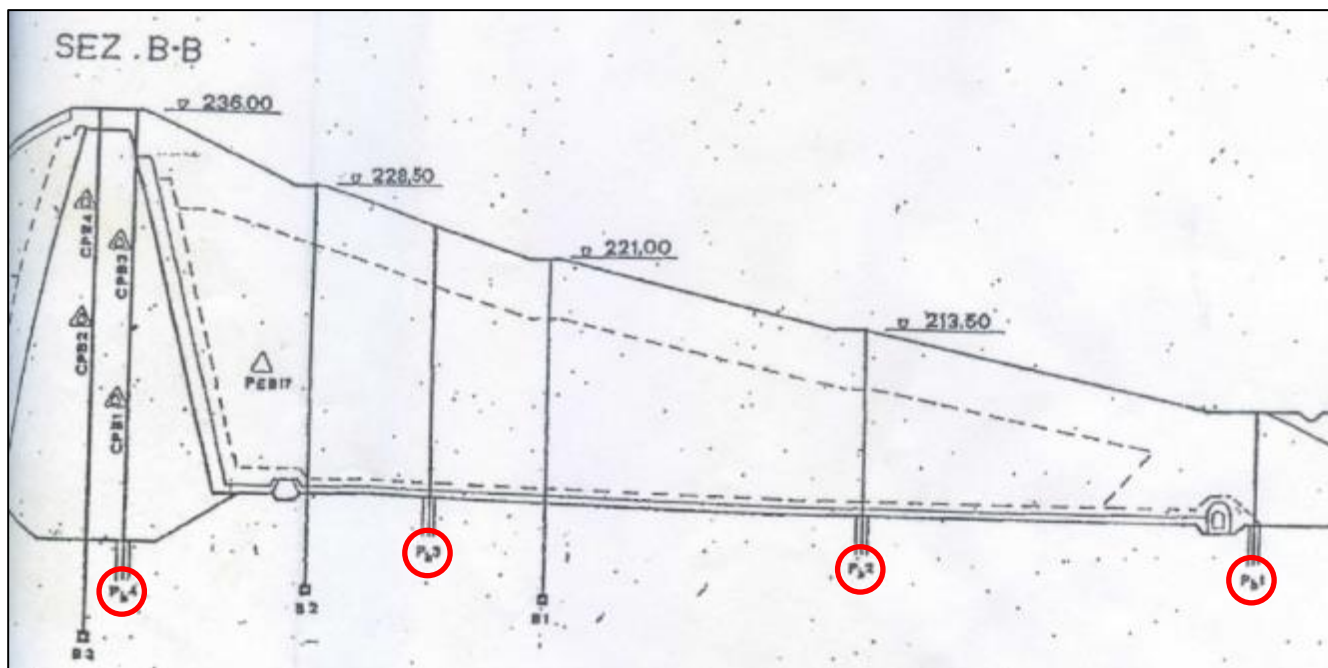


Figura 4-2: Posizione dei piezometri Casagrande nel corpo diga – Sez. B-B

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 23 di 87

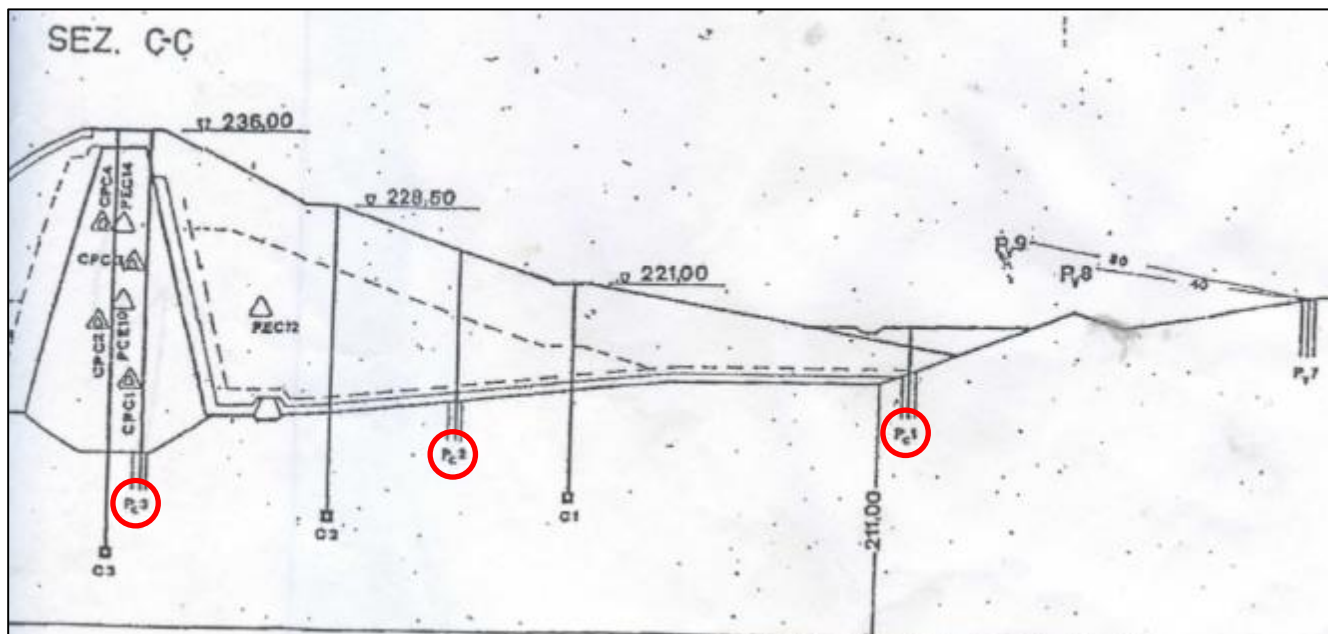


Figura 4-3: Posizione dei piezometri Casagrande nel corpo diga – Sez.. C–C (ora Sez. 13)

Nel corso di un sopralluogo effettuato il 31 gennaio 2022 congiuntamente con il preposto alla diga, si è proceduto alla ricognizione di tale strumentazione, al fine di verificarne la reale posizione nel corpo diga e le condizioni di operatività. Per quest'ultimo scopo è stato utilizzato il freatimetro presente presso la casa di guardia.

Nella tabella che segue si riporta un prospetto con i risultati della visita ed alcune note e osservazioni. La posizione indicata è quella riscontrata in sito, facendo riferimento alla nuova denominazione delle sezioni trasversali della diga. In particolare, la Sezione A-A coincide con la Sezione 6; la Sezione C-C con la Sezione 13. Per i due piezometri non rinvenuti si riporta la posizione presunta, desumibile dalle sezioni di progetto. Con “L1” e “L2” si indicano le lunghezze misurate con il freatimetro lungo i tubi dei piezometri Casagrande.

Piezometro	Posizione	L1 (m)	L2 (m)	Note e osservazioni
Pa1	Sez 6 – A valle della IV berma (?)	-	-	Strumentazione non rinvenuta.
Pa2	Sez 6 – III berma di valle	3,02	9,60	Parzialmente operativo. Da spurgare.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 24 di 87</b>

Piezometro	Posizione	L1 (m)	L2 (m)	Note e osservazioni
Pa3	Sez 6 – I berma di valle	22,95	13,56	La posizione indicata in sezione è errata. Quasi del tutto non operativo. Da spurgare.
Pa4	Sez 6 – Coronamento	8,90	2,00	Quasi del tutto non operativo. Da spurgare.
Pb1	Sez 10 – IV berma di valle (?)	-	-	Strumentazione non rinvenuta per presenza di fango lungo la berma.
Pb2	Sez 10 – III berma di valle	2,30	23,45	Foro non cementato. Parzialmente operativo. Da spurgare.
Pb3	Sez 10 – I berma di valle	11,12	13,56	La posizione indicata in sezione è errata. Parzialmente operativo. Da spurgare.
Pb4	Sez 10 – Coronamento	-	-	Al momento non ispezionabile.
Pc1	Sez 13 – III berma di valle	3,24	3,24	Quasi del tutto non operativo. Da spurgare.
Pc2	Sez 13 – I berma di valle	22,20	21,68	La posizione indicata in sezione è errata. Parzialmente operativo. Da spurgare.
Pc3	Sez 13 – Coronamento	1,60	11,65	Parzialmente operativo. Da spurgare.

Tabella 4.1 – Risultati della ricognizione dei piezometri Casagrande installati in fase di costruzione

Si allega di seguito la documentazione fotografica dei siti ispezionati.

Piezometro Pa2 – Sez. 6 – III berma di valle





<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 25 di 87</p>

Piezometro Pa3– Sez. 6 – I berma di valle



Piezometro Pa4– Sez. 6 – Coronamento



Piezometro Pb2– Sez. B – III berma di valle



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 26 di 87</p>

Piezometro Pb3– Sez. B – I berma di valle



Piezometro Pc1– Sez. 13 – III berma di valle



Piezometro Pc2– Sez. 13 – I berma di valle





REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 27 di 87</b>

### Piezometro Pc3– Sez. 13 – Coronamento



Il piezometro Pb4 sul coronamento non risulta accessibile per l'impossibilità di sollevare la botola che richiude il pozzetto di protezione.

Non è stato rinvenuto il piezometro identificato con la sigla Pa1, che dovrebbe essere posizionato lungo la sez. 6 a valle della IV berma di valle.

Nella posizione (presunta) dello strumento Pb1 sulla IV berma di valle (sezione B) è presente uno spesso strato di fango ivi depositatosi a seguito delle ripetute piogge dell'ultimo periodo precedente il sopralluogo, che preclude qualsiasi ispezione.

Il foro che contiene le tubazioni dello strumento Pb2 non è cementato.

Si è verificato che le tubazioni di tutti i piezometri Casagrande sono parzialmente ostruite – in alcuni casi quasi del tutto. Le interruzioni sono probabilmente causate dalla presenza di fango e/o di detriti, da difetti nelle giunzioni delle tubazioni e/o da elevata rigidità delle stesse tubazioni. Sulla base dei riscontri metrici, solo entrambi i tubi del piezometro Pc2 e un solo tubo dei piezometri Pa2, Pb2 sembrerebbero attestarsi nei terreni di fondazione della diga.

Nel corso delle misure non è mai stata rilevata la presenza di falda, pertanto i valori riportati in tabella sono indicativi solo del tratto di tubazione che il freatimetro riesce a percorrere prima di bloccarsi.

In definitiva, per il ripristino di tale strumentazione occorrerebbe prevedere una radicale e non semplice operazione di spurgo dei tubi dei piezometri, che potrebbe, comunque, non garantire un

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 28 di 87</b>

sicuro recupero degli strumenti. Si fa infatti notare che in alcuni casi (v. piezometri Pa2, Pa4, Pc1, Pc3) le tubazioni (una o entrambe) risultano interrotte già a pochi metri di distanza dal boccaforo.

Pertanto, la presenza di questi piezometri si ritiene trascurabile nel contesto del progetto di ripristino della strumentazione.

Nel progetto esecutivo si è prevista la sostituzione di alcuni dei piezometri ubicati lungo la sezione 6, con nuovi strumenti a lettura in automatico, in quanto si ritiene utile il monitoraggio di tale porzione del corpo diga. Sui rimanenti strumenti si prevede di intervenire per un possibile ripristino.

§3.2, punto C4) È opportuno che le scelte progettuali operate, relative all'installazione di nuova strumentazione, siano riviste alla luce degli esiti delle operazioni di recupero della strumentazione esistente, al fine di evitare casi di ridondanza strumentale.

Si ribadisce quanto indicato nelle considerazioni relative al punto C2.

Nel corso di un sopralluogo sono stati verificati otto degli undici piezometri indicati nelle sezioni allegate al FCEM. Dei rimanenti, un piezometro non è risultato accessibile, altri due non sono stati rinvenuti.

A seguito della verifica delle condizioni di operatività, si è accertato che le tubazioni degli strumenti sono in parte o quasi del tutto ostruite, alcune già a profondità prossime al boccaforo.

In tali condizioni eventuali operazioni di spurgo potrebbero non essere efficaci ai fini del recupero della funzionalità.

Pertanto, la presenza di questi strumenti si ritiene trascurabile nel contesto del progetto di ripristino della strumentazione del corpo diga.

§3.2, punto C5)

#### ▪ § *Piezometri*

Paramento di valle: argomentare il criterio alla base della differente scelta di tipologia strumentale da collocare nella sezione 14 in destra (NP3 ed NP4, piezometri tipo Casagrande) e nella sezione 10 prossima al centro dello sbarramento (NC10-5 ed NC10-6, celle piezometriche a corda vibrante).

Il tipo di strumentazione che si è previsto di installare nella sezione 10 ripropone quanto indicato nel FCEM riguardo la sezione strumentata A, ovvero celle piezometriche a corda vibrante in corrispondenza del nucleo (NC10-1/2/3/4) e di una verticale in corrispondenza delle berme di valle (NC10-5/6).

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 29 di 87</p>

Le celle a corda vibrante NP3 (ora NP1) e NP4 (ora NP2) saranno installate nei terreni di fondazione del fianco di valle della sezione 14 (al momento priva di monitoraggio), per tenere sotto osservazione l'andamento della piezometrica, in considerazione del fatto che tale zona della diga è limitrofa ad un'area morfologicamente accidentata, che viene controllata con i piezometri della serie Pd disposti lungo il versante adiacente alla diga.

Motivare la scelta di non collocare strumenti nella porzione sinistra del paramento.

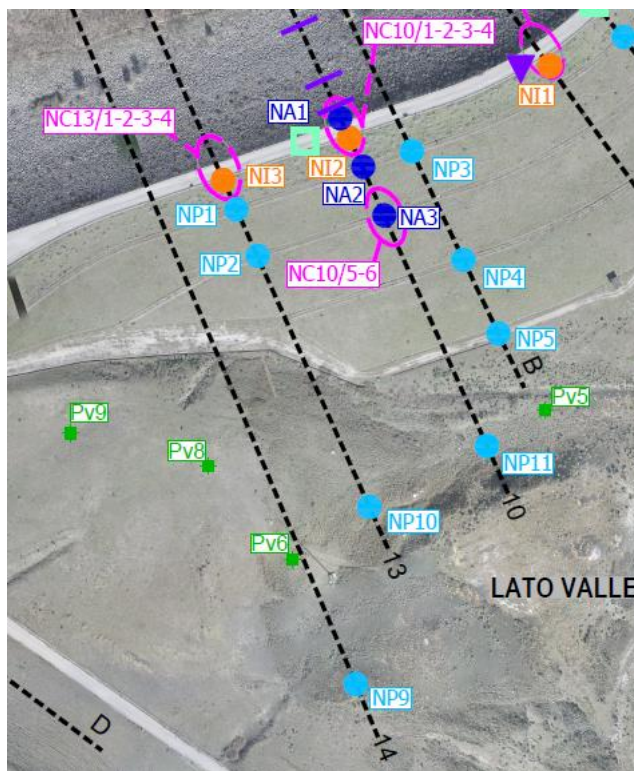
Nella porzione sinistra del paramento è stata prevista l'installazione di un piezometro Casagrande (NPZ2) in prossimità del piezometro Ps1 fuori servizio da tempo. Nei pressi, poco a monte, sono già presenti i piezometri Ps2 e Ps3.



Colmata di valle: motivare l'opportunità di installare i piezometri NP1, NP2 ed NP5 nella colmata a valle dello sbarramento, atteso che attualmente il livello di falda nell'area è controllato tramite 8 piezometri a tubo aperto funzionanti.

- 1) NP1 (ora NP11) e NP2 (ora NP10) avranno innanzitutto lo scopo di completare verso valle gli allineamenti dei monitoraggi lungo le sezioni 10 e 13 dove è stata prevista la installazione delle nuove celle piezometriche in sostituzione di quelle non più funzionanti posizionate nelle sezioni B e 14. Inoltre, l'area tra le sezioni B e 14 non è coperta da piezometri della serie Pv.

Gli stessi strumenti serviranno al monitoraggio della piezometrica nella fascia più bassa di pendio subito a valle della sponda destra.





 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 30 di 87</b>

2) Il piezometro NP5 (ora NP9) è stato posizionato lungo la sezione 14, in una zona dove la morfologia del pendio in destra è piuttosto “mossa”. Si ritiene necessario il monitoraggio dell’area, anche per la vicinanza di un’incisione poco a monte che scarica nella sottostante colmata al piede della diga.

§3.2, punto C5)

▪ **§ Assestimetri**

Occorre argomentare la necessità d’installare nuovi assestimetri. Considerato il lungo lasso di tempo trascorso dall’ultimazione dei lavori di costruzione, la fase di assestamento del rilevato può sostanzialmente ritenersi conclusa, né peraltro la relazione progettuale esaminata riporta un’analisi dei dati di monitoraggio plano-altimetrico che indichi singolari fenomeni deformativi dello sbarramento.

Come segnalato in diversi verbali di visita ispettiva di questo Ufficio, le stesse misure di collimazione e livellazione eseguite dal gestore richiedono un’attenta verifica per dubbi sulla stabilità dei caposaldi.

Si ricorda che l’attuale strumentazione assestimettrica risulta non funzionante per indisponibilità della sonda di rilevazione. Non è chiaro se i tentativi falliti, non meglio precisati in relazione, di riparare l’originaria centralina di misura da anni fuori produzione, siano attribuibili a pregressi tentativi del gestore o recenti test eseguiti dagli estensori del progetto. Si ritiene opportuno che i progettisti valutino l’effettiva possibilità di ripristino delle misurazioni nelle 9 colonne assestimettriche originarie, anche richiedendo un intervento tecnico in sito da parte della ditta produttrice delle stesse.

Nel corso degli studi sviluppati dallo scrivente RTI è stata eseguita l’elaborazione di sintesi delle misure di livellazione effettuate in diga a pilastri posti lungo il coronamento (P1-P6, P13-P16) e lungo la prima berma (P7-P9) e la seconda berma (P10-P12) di valle. Procedendo dalla sponda destra, gli elementi sono posizionati lungo le sezioni C (P1, P2, P19), B (P3, P4, P8, P11), A P5, P6, P9, P12), 4 (P13, P14), 2 (P15, P16). Sono anche disponibili le misure delle quote delle teste di nove assestimetri (A1-A3, B1-B3, C1-C3) installati nelle medesime zone del corpo del rilevato.

I dati presi in esame si riferiscono al periodo compreso tra luglio 2010 e gennaio 2021 e sono stati forniti in parte su supporto elettronico, in parte in formato cartaceo. Gli elaborati riportano, per ciascun pilastro e per ogni serie di misure, la quota rilevata e il valore del cedimento rispetto al valore di zero. Le misure sono state eseguite con cadenza di 2-3 mesi. Non sono note né la data, né la quota di installazione dei pilastri e, di conseguenza, il riferimento iniziale delle misure.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 31 di 87</b></p>

Nella figura che segue si riporta l'andamento dei cedimenti  $\Delta z$  dei pilastri installati sul coronamento e del livello dell'invaso in funzione del tempo. Il livello dell'invaso è diagrammato a partire da luglio 2015.

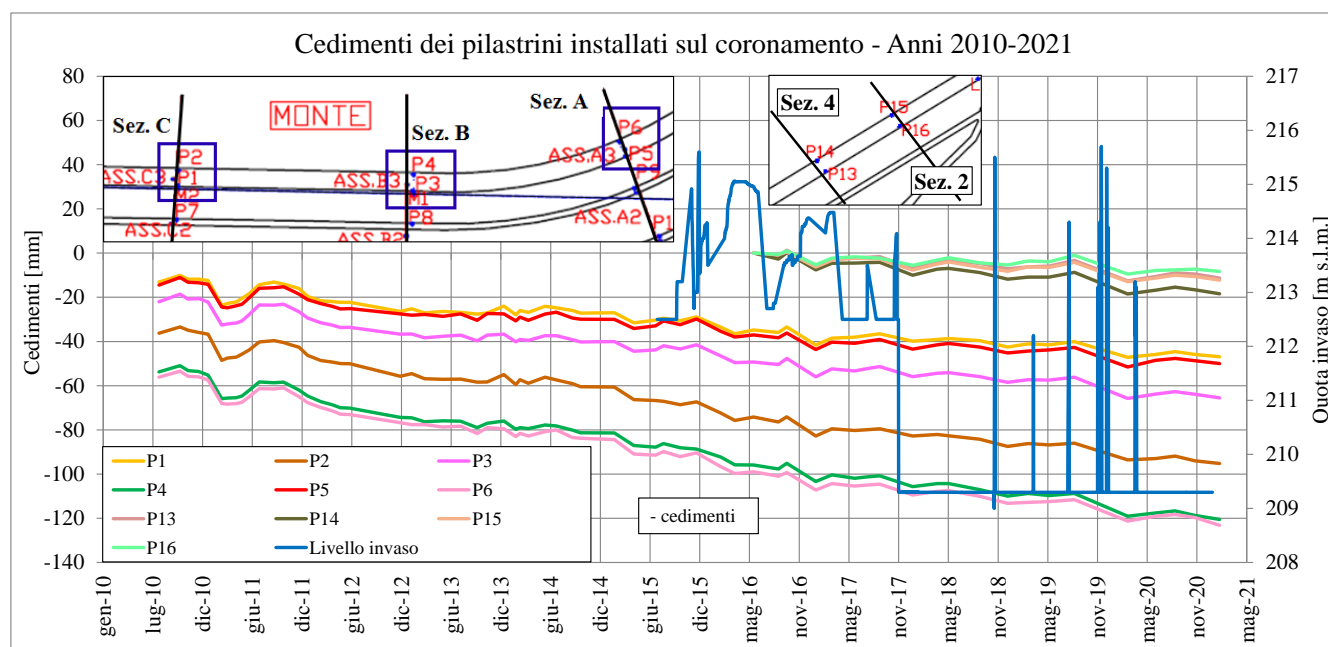


Figura 4-4: Andamento dei cedimenti dei pilastri installati sul coronamento – Anni 2010-2020

Si osserva che i cedimenti dei pilastri posti sul coronamento sono progressivamente crescenti nel tempo e si incrementano in valore assoluto spostandosi dalle sezioni laterali (sezioni 2 e 4 in sinistra, sezione C in destra) verso le sezioni A e B dove il rilevato è di maggiore altezza.

Tra luglio 2010 e gennaio 2021 si sono misurati cedimenti complessivi compresi tra 34 cm e 67 cm. I valori più elevati sono sempre stati misurati in corrispondenza dei pilastri di monte di ciascuna sezione di misura.

La forma delle curve cedimenti/tempo è una spezzata, con oscillazioni che appaiono legate alle variazioni del livello dell'invaso. Nel lungo periodo la pendenza si mantiene all'incirca costante.

E' stato preso in esame l'ultimo periodo di misure, tra il 19 agosto 2019 e il 26 gennaio 2021.

In questo arco di tempo, in particolare tra novembre e dicembre 2019, sono avvenuti cinque eventi di piena nel corso dei quali l'invaso si è innalzato rapidamente (24-48 ore) fino ad un massimo di 215,70 m s.l.m. registrato il 25 novembre 2019 con una escursione del livello idrico di 6,4 m al di sopra di

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 32 di 87</b>

quota 209,3 m s.l.m., livello di invaso registrato mediamente a partire dal novembre 2017. Dai dati in possesso risulta un immediato ritorno a quota 209,30 m s.l.m., in occasione di ogni piena, entro i successivi 1-2 giorni dall'evento.

Per i pilastri installati nelle sezioni A, B e C si riportano, nella tabella che segue, la posizione rispetto all'asse del coronamento (M = monte; V = valle) ed i valori dei cedimenti al 19 agosto 2019 ( $\Delta z_2$ ), al 28 febbraio 2020 ( $\Delta z_3$  – prima misura dopo gli eventi di piena) e al 26 gennaio 2021 ( $\Delta z_4$ ).

Nella stessa tabella sono indicati i valori dei cedimenti avvenuti tra il 19 agosto 2019 e il 28 febbraio 2020 ( $\Delta z_3 - \Delta z_2$ ) e tra il 19 agosto 2019 e 26 gennaio 2021 ( $\Delta z_4 - \Delta z_2$ ). Infine, viene indicata la percentuale di cedimento scontata nel primo intervallo temporale rispetto al totale del periodo in esame.

Per avere un quadro di confronto dell'ordine di grandezza dei cedimenti nel tempo, si riportano anche i valori misurati il 23 luglio 2010 (colonna  $\Delta z_1$ ), data di inizio dei grafici.

Pilastrino	Sezione	M / V	$\Delta z_1$ (mm)	$\Delta z_2$ (mm)	$\Delta z_3$ (mm)	$\Delta z_4$ (mm)	$\Delta z_3 - \Delta z_2$ (mm)	$\Delta z_4 - \Delta z_2$ (mm)	$(\Delta z_3 - \Delta z_2) /$ $(\Delta z_4 - \Delta z_2)$
P1	C	V	13,1	40,0	47,2	46,9	7,2	6,9	104%
P2	C	M	36,2	86,0	93,6	95,2	7,6	9,2	83%
P3	B	V	22,0	56,2	65,8	65,5	9,6	9,3	103%
P4	B	M	53,8	108,8	119,1	120,5	10,3	11,7	88%
P5	A	V	14,5	42,7	51,5	50,0	8,8	7,3	120%
P6	A	M	56,2	111,6	121,3	123,2	9,7	11,6	87%

Tra agosto 2019 e gennaio 2021 si sono registrati cedimenti compresi tra 7 cm e 12 cm circa (colonna  $\Delta z_4 - \Delta z_2$ ). I valori più elevati si osservano nei pilastri a monte delle sezioni A e B e si sono manifestati per la quasi totalità (83-88%) tra agosto 2019 e febbraio 2020, ovvero durante gli eventi di piena, come si può osservare esaminando i dati riportati nell'ultima colonna della tabella. Nel periodo successivo si è misurato un leggero sollevamento degli elementi, che da agosto 2020 hanno ripreso a cedere.

Per quanto riguarda i pilastri a valle, i cedimenti tra agosto 2019 e gennaio 2021 sono più bassi di 2-4 cm. Si osserva tuttavia che tra agosto 2019 e febbraio 2020 si sono misurati valori addirittura maggiori rispetto a quelli del periodo complessivo di riferimento. Da febbraio 2020 si è registrato un leggero sollevamento anche di questi elementi, da agosto una nuova fase di cedimenti.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 33 di 87</b></p>

Un comportamento analogo si osserva analizzando l'andamento dei cedimenti delle teste degli assestimetri A3, B3, C3 installati sul coronamento, riportato nella figura che segue.

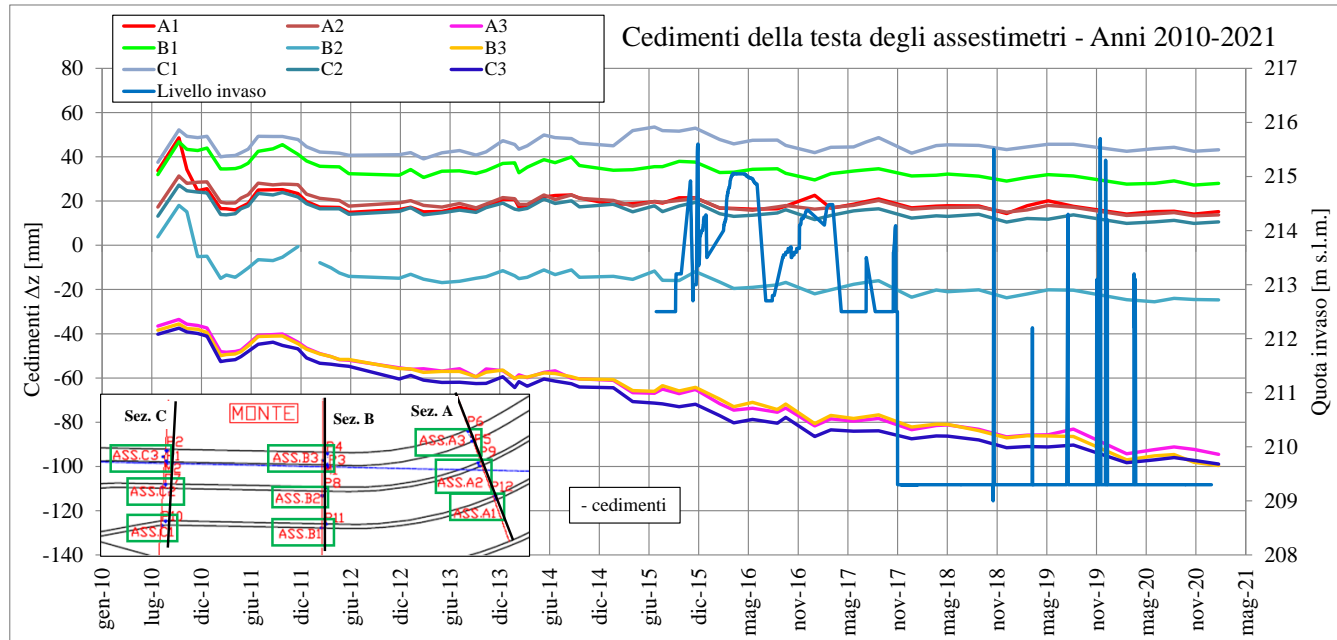


Figura 4-5: Andamento dei cedimenti delle teste degli assestimetri installati sul coronamento - Anni 2010-2020

I cedimenti dei punti installati sulla prima berma di valle mostrano il medesimo andamento crescente nel tempo (v. grafico sotto), tuttavia i valori misurati risultano più bassi rispetto a quanto rilevato per i pilastri sul coronamento e le curve cedimenti/tempo presentano pendenza minore. Anche in questo caso si osserva una correlazione tra l'andamento delle curve e gli eventi di piena.

I cedimenti dei pilastri posti sulla seconda berma di valle sembrano in via di esaurimento (v. figura successiva). Si nota una debole correlazione con gli eventi di piena.

In definitiva, i risultati del monitoraggio topografico mostrano che ad oltre 30 anni dall'ultimazione dei lavori i cedimenti dei punti di controllo posti sul coronamento, pur se di entità contenuta, proseguono con andamento mediamente costante e non sembrano prossimi ad esaurirsi. Si nota, inoltre, che l'andamento dei cedimenti è sensibile alle variazioni del livello di invasivo: infatti, in occasione delle piene (che ultimamente si sono manifestate in un lasso di tempo di 24-48 ore, con innalzamenti del livello dell'invaso anche maggiori di 6 m) si sono osservate sensibili variazioni di

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 34 di 87</b></p>

pendenza delle curve, come mostrato con le elaborazioni di dettaglio sopra riportate, riferite agli eventi del periodo novembre-dicembre 2019.

Il monitoraggio topografico dei pilastri posti sulla prima berma di valle evidenzia un andamento dei cedimenti simile a quello dei punti sul coronamento; tuttavia i valori misurati sono più bassi e le curve cedimenti / tempo hanno minore pendenza. Anche per i punti sulla prima berma l'andamento delle curve dei cedimenti è correlato agli eventi di piena.

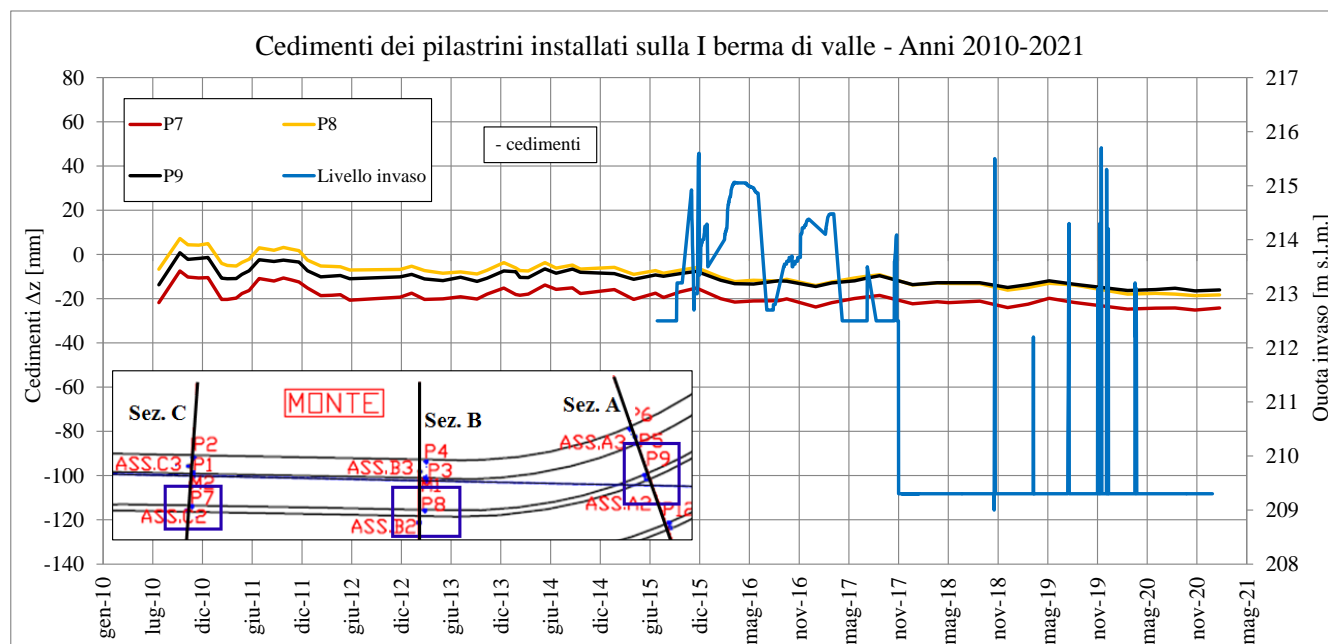


Figura 4-6: Andamento dei cedimenti dei pilastri installati sulla I berma di valle - Anni 2010-2020



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 35 di 87</b></p>

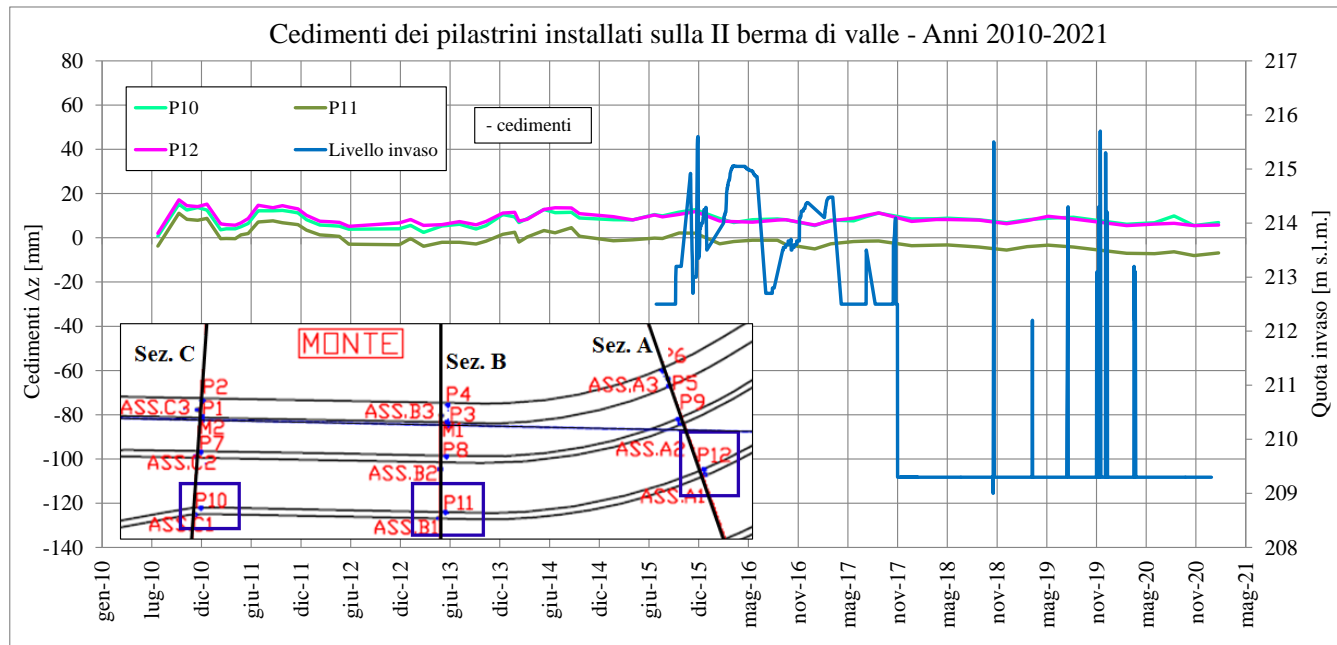


Figura 4-7: Andamento dei cedimenti dei pilastri installati sulla II berma di valle - Anni 2010-2020

I cedimenti dei punti sulla seconda berma sembrano in via di esaurimento.

Sulla base di quanto esposto, il comportamento della diga merita una particolare attenzione soprattutto nei riguardi dei cedimenti del corpo del rilevato in occasione di eventi di pioggia eccezionali, che spesso portano al manifestarsi di piene nel giro di poche ore.

Pertanto si reputa necessaria l'installazione delle colonne assestometriche previste nel progetto della strumentazione anche in previsione dei futuri invasi sperimentali.

In merito alla possibilità di utilizzo delle colonne assestometriche presenti nel corpo diga, si è a conoscenza di ripetuti interventi di manutenzione sulla centralina di misura presso la sede del costruttore con esito negativo. Si è anche appreso che la strumentazione non è più in commercio da anni. Ripetute ricerche di documentazione comprovante quanto sopra detto presso gli uffici del Gestore hanno avuto esito negativo.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 36 di 87</b>

Osservazione C5)

### § *Inclinometri*

Corpo diga: l'installazione di 4 nuovi inclinometri lungo il coronamento deve essere supportata da valutazioni tecniche dei dati di monitoraggio o evidenze che ne richiedano l'impiego.

Nella Relazione tecnico-illustrativa relativa a “*Efficientamento strumentazione di monitoraggio e controllo in corpo diga*”, allegata ai documenti di gara, viene indicato il ripristino di tre sezioni di misura inclinometriche nel corpo diga mediante la realizzazione di fori di misura ex novo ...

In questa fase progettuale è stata pertanto prevista l'installazione di tre inclinometro sul coronamento, uno in corrispondenza di ciascuna delle sezioni di misura 7, 10 e 13.

Tale scelta è stata anche supportata dall'esame dei risultati dei controlli topografici degli spostamenti orizzontali dei pilastri installati lungo il coronamento e il paramento di valle del corpo diga e per i quali sono disponibili le misure relative al periodo compreso tra il 24 febbraio 2010 e il 10 luglio 2019. I dati, forniti dal gestore su foglio elettronico, comprendono i valori degli spostamenti dei pilastri. Le misure hanno cadenza variabile da un mese a sei mesi e riguardano i seguenti punti di rilievo:

- da P1 a P6 e da P13 a P16 posizionati sul coronamento;
- P7 e P9 posizionati sulla prima berma di valle;
- da P10 a P12 posizionati sulla seconda berma di valle;
- P13 e P14 posizionati sul coronamento.

I pilastri sono disposti lungo le sezioni A, B, C e 14,

Non sono note né la data, né la quota di installazione e, di conseguenza, il riferimento iniziale delle misure.

Nella figura che segue si riporta l'elaborazione di sintesi dei dati di spostamento in funzione del tempo effettuata dallo scrivente RTI.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 37 di 87</b></p>

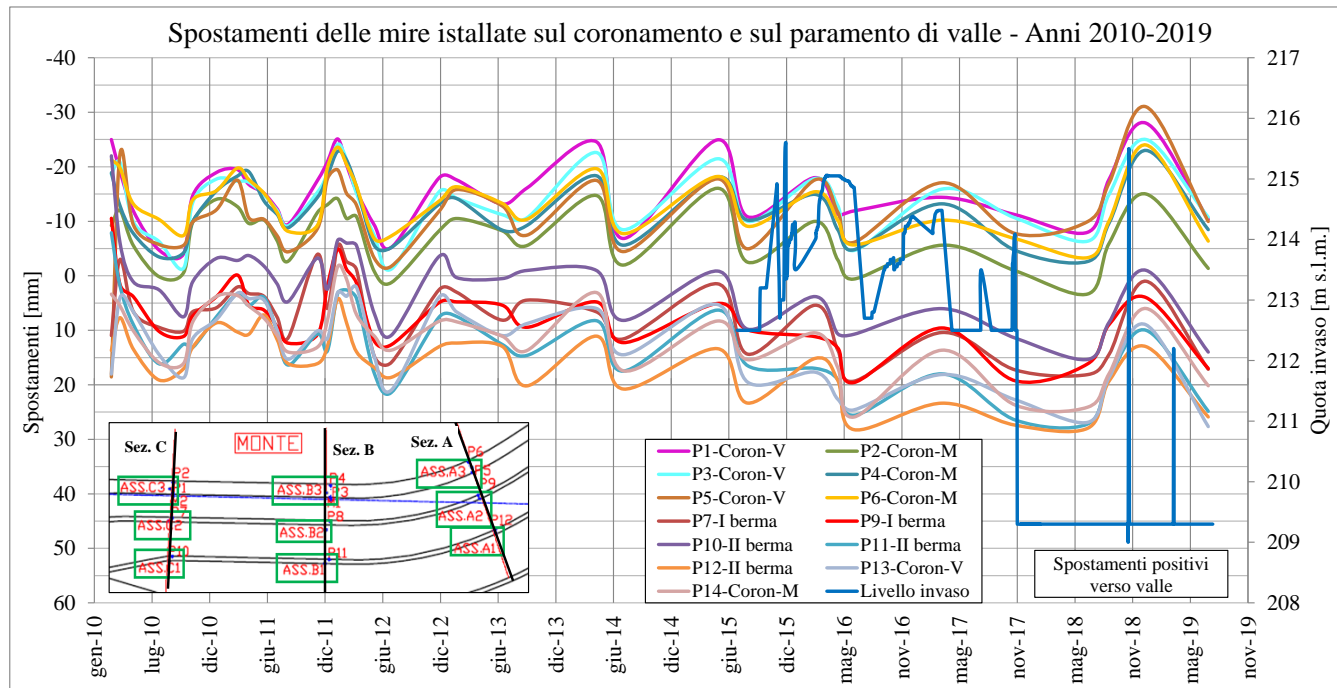


Figura 4-8: Andamento dello spostamento delle mire installate sul coronamento e sul paramento di valle nel periodo 2010-2019

Nella diagrammazione degli spostamenti si è rispettata la convenzione indicata nei dati forniti dal gestore, ovvero i valori positivi indicano spostamenti verso valle.

Il livello dell'invaso è diagrammato a partire da luglio 2015.

Si osserva, innanzitutto, che le curve degli spostamenti hanno andamento sinusoidale; con oscillazioni che in alcuni casi sono anche maggiori di  $\pm 20$  mm nell'arco di sei mesi per quasi tutti i pilastri.

Nel primo periodo (febbraio-luglio 2010) tutti i pilastri registrano spostamenti verso valle. Successivamente, le curve hanno andamento sinusoidale. Con le ultime misure si osserva nuovamente l'andamento sinusoidale potrebbe essere fortemente influenzato dal ridotto numero di misure disponibili. Un altro fattore condizionante potrebbe essere costituito dalla stabilità dei caposaldi, come anche segnalato nell'Istruttoria.

Potrebbe esserci una correlazione degli spostamenti con le variazioni del livello di invaso, ma anche in questo caso il ridotto numero di misure non permette di esprimersi al momento in tal senso.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 38 di 87</b>

Nell'arco di tempo in cui sono disponibili le misure, gli spostamenti orizzontali degli elementi da P1 a P6 installati sul coronamento lungo le sezioni A, B, C si muovono sempre nel campo dei valori negativi (ovvero verso monte).

I massimi valori negativi si registrano a dicembre 2019 e sono compresi tra (-15) cm (P2) e (-31) cm (P5), rispettivamente a monte lungo la sezione C e a valle lungo la sezione B. Poco prima di rilevare questi valori è avvenuta una piena, in occasione della quale il livello dell'invaso si è innalzato di oltre 6 m nell'arco di 24 ore.

Nel periodo precedente, in tre occasioni (gennaio 2012; aprile 2014 e aprile 2015) si è registrato un massimo negativo di (-25 mm) in corrispondenza del pilastro P1 (sez. C a valle). A dicembre 2019 allo stesso pilastro si è rilevato il valore più elevato in senso assoluto (-28 mm).

Spostamenti prossimi a zero rispetto alla misura iniziale, o di poco superiori, si sono registrati nel pilastro P2 (sez. C, monte) a ottobre 2010, a luglio 2012 e a giugno 2016. In corrispondenza dello stesso pilastro, a giugno 2018 si è registrato il valore più elevato di spostamento, pari a +3 mm, tra quelli presenti sul coronamento lungo le sezioni A, B, C.

Si osserva, più in generale, che gli spostamenti dei pilastri installati sul coronamento a valle sono sempre più elevati in valore assoluto rispetto a quelli dei pilastri ubicati a monte.

Per i rimanenti pilastri P13 e P14 installati sul coronamento in corrispondenza della sezione 4 prossima alla sponda sinistra e per quelli posti sulle berme di valle, il campo di variazione degli spostamenti è compreso tra (-4 mm) e 28 mm. le curve si mantengono quasi sempre all'interno della fascia di valori positivi.

I valori più elevati di spostamento, positivi / negativi, si registrano in concomitanza con i picchi evidenziati per i pilastri del coronamento lungo le sezioni A, B, C.

Si segnalano il valore di spostamento più basso (-6 mm) registrato a gennaio 2012 nel pilastro P10 posto sulla seconda berna lungo la sezione C e il valore più elevato, pari a 28 mm misurato a giugno 2016 e a giugno 2018 in corrispondenza del pilastro P12, lungo la sezione A sempre sulla seconda berna.

In sintesi, dall'elaborazione delle misure degli spostamenti orizzontali si deduce che i punti della diga soggetti al monitoraggio degli spostamenti orizzontali sembrerebbero muoversi ciclicamente verso monte e verso valle con periodi di un anno circa, e in modo piuttosto uniforme. La ciclicità potrebbe essere legata a fattori stagionali.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 39 di 87</b></p>

Il ridotto numero di misure disponibili non consente di potere fare precise correlazioni degli spostamenti con le variazioni del livello dell'invaso.

Alla luce di quanto sopra detto, gli inclinometri che si prevede di installare potranno permettere un accurato e valido controllo delle deformazioni dei punti interni del corpo del rilevato, anche in previsioni delle azioni alle quali sarà sottoposta la diga nel corso del programma degli invasi sperimentali e delle conseguenti variazioni del livello di invasio, permettendo così di valutare il comportamento del corpo diga al variare del carico idraulico.

In previsione della redazione del progetto esecutivo della strumentazione, si sta valutando l'opportunità di posizionare i tre inclinometri lungo un allineamento monte-valle lungo la sezione B di massima altezza, disponendo la strumentazione sul coronamento, sulla prima berma e sulla seconda berma di valle.

Con riferimento all'inclinometro di coronamento NI4, da posizionare in prossimità della sponda sinistra, si riferisce genericamente di lesioni osservate “*che potrebbero essere collegate alle deformazioni del corpo diga*”, non fornendo maggiori dettagli in merito a caratteristiche dimensionali delle stesse e misurazioni eseguite che giustificano l'installazione del tubo inclinometrico.

Si descrivono di seguito i principali caratteri delle deformazioni osservate nella zona in oggetto, che hanno condotto alla determinazione di installare l'inclinometro NI4.

Fin dal primo sopralluogo in diga (marzo 2019) si è notato in sponda destra un quadro fessurativo che interessa il coronamento nel tratto di sponda naturale, poco oltre l'inizio della viabilità che conduce alla casa di guardia. Nel corso di un sopralluogo nel gennaio 2022 si sono ulteriormente approfonditi alcuni aspetti del fenomeno, misurando nuovamente l'apertura e la profondità delle lesioni nelle zone dove il quadro fessurativo appare più marcato, per un confronto con dati acquisiti in precedenza.

Lungo la parte centrale della striscia di asfalto, posta in opera nel 2015 per suturare fessurazioni presenti all'epoca, si osserva una prima lesione lunga circa 4 m, con andamento all'incirca rettilineo e parallelo alla sponda (v. foto F1, F2). L'apertura è da millimetrica a centimetrica.

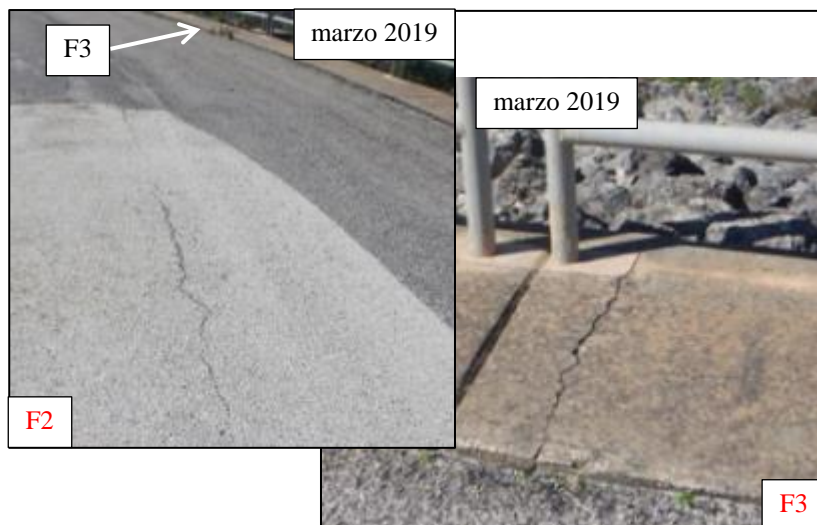




REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 40 di 87</b>

Un giunto del cordolo che delimita la viabilità dal lato dell'invaso, poco prima dell'inizio del tratto riasfaltato, è aperto alcuni cm (v. F3). Poco oltre una lesione con andamento irregolare e apertura di alcuni mm taglia trasversalmente il cordolo.

Non sembra che ci siano state apprezzabili variazioni di apertura e persistenza di tale quadro fessurativo negli ultimi tre anni.



Una seconda lesione, più importante, si sviluppa alcuni metri più avanti (v. foto F4, F5). In un primo tratto, per un paio di metri, la fessurazione corre al contatto tra il cordolo lato invasore e il nastro di asfalto; quindi, cambia direzione in corrispondenza di un'altra fessura, che partendo dal cordolo taglia trasversalmente il coronamento per una lunghezza di circa 50 cm.



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 41 di 87</b>

Poco prima della lesione trasversale, un giunto del cordolo è aperto circa 5 cm e dislocato (v. F6).

Superata la metà della carreggiata la lesione si biforca (v. foto F7, F8). Un primo ramo prosegue in direzione parallela alla sponda per circa 1 m e ad una distanza di circa 50 cm verso monte si osserva un'altra lesione appena accennata, con il medesimo andamento. Un secondo ramo si sviluppa fin quasi al lato opposto della strada sempre con andamento molto irregolare.



Come già detto, nel gennaio 2022 sono stati effettuati nuovi rilievi per confermare la geometria e verificare l'evoluzione del quadro fessurativo.

Il primo rilievo è stato eseguito laddove la lesione corre parallela alla sponda subito dopo essersi biforcata (foto F9-F11). Sono state misurate una profondità della fessura di circa 40 cm e un'apertura massima di circa 6 cm. I lembi sono dislocati di circa 1 cm, con il sollevamento della parte lato monte.



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 42 di 87



Nel secondo punto di rilievo, a circa metà della lesione trasversale, si sono misurate una profondità della fessura di 40 cm circa e un'apertura di circa 5 cm (foto F12, F13).  
 I lembi sono dislocati con il sollevamento della parte lato invaso.

In corrispondenza del terzo punto di rilievo, ubicato lungo la lesione trasversale 1 m dopo il precedente, la lesione si sdoppia per un tratto di 30-40 cm isolando una striscia di asfalto di alcuni cm (foto F14-F16). In tale zona si misurano una profondità della fessura di poco inferiore a 40 cm e un'apertura complessiva di oltre 15 cm (v. F15, F16). Come nel primo caso, i lembi sono dislocati di circa 1 cm, con il sollevamento della parte lato monte.



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 43 di 87</b></p>

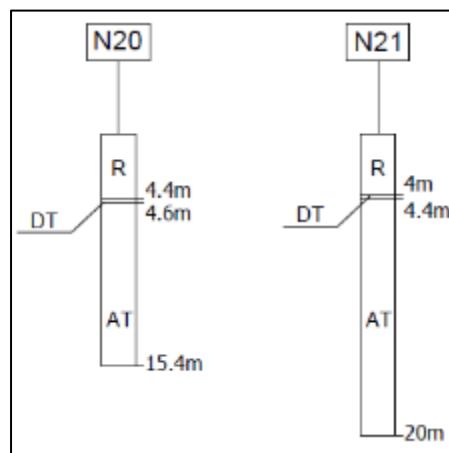
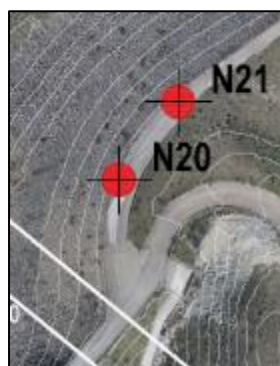
In generale, i bordi appaiono di “antica” formazione lungo l’intero sviluppo delle fessure.

Il quadro fessurativo di questa zona del coronamento appare in evoluzione come dimostra il rifacimento di una porzione di asfalto nel 2015 per suturare lesioni già presenti e come può constatarsi dal confronto della documentazione fotografica dell’area riferita al marzo 2019 e al gennaio 2022 (foto F7, F8), dove sono evidenziati con frecce di diverso colore alcuni tratti dove le differenze sono più marcate. L’apertura delle lesioni, che nel 2019, durante la prima ricognizione sui luoghi, era dell’ordine di alcuni mm e solo in rari casi superava 2-3 cm, oggi è decisamente maggiore fino al oltre 5 cm, come accertato con i rilievi recenti. Si nota, infine, che la strada di coronamento mostra un abbassamento della porzione a valle delle fessure, anche se poco apprezzabile visivamente.

Per completare il quadro delle conoscenze sulle deformazioni presenti nell’area, si segnala la presenza, a una distanza di ventina di metri dalle fessure innanzi descritte, di una terza serie di lesioni con andamento molto irregolare, che taglia trasversalmente il nastro d’asfalto (v. foto a fianco). Anche in questo caso l’apertura è da millimetrica a centimetrica. Già nel 2019 le fessure apparivano “antiche”; negli ultimi due anni non si è notata una evoluzione del fenomeno.



Per verificare la natura dei terreni di fondazione e dei materiali da costruzione del tratto in esame, nel corso delle indagini del 2021 sono stati eseguiti due sondaggi: il foro N20 nella zona delle prime due serie di lesioni; il foro N21 in corrispondenza della terza serie. Di fianco si riportano la posizione dei sondaggi e le colonne stratigrafiche di sintesi.



Entrambe le perforazioni hanno evidenziato, al di sotto del pacchetto stradale, 4 m circa di materiale a grana grossa di natura prevalentemente calcarea (R),

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 44 di 87</b>

presumibilmente il medesimo materiale dei contronuclei. Segue un livello di terreni detritici DT (limo sabbioso, a tratti sabbia limosa, di color giallastro marrone) di spessore esiguo (meno di 50 cm), che ricopre le argille marnose di base AT del Tortoniano. Non è segnalata presenza di falda.

I risultati degli studi evidenziano un movimento “lento”, presumibilmente superficiale, che dovrebbe interessare il pacchetto di materiali a grana grossa del coronamento individuato con i sondaggi. La presenza della scogliera lungo il paramento di monte non permette l’osservazione diretta di eventuali deformazioni del corpo diga che possano derivare dal movimento in atto. I riscontri geometrici effettuati nel corso degli ultimi tre anni mostrano un incremento nella distribuzione e nell’apertura delle lesioni.

Il fenomeno deformativo, nonostante progredisca lentamente nel tempo, merita attenzione, in quanto coinvolge il tratto terminale del coronamento in sponda sinistra e la base del pendio sul quale sorge la casa di guardia.

L’impiego dell’inclinometro, in parallelo ai controlli topografici di punti distribuiti nell’area, la cui posizione sarà indicata nel corso della progettazione esecutiva del sistema di monitoraggio, servirà da supporto per evidenziare l’effettiva geometria del movimento in termini di superficie interessata e profondità e un eventuale collegamento dei movimenti alle variazioni del livello dell’invaso. Le soglie di attenzione e di allarme che saranno fissate potranno servire da base per eventuali provvedimenti di consolidamento.

Pendio in sponda sinistra: i progettisti dispongono di misure su 5 dei 9 inclinometri installati, per un arco temporale di 8 anni (2010-2017), non avendo reperito documentazione riguardante i rimanenti inclinometri. È necessario specificare le valutazioni tecniche alla base della scelta progettuale di installare un nuovo inclinometro (NI5) nel pendio a monte del pozzo paratoie, anche alla luce di elaborazioni dei dati di monitoraggio inclinometrico disponibili che nella relazione esaminata non sono stati prodotti.

Nel corso degli studi è stato fornito dal Gestore il documento “*Diga Gibbesi. Rilievi inclinometrici. Campagna al tempo 12 del 15-05-2017*”, che raccoglie le elaborazioni delle misure inclinometriche eseguite tra marzo 2010 e aprile 2017 lungo il pendio in sponda sinistra a monte del Pozzo paratoie.



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 45 di 87

Nell'elaborato è anche presente la planimetria con la posizione dei tubi inclinometrici, che si riporta di seguito.

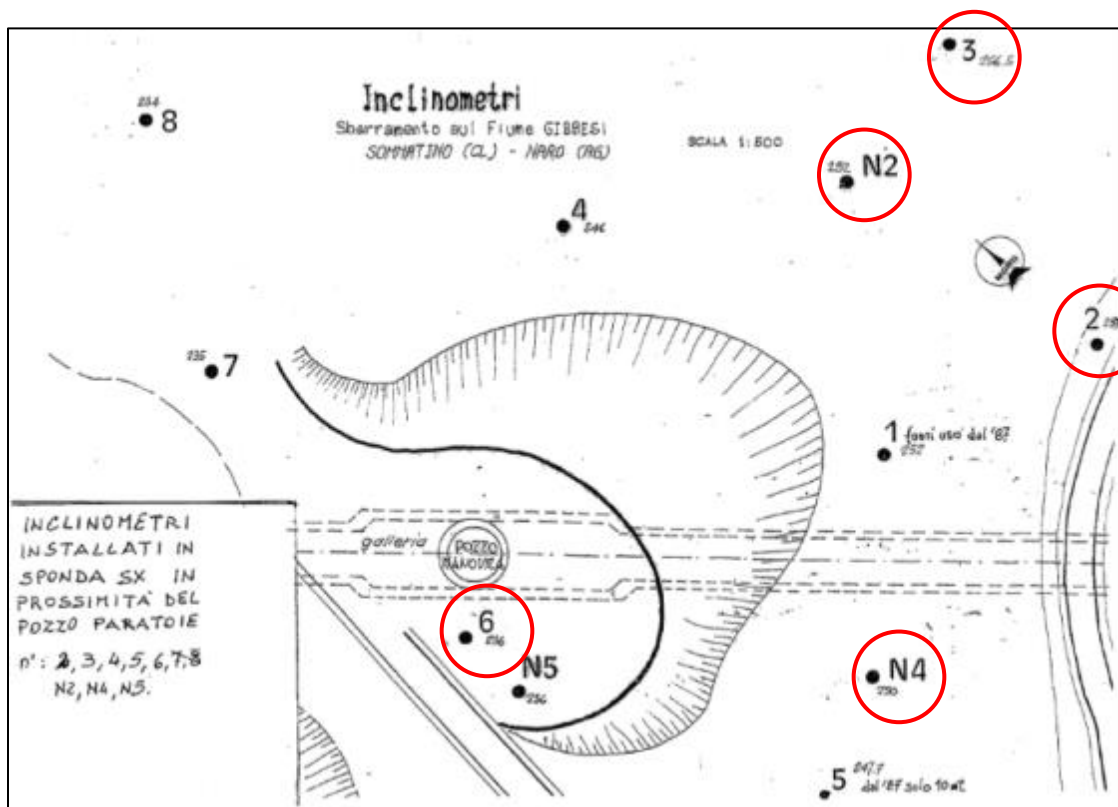


Figura 4-9: Ubicazione degli inclinometri lungo il pendio in sponda sinistra a monte del Pozzo paratoie

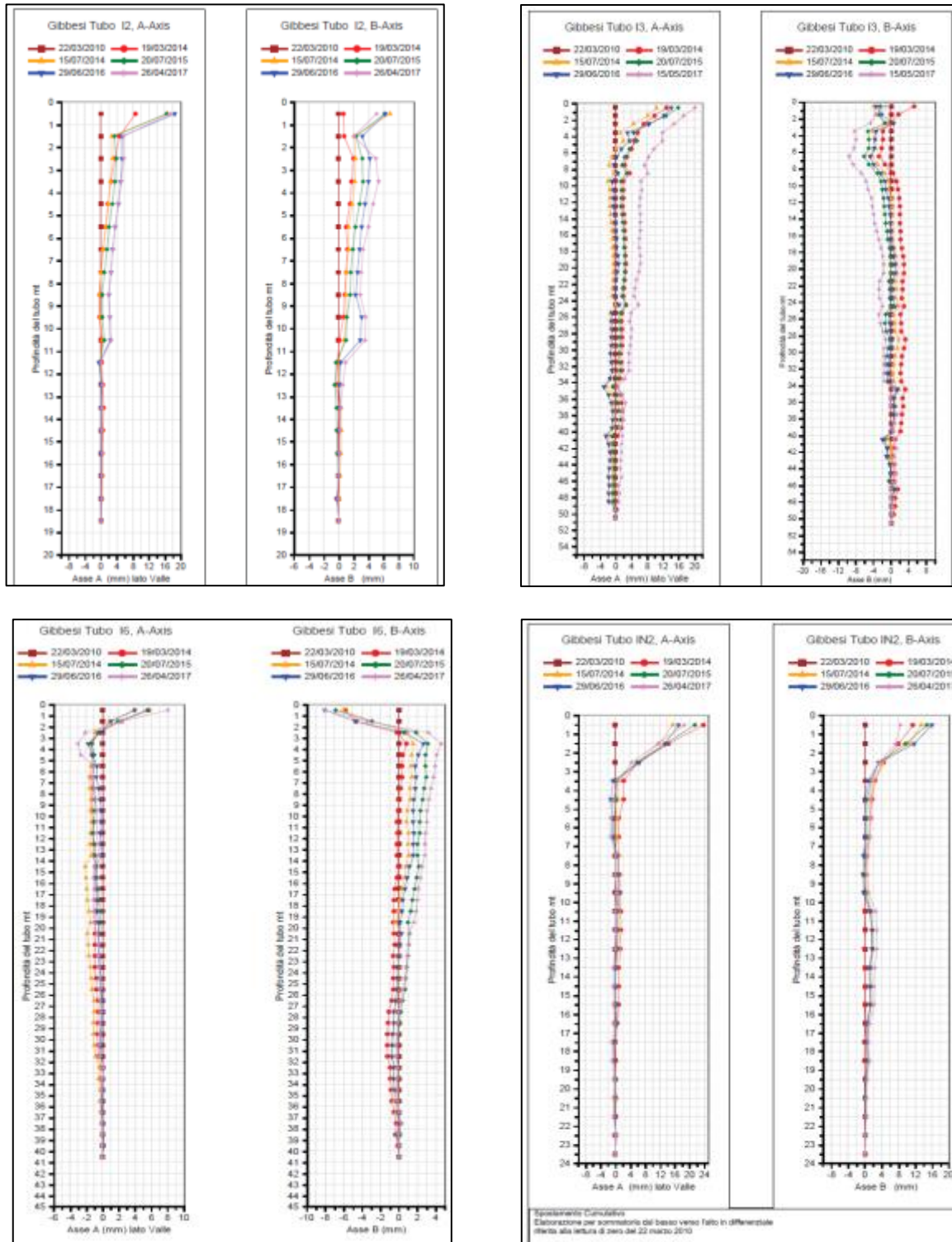
Alla data dell'ultima campagna di misure risultavano rilevabili i seguenti inclinometri, la cui posizione è cerchiata in rosso nella planimetria:

I2 (2); I3 (3); I6 (6); IN2 (N2); IN4 (N4).

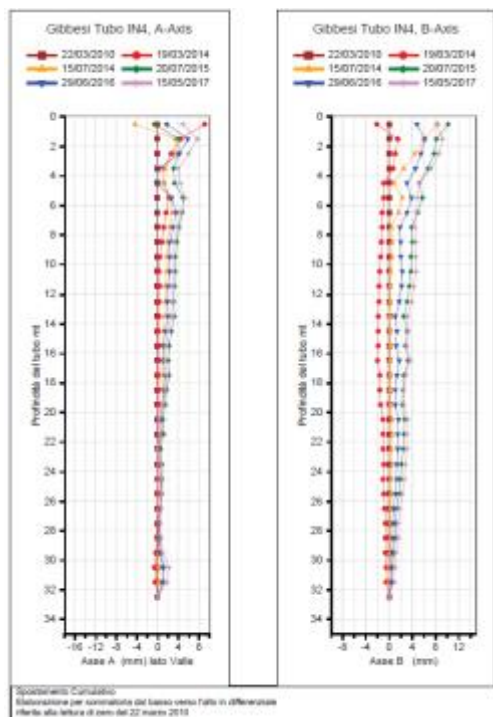
Tra parentesi è riportata la nomenclatura indicata nella planimetria.

Nei grafici che seguono si riportano, per completezza di documentazione, i grafici degli spostamenti cumulati tratti dal medesimo documento.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 46 di 87</p>



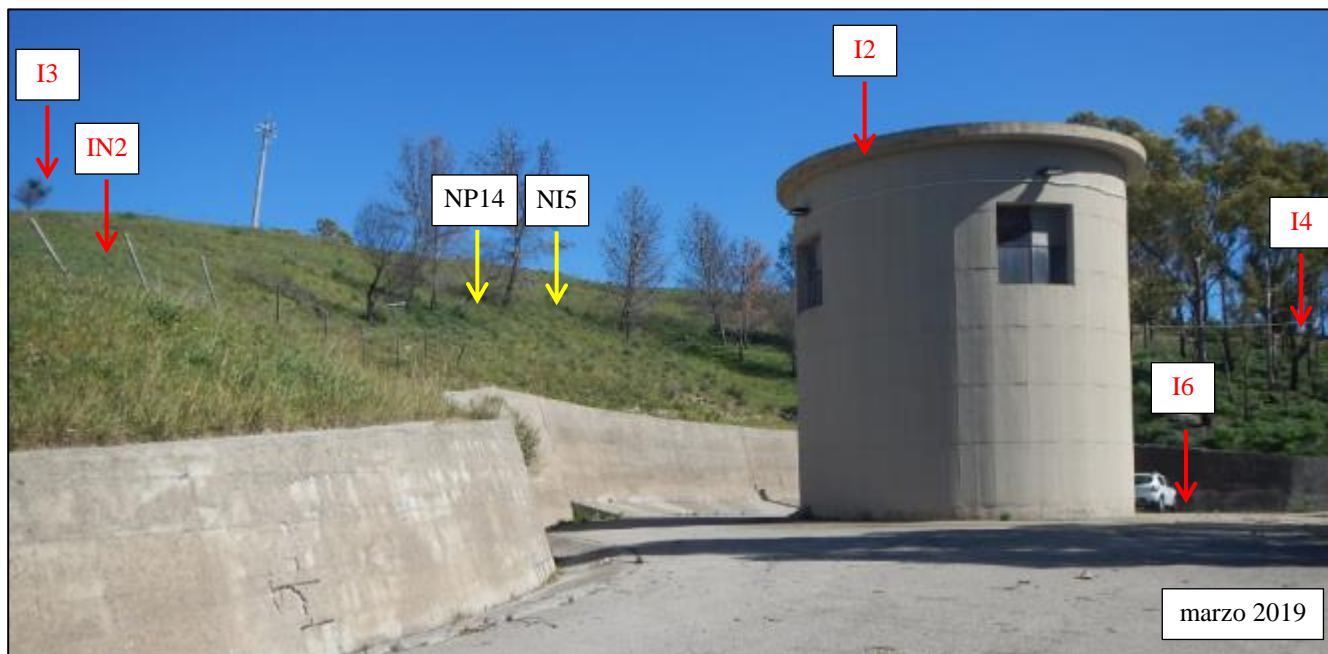
<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 47 di 87</b></p>



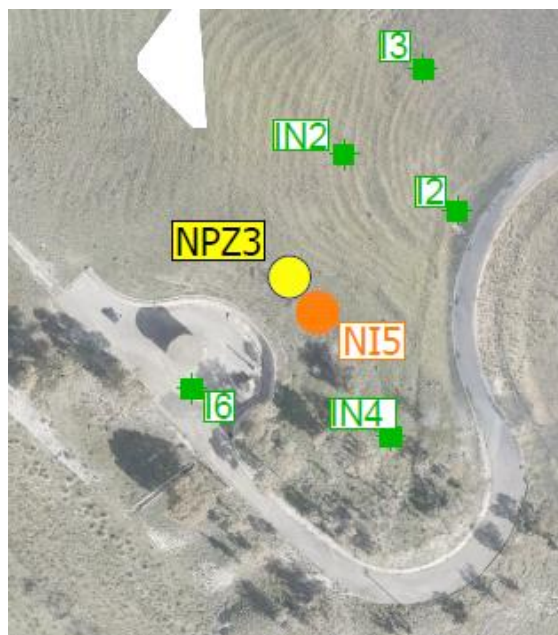
Nella foto che segue del marzo 2019, che mostra il piazzale del pozzo paratoie, la struttura di controllo e accesso alle paratoie dello scarico di fondo e il pendio a monte del piazzale, è indicata in modo schematico la posizione degli inclinometri lungo i quali sono state eseguite nel 2017 le misure alle quali si è fatto prima riferimento. Nella stessa foto è indicate l'ubicazione dell'inclinometro NI5 e del piezometro NP14 previsti in progetto ad integrazione del monitoraggio del versante a monte del piazzale.

La planimetria successiva mostra la posizione dei vecchi e dei nuovi strumenti.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 48 di 87



Il nuovo inclinometro NI5 è posizionato al centro del pendio a monte del muro che delimita il piazzale, lungo la retta di massima pendenza.



A fianco si installerà il piezometro NPZ3 con cella tipo Casagrande per il monitoraggio della falda.

Con i nuovi strumenti si avrà la possibilità di monitorare in modo più efficace gli spostamenti e l'andamento delle pressioni interstiziali lungo la porzione di pendio che grava più direttamente sulle sottostanti opere, dal momento che gli inclinometri funzionanti all'epoca dell'ultima misura sono in posizione decentrata.



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 49 di 87

## 5. PROGETTO DELLA NUOVA STRUMENTAZIONE

### 5.1. Generalità

Per ottemperare alle indicazioni del F.C.E.M. ed alle richieste del RID – Ufficio Periferico Dighe inerenti l'autorizzazione all'incremento della quota di invaso e in previsione dei futuri invasi sperimentali finalizzati al Collaudo ex Art. 14, il progetto prevede di installare una nuova strumentazione geotecnica nel corpo diga e lungo le sponde limitrofe e di implementare il monitoraggio lungo il versante al di sopra del piazzale del pozzo paratoie.

Nella redazione del progetto si è anche tenuto conto delle osservazioni formulate dall'UTD di Palermo in fase di istruttoria e delle indicazioni fornite dal personale tecnico della diga, nonché dei risultati delle indagini geognostiche e geotecniche e degli studi sulla filtrazione.

Con la nuova strumentazione sono previste misure delle seguenti grandezze:

- ❖ nel corpo del rilevato e nei terreni di fondazione della diga:
  - cedimenti e deformazioni di punti lungo verticali in corrispondenza del nucleo e del fianco di valle;
  - pressioni neutre nel nucleo, nel fianco di valle e nei terreni di fondazione;
- ❖ nei terreni lungo le sponde:
  - deformazioni;
  - pressioni neutre;
- ❖ nei terreni lungo il versante a monte del piazzale del pozzo paratoie:
  - deformazioni;
  - pressioni neutre.

Per raggiungere questi obiettivi si procederà come segue.

- Installazione di celle di pressione neutra a corda vibrante (*serie NC*) e di assestimetri ad anelli magnetici tipo BRS nel corpo diga. La posizione delle nuove celle rispecchia quella attuale, ad eccezione delle celle un tempo collocate lungo la Sez. 6 ed ora poste lungo la Sez. 7 di maggiore altezza.

Gli assestimetri saranno installati in corrispondenza della Sez. 10, lungo un allineamento monte – valle.



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 50 di 87</b>

- Sostituzione di alcuni piezometri tipo Casagrande installati nei terreni di fondazione del fianco di valle del corpo diga lungo le sezioni 6, B e 13, da tempo fuori servizio, con celle piezometriche a corda vibrante (*Serie NP*).
- Affiancamento di due piezometri Casagrande presenti lungo il pendio prospiciente il piede di valle del corpo diga e di uno lungo il pendio a valle della casa di guardia (quest'ultimo fuori servizio), di difficile accesso in caso di condizioni atmosferiche avverse, con celle piezometriche a corda vibrante (*Serie NP*).
- Installazione di un piezometro tipo Casagrande lungo il coronamento in prossimità della sponda destra.
- Installazione di inclinometri lungo il coronamento in prossimità della sponda destra e lungo il pendio a monte del pozzo paratoie. Le misure saranno eseguite utilizzando una sonda inclinometrica biassiale allo scopo prevista, che permetterà di riprendere con continuità l'esecuzione delle misure agli inclinometri posizionati a monte del pozzo paratoie. In entrambi i casi si posizionerà a breve distanza un piezometro tipo Casagrande.

Per accelerare le operazioni di posa in opera della nuova strumentazione, si prevede l'utilizzo di due macchine per sondaggi a rotazione.

Gli inclinometri saranno installati all'interno di perforazioni a carotaggio continuo con prelievo di due campioni indisturbati per ciascun sondaggio. Sui campioni è stata programmata una campagna di prove geotecniche di laboratorio. In tal modo sarà possibile verificare puntualmente le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali del nucleo e dei terreni di fondazione nelle zone dove saranno installate le nuove apparecchiature di monitoraggio.

Le celle piezometriche a corda vibrante saranno collegate a due pannelli di raccolta cavi e acquisitori alimentati da pannelli solari, posizionati sul coronamento in prossimità delle sezioni 6 e 10. I dati saranno trasferiti via modem a una unità di acquisizione centrale ubicata presso la casa di guardia. In caso di malfunzionamento sarà possibile acquisire le misure utilizzando una centralina portatile da collegare agli acquisitori.

Si prevede l'installazione di una sonda per il rilievo del livello idrico dell'invaso in sostituzione di quella esistente fuori servizio da tempo, di termometri per la misura della temperatura dell'acqua, di una stazione meteo sul coronamento. Questi strumenti saranno posti in prossimità della Sezione 10 e

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II22F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 51 di 87</b>

collegati al pannello di acquisizione posto nei pressi della medesima sezione. Nella vasca di dissipazione sarà installata una stazione idrometrografica per la misura delle portate in uscita dal serbatoio.

La posizione della nuova strumentazione è riportata nell'elaborato II22F-C-PE-RT-212 "Planimetria con ubicazione della strumentazione in progetto".

Nell'elaborato II22F-C-PE-RT-213 "Strumentazione funzionante e strumentazione in progetto - Planimetria" è mostrata la posizione degli strumenti presenti in diga funzionanti al novembre 2021 e dei nuovi strumenti.

Si verificherà la possibilità di recuperare la strumentazione fuori servizio, in particolare le celle di pressione neutra installate nel nucleo ed i piezometri Casagrande installati in corso d'opera nel paramento di valle della diga rappresentati graficamente nelle sezioni trasversali strumentate originarie dello sbarramento.

A tal proposito, facendo seguito a un'osservazione formulata dall'UTD, si è completato il rilievo della strumentazione esistente, in particolare dei sopra citati piezometri Casagrande, verificando che la quasi totalità di questi ultimi richiede una radicale e non semplice operazione di spurgo dei tubi, che spesso risultano interrotti già a pochi metri di profondità dal boccaforo. Pertanto la loro presenza si ritiene trascurabile nel contesto del ripristino della strumentazione. Tuttavia, come sopra detto, nel presente progetto questi piezometri sono stati inseriti tra quelli su cui intervenire per una loro possibile riattivazione.

Con l'attuazione di questi interventi si istituirà un sistema di misura utile e idoneamente dimensionato ai fini del controllo della diga durante gli invasi sperimentali e nel corso della successiva fase di gestione dell'invaso.

Nel seguito si descrivono le caratteristiche principali della strumentazione in progetto e le modalità di posa in opera, si forniscono indicazioni sulle soglie di allarme che saranno impostate per una migliore interpretazione e gestione delle misure e si illustrano le prove geotecniche di laboratorio in programma.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 52 di 87</b>

## 5.2. Strumentazione

Per l'esecuzione dei rilievi saranno impiegati i seguenti strumenti:

- inclinometri;
- assestimetri magnetici;
- celle piezometriche a corda vibrante *Serie NC*;
- celle piezometriche a corda vibrante *Serie NP*;
- piezometri tipo Casagrande.

Nel corpo diga la nuova strumentazione sarà installata in corrispondenza delle sezioni 6, 7, 10 e 13. Per la protezione saranno realizzati pozzetti in conglomerato cementizio provvisti di coperchi in ghisa carrabili e lucchetto.

### 5.2.1. Inclinometri

Sul coronamento, in corrispondenza delle sezioni 7, 10 e 13, saranno installati inclinometri (uno per sezione) all'interno di fori di sondaggio eseguiti a carotaggio continuo. Le colonne inclinometriche saranno intestate all'interno dei terreni di fondazione per una profondità minima di 2 m.

Sempre sul coronamento, in prossimità della sponda destra, dove si osservano lesioni che potrebbero essere collegate a deformazioni del corpo diga, sarà posizionato l'inclinometro NI4. Una quinta colonna (NI5) sarà installata sul pendio a monte del pozzo paratoie interessato da dissesti.

Nella tabella che segue sono indicati, per ciascun inclinometro, la posizione, la lunghezza della tubazione e la quota della testa.

Inclinometro	Posizione nel corpo diga	Sezione	Lunghezza (m)	Quota testa (m s.l.m.)
NI1	Coronamento	7	45	236,00
NI2	Coronamento	10	50	236,00
NI3	Coronamento	13	45	236,00
NI4	Coronamento	-	30	236,00
NI5	Pendio pozzo paratoia	-	30	250,00

Tabella 5.1 – Inclinometri da installare nel corpo diga

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 53 di 87</p>

La posizione degli inclinometri è indicata nella figura che segue.

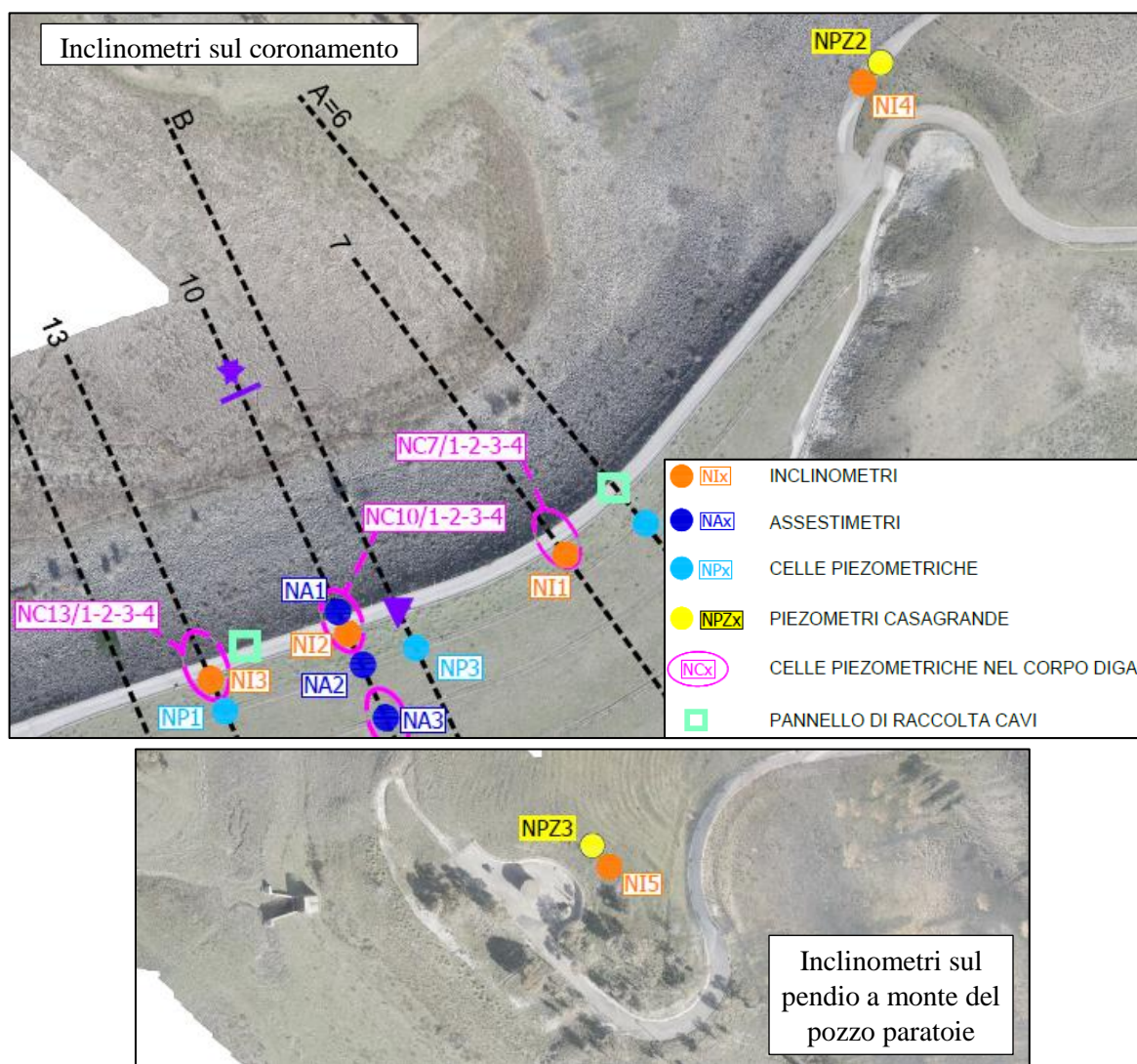


Figura 5-1: Ubicazione degli inclinometri

Le misure agli inclinometri saranno eseguite con gradini di 1 m mediante una sonda inclinometrica biassiale allo scopo prevista.

I dati saranno elaborati mediante specifico software dedicato.



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 54 di 87</b></p>

### 5.2.2. Assestimetri magnetici

In considerazione del notevole lasso di tempo trascorso dalla conclusione dei lavori, si prevede l'installazione di tre assestimetri *tipo BRS* con anelli magnetici limitatamente alla sola sezione 10, in prossimità della sezione maestra, lungo un allineamento monte valle.

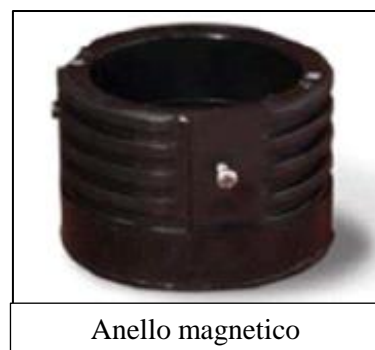
Le colonne NA2, NA3 saranno posizionate all'interno di fori di sondaggio eseguiti, rispettivamente, sulla I berma di valle e sulla II berma di valle.

Per l'assestimetro NA1, posto sul coronamento, si sfrutterà il foro eseguito per l'inclinometro NI2, attrezzando in fase di installazione la relativa tubazione con gli appositi anelli magnetici.

I sensori magnetici saranno posizionati ogni 3 m.

Le misure saranno eseguite con una sonda assestimetrica allo scopo prevista in progetto.

Nella tabella che segue sono indicati, per ciascun assestimetro, la posizione nel corpo diga, la lunghezza e la quota della testa della tubazione, il numero di sensori che saranno installati.



Assestimetro	Sezione	Posizione nel corpo diga	Lunghezza tubazione (m)	Quota testa (m s.l.m.)	Sensori (n)
NA1*	10	Coronamento	50	236,00	16
NA2		I berma di valle	35	228,50	11
NA3		II berma di valle	28	221,00	9

Tabella 5.2 – Assestimetri da installare nel corpo diga

\* da installare lungo la verticale inclinometrica NI2

La posizione degli assestimetri è indicata nella figura che segue,

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 55 di 87</p>

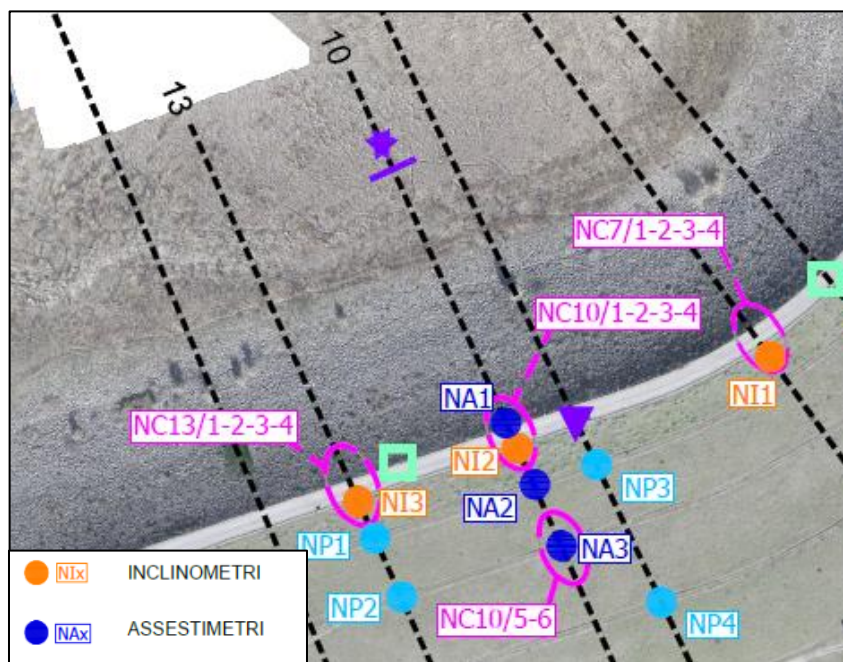


Figura 5-2: Ubicazione degli assestimetri

### 5.2.3. Celle piezometriche a corda vibrante – Serie NC

Le pressioni neutre nel corpo diga e nei terreni di fondazione saranno misurate con l'impiego di celle a corda vibrante installate all'interno di fori di sondaggio eseguiti in corrispondenza delle Sezioni 7, 10 e 13.

Si prevede di installare in ciascuna sezione quattro celle, a differenti quote, posizionate lungo due verticali di sondaggio eseguite a partire dal coronamento. Le perforazioni attraverseranno il nucleo e si spingeranno fino ai terreni di fondazione. Le celle a quota superiore saranno installate nel nucleo, quella a quota inferiore sarà posizionata nelle fondazioni della diga.

Per un più corretto posizionamento della strumentazione e allo scopo di evitare disturbi durante la fase di posa in opera, si prevede di installare due celle lungo ciascun foro di sondaggio. Inoltre, per garantire un adeguato isolamento, i fori saranno spinti 1 m più in basso rispetto alla quota di installazione della cella inferiore.

Lungo la Sezione 10, in corrispondenza della II berma, saranno installate altre due celle. In questo caso, la cella superiore sarà posizionata nei materiali del fianco di valle, quella inferiore sarà installata nei terreni di fondazione.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 56 di 87</b>

Le celle avranno fondo scala di 10 kg/cm<sup>2</sup> e filtro caratterizzato da porosità di 10 µ.

Nella tabella successiva si riportano, per ciascuna cella, la posizione, la quota di installazione e la lunghezza di perforazione.

Sezione	Denominazione / Posizione della cella	Quota di installazione (m s.l.m.)	Lunghezza perforazione (m)
7	NC7-1 / Terreni di fondazione	192	45
	NC7-3 / Nucleo	214	
	NC7-2 / Nucleo	203	34
	NC7-4 / Nucleo	226	
10	NC10-1 / Terreni di fondazione	188	49
	NC10-3 / Nucleo	214	
	NC10-2 / Nucleo	201	36
	NC10-4 / Nucleo	226	
	NC10-5 / II berma fianco di valle	194	28
	NC10-6 / II berma fianco di valle	201	
13	NC13-1 / Terreni di fondazione	192	45
	NC13-3 / Nucleo	214	
	NC13-2 / Nucleo	203	44
	NC13-4 / Nucleo	226	

Tabella 5.3 – Celle piezometriche a corda vibrante Serie NC da installare nel corpo diga

La posizione delle celle all'interno del corpo diga è illustrata nelle figure che seguono, dove è mostrata anche l'ubicazione delle verticali inclinometriche e assestimetrie.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 57 di 87</p>

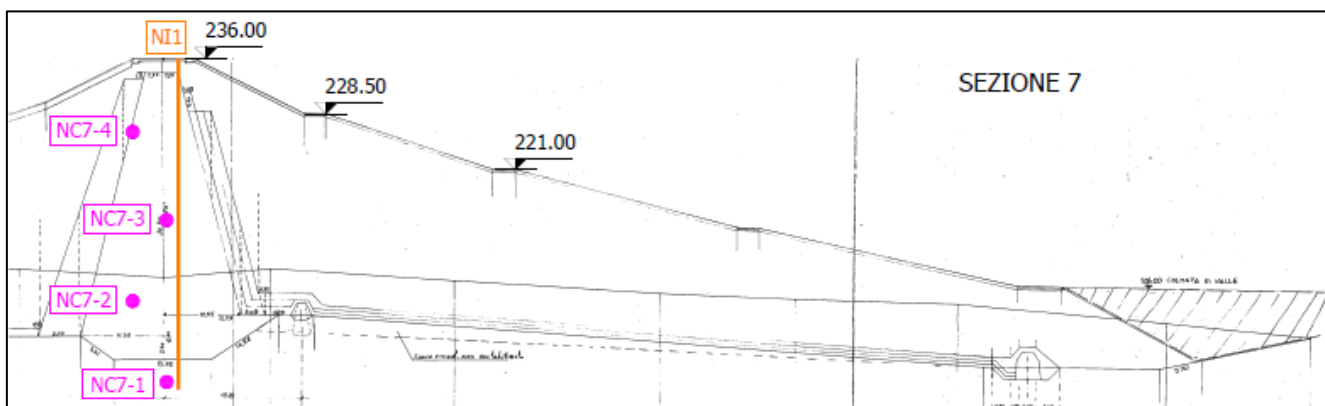


Figura 5-3: Posizione della nuova strumentazione nel corpo diga – Sezione 7

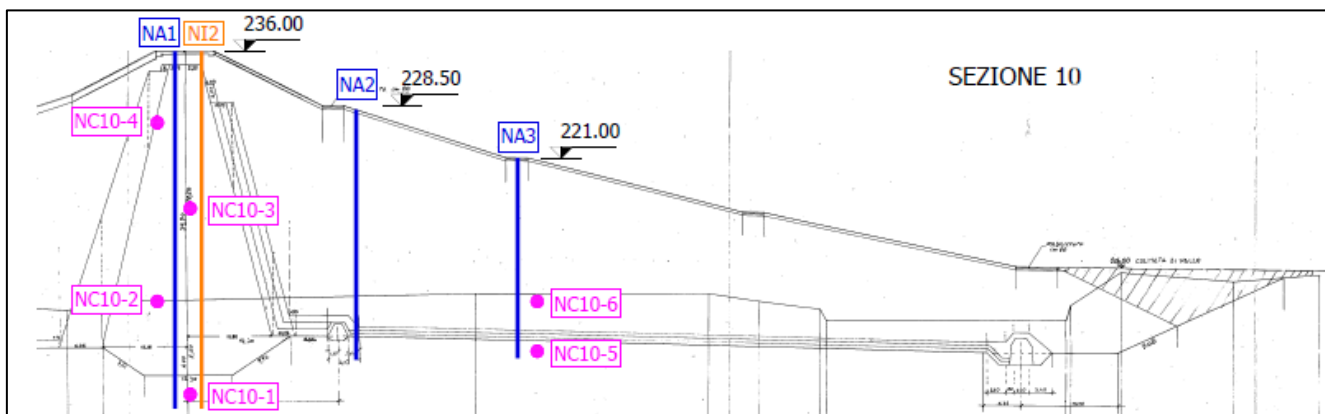


Figura 5-4: Posizione della nuova strumentazione nel corpo diga – Sezione 10

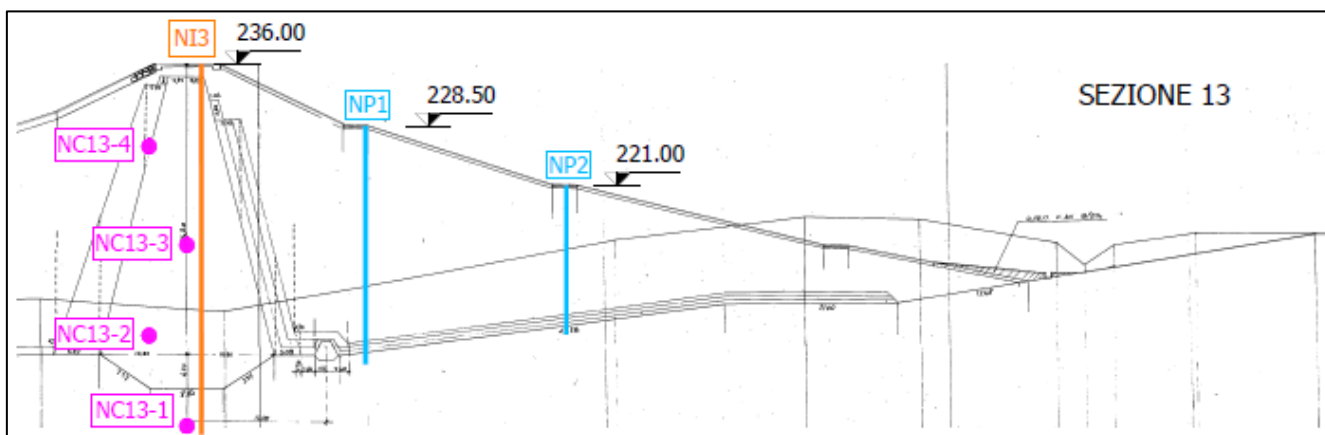


Figura 5-5: Posizione della nuova strumentazione nel corpo diga – Sezione 13



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 58 di 87</b>

Le celle a corda vibrante saranno collegate tramite un sistema di linee di cablaggio dedicate ai due pannelli di raccolta e acquisizione posti sul coronamento in corrispondenza delle sezioni 6 e 10, alimentati da pannelli solari. I dati saranno trasmessi via modem all'unità di acquisizione centrale installata presso la casa di guardia, per la successiva ed elaborazione interpretazione. Si prevede, comunque, la possibilità di lettura diretta utilizzando una centralina portatile in caso di interruzione del sistema di trasmissione o altro malfunzionamento.

#### 5.2.4. Celle piezometriche a corda vibrante – Serie NP

Saranno installate celle piezometriche a corda vibrante, indicate con la sigla “NP”, a parziale sostituzione dei piezometri tipo Casagrande installati in corso d'opera nei terreni di fondazione del fianco di valle del corpo diga, da tempo fuori servizio e per i quali si reputa molto difficile e problematico un recupero di funzionalità.

Prima della fornitura ed installazione dei nuovi strumenti si prevede di effettuare, comunque, operazioni di spurgo delle tubazioni piezometriche esistenti per un loro possibile riutilizzo.

Altre tre celle piezometriche a corda vibrante saranno installate in affiancamento ai piezometri Casagrande presenti lungo il pendio prospiciente il piede di valle del corpo diga; questi ultimi risultano di difficile accesso in caso di condizioni atmosferiche avverse. I nuovi strumenti (a lettura automatica) serviranno da riferimento per quelli a lettura manuale, una volta eseguite le misure a questi ultimi.

Una cella sarà posizionata lungo il pendio in sinistra a valle della casa di guardia, in sostituzione del piezometro Casagrande PV2 fuori servizio.

In definitiva, si prevedono:

❖ nel fianco di valle del corpo diga:

- n° 2 piezometri (NP1, NP2) lungo la sezione 13, in corrispondenza della I e della II berma;
- n° 3 piezometri (NP3, NP4, NP5) lungo la sezione B, in corrispondenza della I e della III berma e del piede di valle;
- n° 2 piezometri (NP6, NP7) lungo la sezione 6, in corrispondenza della I e della II berma.

Questi piezometri sostituiranno i piezometri tipo Casagrande installati in corso d'opera una volta verificata l'impossibilità di ripristino dei vecchi strumenti;

❖ lungo il pendio in sinistra a valle della casa di guardia:

- n° 1 piezometro (NP8) in sostituzione dello strumento PV2 fuori servizio.

❖ lungo il pendio prospiciente il piede della diga:

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 59 di 87</b>

- n° 3 piezometri (NP9, NP10, NP11), in corrispondenza delle sezioni 14, 13 e 10 rispettivamente.

Le celle, in numero complessivo di 11, con fondo scala di 3 kg/cm<sup>2</sup> e filtro caratterizzato da porosità di 40 µs, saranno installate nei terreni di fondazione all'interno di tubazioni di PVC inserite in fori di sondaggio.

Le perforazioni saranno spinte almeno 0,5 m al di sotto della quota di installazione delle celle. Il tratto finale della tubazione, per una lunghezza di 1 m, sarà sfinestrato. Occorrerà prestare la massima attenzione durante l'installazione del piezometro NP4 sulla III berma di valle della sezione B per possibili interferenze con il cunicolo dei drenaggi.

Ogni strumento sarà collegato tramite un sistema di linee di cablaggio dedicate a uno dei due acquisitori posizionati sul coronamento in corrispondenza delle sezioni 6 e 10 per la successiva trasmissione via modem all'unità di acquisizione centrale ubicata presso la casa di guardia. Anche in questo caso si prevede la possibilità di lettura diretta utilizzando una centralina portatile.

Nella tabella che segue si riportano, per ciascun piezometro a corda vibrante, la quota di installazione della cella, la quota della testa del foro e la lunghezza di perforazione.

Piezometro	Sezione/Posizione	Quota installazione (m s.l.m.)	Quota testa (m s.l.m.)	Lunghezza perforazione (m)
NP1	Sezione 13 – I berma	200,00	228,50	29
NP2	Sezione 13 – II berma	203,50	221,00	18
NP3	Sezione B – I berma	194,00	228,50	35
NP4	Sezione B – III berma	192,00	213,50	22
NP5	Sezione B – Piede di valle	192,50	206,00	14
NP6	Sezione 6 – I berma	204,00	228,50	25
NP7	Sezione 6 – III berma	204,00	213,50	10
NP8	Pendio in sinistra a valle casa di guardia	195,50	216	20
NP9	Sezione 14 – Pendio a valle piede diga	211,00	230	20
NP10	Sezione 13 – Pendio a valle piede diga	197,00	216	20
NP11	Sezione 10 – Pendio a valle piede diga	191,00	210	20

Tabella 5.4 – Celle piezometriche a corda vibrante Serie NP da installare nel corpo diga e nei pendii a valle

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 60 di 87</p>

La posizione degli strumenti è illustrata nella figura che segue.

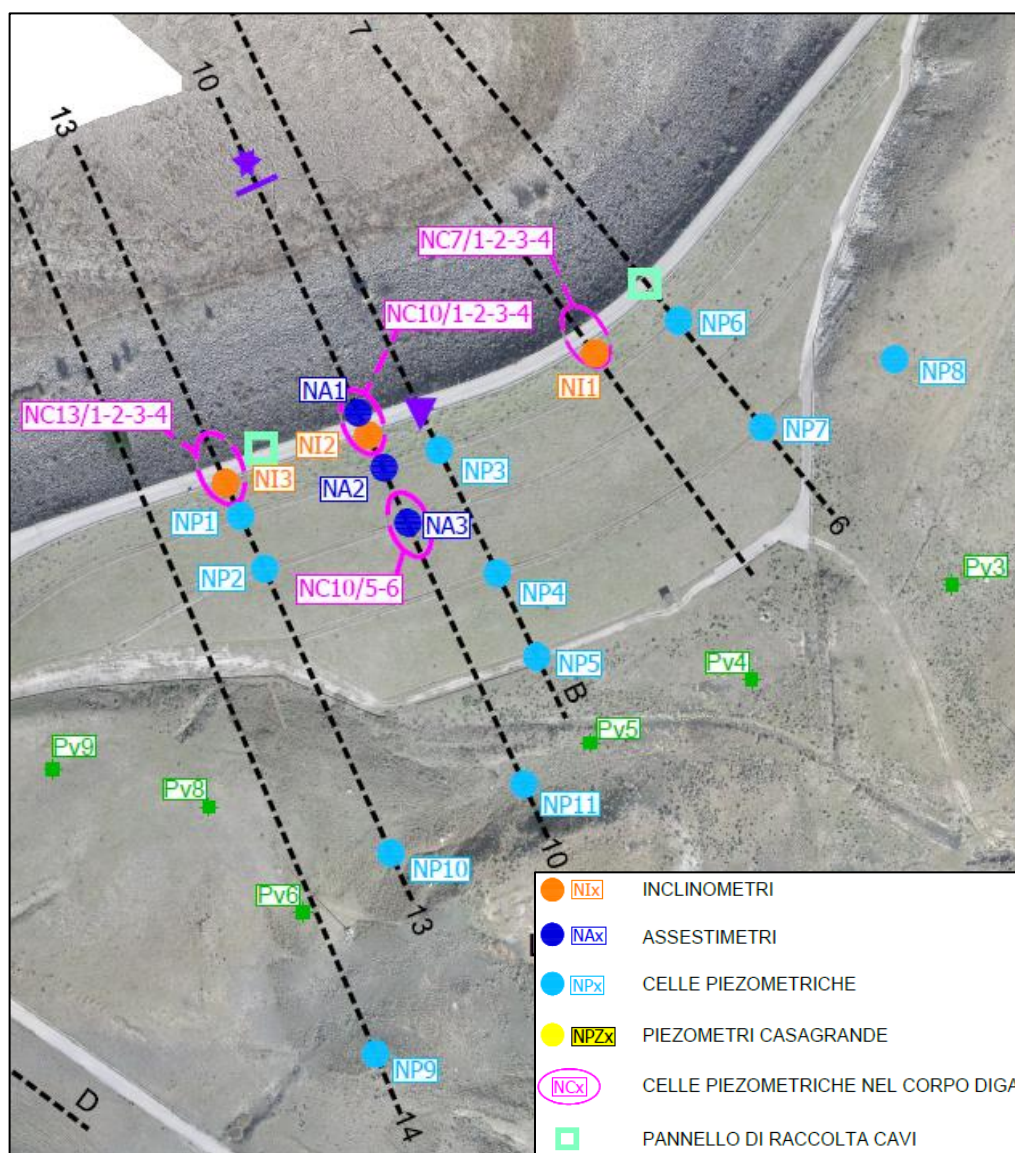


Figura 5-6: Ubicazione dei piezometri della Serie NP

#### 5.2.5. Celle piezometriche tipo Casagrande

Sul coronamento si prevede l'installazione di due piezometri attrezzati con cella Casagrande: il primo in sponda destra (NPZ1) in corrispondenza della Sezione E; il secondo in sinistra (NPZ2), in adiacenza

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 61 di 87</b>

al nuovo inclinometro NI4. Lo strumento NPZ2 sopperirà anche al funzionamento discontinuo del piezometro Ps1 ubicato nei pressi. Un terzo piezometro (NPZ2) sarà posizionato sul pendio a monte del pozzo paratoie accanto al nuovo inclinometro NI5.

Gli strumenti saranno installati all'interno di fori di sondaggio. Nel prospetto che segue sono indicate la quota di testa e la quota di installazione e la lunghezza della perforazione.

Piezometro	Sezione/Posizione	Quota installazione (m s.l.m.)	Quota testa (m s.l.m.)	Lunghezza perforazione (m)
NPZ1	Coronamento – Sezione E	207,00	236,00	30
NPZ2	Coronamento – Sponda sinistra	217,00	236,00	20
NPZ3	Pendio a monte pozzo paratoia	231,00	250,00	20

Tabella 5.5 – Piezometri Casagrande da installare

#### 5.2.6. Rilievo del livello idrico dell'invaso

Per il rilievo del livello idrico dell'invaso si utilizzerà un misuratore di livello tipo piezometrico con sensore piezoresistivo. Il sensore sarà posizionato a quota (213,00), corrispondente al massimo svasso eccezionale, ai piedi del paramento di monte della diga, in prossimità della Sezione 10.

La strumentazione è costituita da sensore piezoresistivo, in acciaio inox, con campo di misura di 50 m di colonna d'acqua, precisione 0,05% f.s. e uscita del segnale 4-20 mA.

La misura del livello avviene mediante la determinazione del carico idrostatico agente sulla membrana del sensore piezometrico.

Il segnale in uscita sarà trasmesso via cavo all'unità di acquisizione posta sul coronamento in prossimità della sezione 10 e da questa inviata in automatico all'unità di acquisizione centrale ubicata presso la casa di guardia. Il cavo di collegamento correrà all'interno di una tubazione protettiva con diametro di almeno 100 mm, saldamente ancorata con staffe al paramento di monte della diga.

La misura potrà anche essere acquisita tramite centralina portatile.





<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 62 di 87</b></p>

### 5.2.7. Rilievo della temperatura dell'acqua

La temperatura dell'acqua dell'invaso sarà rilevata utilizzando tre termometri RTD (Resistance Temperature Detector) a variazione di resistenza, posizionati all'interno dell'invaso a varie quote. Un primo termometro sarà installato alla quota del massimo invaso (231,50 m s.l.m.), un secondo 5 m più in basso (quota 226,50 m s.l.m.), un terzo 10 m più in basso (quota 221,50 m s.l.m.). I sensori saranno fissati al tubo utilizzato per il passaggio dei cavi del misuratore di livello idrico dell'invaso.



Il termometro RTD è costituito da un sensore con bobina di rame di resistenza 29,8 Ohm a 20°C, racchiuso all'interno di un robusto involucro protettivo. Lo strumento è operativo nel campo -30°C - +70°C, con precisione di 0,1°C.

I tre termometri saranno collegati attraverso cavi schermati all'unità di acquisizione posta in prossimità della sezione 6 e da questa inviata in automatico all'unità di acquisizione centrale ubicata presso la casa di guardia. I cavi correranno all'interno della stessa tubazione utilizzata per il misuratore di livello idrico. La misura potrà anche essere acquisita tramite centralina portatile.

### 5.2.8. Stazione meteo sul coronamento

Sul coronamento, in prossimità della Sezione 7, si prevede l'installazione di una stazione meteo composta dai seguenti elementi:

- ❖ sensore per la misura della direzione del vento;
- ❖ sensore per la misura della velocità del vento;
- ❖ sensore per la misura combinata della temperatura e della umidità relativa dell'aria.

Il sensore per la misura della direzione del vento, in alluminio anticorrosione anodizzato, sfrutta il metodo di misura potenziometrico ad alta precisione, con campo di misura 0°-359° e out 4-20 mA.

Per la misura della velocità del vento si prevede un sensore First Class in alluminio anticorrosione anodizzato, con campo di misura 0,28 - 100 m/s e out 420 mA.



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 63 di 87</b></p>

La misura combinata della temperatura (T, °C) e dell'umidità relativa dell'aria (RH, %) a ventilazione naturale sarà eseguita utilizzando un sensore per esterno in alluminio anticorrosione, anodizzato e verniciato, con uscita 0,2 V dc per T e 0,1 V dc per RH.

I sensori, installati su supporto in alluminio anodizzato anticorrosione, fissato ad un palo, saranno collegati tramite cavi al pannello acquisitore posto in prossimità della Sezione 6 e da questo inviata in automatico all'unità di acquisizione centrale ubicata presso la casa di guardia.

Le misure potranno anche essere acquisite tramite centralina portatile.

#### 5.2.9. Stazione idrometrografica

La portata in uscita dalla vasca di dissipazione sarà misurata posizionando una stazione idrometrografica sul muro in destra del canale di scarico poco oltre il setto di separazione delle acque.

La stazione è composta da un sensore di tipo piezometrico e da una unità di acquisizione automatica locale. Il sensore è di tipo piezoresistivo, in acciaio inox, con campo di misura di 1-10 m di colonna d'acqua, precisione 0,1% f.s. e uscita del segnale 4-20 mA.

L'unità periferica di misura, a un canale, è completa di unità di controllo, protezioni interne su arrivo sensori e pannello di materiale sintetico.

La centralina sarà collocata all'esterno del muro di sponda. Il tubo di PVC di protezione e guida della cella e la cella stessa saranno appesi dalla parte interna del muro, a pescare nel letto del canale.

L'unità di misura sarà alimentata da un pannello solare. I dati saranno trasmessi via modem all'unità di acquisizione centrale ubicata presso la casa di guardia e potranno anche essere acquisiti tramite centralina portatile.



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 64 di 87</p>

### 5.3. Specifiche tecniche della strumentazione geotecnica e modalità di installazione

#### 5.3.1. Inclinometri

L'inclinometro è uno strumento utilizzato per la misura degli spostamenti orizzontali di punti del terreno allineati lungo l'asse di installazione di un tubo inclinometrico. Le letture consentono di ricostruire l'andamento degli spostamenti orizzontali in direzione e verso alle profondità corrispondenti lungo l'asse del tubo.

In generale, la profondità della colonna inclinometrica deve essere tale che la punta sia intestata in una zona di terreno non soggetta a movimenti.

Il sistema inclinometrico si compone delle seguenti parti principali:

- ❖ tubo inclinometrico;
- ❖ sonda inclinometrica;
- ❖ centralina di misura;
- ❖ cavo di misura;
- ❖ sonda testimone;
- ❖ pozzetto di protezione.



I tubi inclinometrici possono essere di materiale plastico (ABS o PVC) o di alluminio, rivestito di resina epossidica oppure anodizzato. La sezione del tubo è sagomata con 2 coppie di scanalature disposte a croce. Per alcuni tipi in ABS o PVC, di spessore maggiorato, le scanalature sono ricavate nello spessore.

Il tubo inclinometrico viene installato in fori quanto più possibile verticali. L'assemblaggio dei segmenti di tubo, di lunghezza generalmente pari a 3 m, viene eseguito bloccando sul boccaforo la parte già assemblata con l'ausilio di "cravatte". Le giunzioni vengono sigillate.

Raggiunto il fondo del foro, il tubo inclinometrico viene cementato con miscela di acqua, cemento e bentonite. L'installazione viene completata con una custodia o collare intorno alla testa del tubo



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II22F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 65 di 87</b></p>

munito di coperchio e chiusura a chiave.

Dopo la presa, si esegue la lettura di zero delle inclinazioni iniziali del tubo con l'ausilio della sonda.

La sonda inclinometrica, munita di rotelline, scorrendo in una delle coppie di scanalature misura le deviazioni del tubo dall'asse verticale nel piano individuato dalle scanalature.

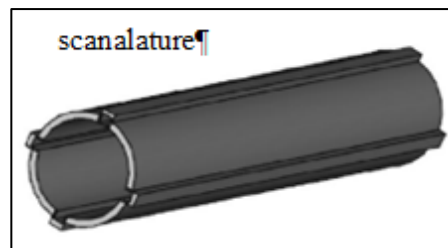
Di seguito si riportano le specifiche dei vari componenti e le modalità di installazione, rimandando alla tavola II22F-C-PE-RT-214 per ulteriori dettagli.

### **Tubo inclinometrico**

I tubi inclinometrici sono speciali tubi sagomati, che, utilizzati insieme alla sonda inclinometrica, permettono di individuare movimenti orizzontali del terreno. I tubi consentono le misure in profondità o a distanza a varie quote, riproducendo le deformazioni della massa di terreno, così che le misure di inclinazione siano rappresentative degli effettivi movimenti. Inoltre mantengono costante il riferimento azimutale delle misure grazie alle quattro guide.

Le funzioni principali sono:

- seguire le deformazioni del terreno o della roccia in cui i tubi sono installati o delle strutture su cui sono fissati;
- garantire una precisa sede di scorrimento alla sonda inclinometrica che andrà a misurare le variazioni di inclinazione;
- fornire le orientazioni di riferimento per la sonda inclinometrica.



Le tubazioni sono disponibili in diversi materiali (alluminio, ABS, vetroresina), a sezione circolare e sono progettati per garantire una giunzione tubo – tubo perfettamente allineata e priva di discontinuità. Al loro interno presentano quattro scanalature longitudinali poste a 90° tra loro, con funzione di guida per la sonda inclinometrica e con sezione tale da minimizzare i giochi di accoppiamento con le rotelle della sonda, in modo tale da garantire un'ottima guida e ripetibilità. La tecnica di produzione riduce al minimo la spiratura, ovvero la torsione delle guide. I manicotti di giunzione presentano un dente di polarizzazione per garantire un buon allineamento delle guide dei tubi una volta collegati.

### **Sonda inclinometrica, centralina di misura, software di analisi e elaborazione**

Le sonde inclinometriche vengono impiegate sia per la misura dei movimenti orizzontali del terreno (sonde verticali), sia per monitorare (più raramente) i cedimenti in fondazioni e nei rilevati (sonde orizzontali).



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 66 di 87</b>

Sono costituite da un corpo cilindrico di acciaio, munito di due carrelli e di un sensore inclinometrico generalmente servo-accelerometrico biassiale. I carrelli consentono di mantenere costante l'orientamento azimutale della sonda e quindi dei sensori presenti all'interno.

Nel caso delle sonde biassiali, i sensori misurano l'inclinazione in due piani ortogonali, uno dei quali è il piano delle ruote dei carrelli ed è convenzionalmente chiamato asse A, mentre l'altro è chiamato asse B. Le misure sono quindi puntuali, riferite cioè a una precisa quota/distanza (generalmente ogni m).

La centralina di misura permette di rilevare i valori inclinometrici alle varie quote nella forma più idonea per l'elaborazione, con possibilità di registrare i dati in una memoria.

La misurazione consiste nella determinazione dell'inclinazione di un tubo inclinometrico rispetto alla verticale di riferimento su due piani tra di loro ortogonali individuati dalle guide del tubo. La sonda genera un segnale elettrico rilevato via cavo dalla centralina di acquisizione con display; su quest'ultimo è possibile leggere l'angolo  $\theta$  formato dall'asse della sonda con la verticale e ricavare la deviazione incrementale di ciascun tratto di tubo esplorato.

Per le misure in manuale si inserisce la sonda nella colonna, la si cala a fondo foro e si attende (5' - 10') che la temperatura dello strumento si stabilizzi.

#### Specifiche tecniche

- ✓ Sonda inclinometrica biassiale digitale con servoaccelerometri, con cavo da 50 m e passo 0,5 m, risoluzione 0,005 mm per 500 mm, centralina di acquisizione con software di registrazione e trasferimento dati in vari formati,
- ✓ Diametro cilindro:  $\approx 25$  mm
- ✓ Lunghezza:  $600 \div 1000$  mm
- ✓ Cavo di collegamento: con anima di acciaio e tacche di misura ad intervalli di 1 metro

Il software di analisi ed elaborazione delle letture inclinometriche, fornito di chiave USB, dovrà consentire l'analisi, l'elaborazione delle misure, la presentazione dei risultati, con restituzione in grafici vettoriali e spostamento nel tempo anche personalizzabili, visualizzazione simultanea di più grafici sullo schermo, conversione delle unità di misura, completo di licenza.

#### Cavo di misura

Il cavo di misura serve per calare la sonda in profondità e per effettuare il collegamento elettrico. E' armato con un cavo ed una treccia in acciaio inox per evitare l'allungamento e può essere provvisto di

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 67 di 87</p>

tacche tattili. Il cavo è generalmente in acciaio, rivestito con doppia guaina, lungo 50 m, centimetrato e fornito di rullo avvolgicavo.

### **Sonda testimone**

Viene utilizzata per la verifica della corretta posa e agibilità della tubazione inclinometrica, prima dell'introduzione della sonda di misura.

### **Pozzetto di protezione**

Il pozzetto di protezione viene montato a testa tubo e permette di proteggere la testa della colonna ed identificare la posizione della perforazione.

### **Montaggio della colonna inclinometrica**

La colonna inclinometrica viene montata all'interno di un foro di sondaggio di diametro interno non minore di 107 mm, assemblando i tubi man mano che questi vengono calati nel foro.

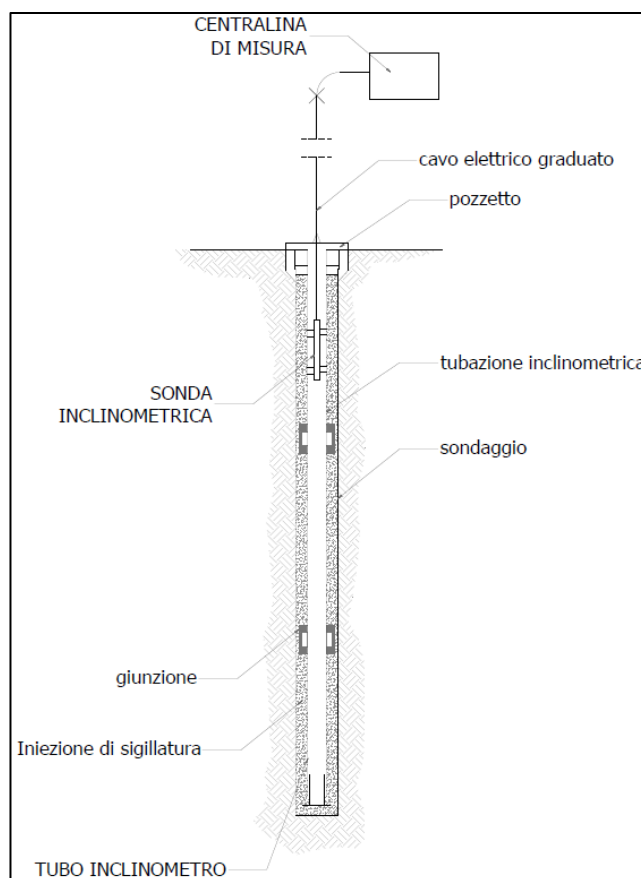
Sono ammesse varie modalità di perforazione (distruzione di nucleo, carotaggio continuo), comunque tali da garantire il sostentamento delle pareti del foro, il contenimento del fondo del foro e la minimizzazione dei disturbi arrecati al terreno nei tratti di prova.

Qualora la perforazione sia eseguita a carotaggio continuo, sarà possibile ricostruire il profilo lito-stratigrafico del terreno, con la possibilità, quindi, di correlare eventuali movimenti con i terreni attraversati dal sistema di monitoraggio.

La testa dell'inclinometro viene alloggiata all'interno di un pozzetto provvisto di coperchio di ferro, a scopo protettivo. Il fondo della colonna viene protetto con un tappo.

Durante l'installazione si deve avere prestare la massima cura affinché:

- la tubazione non subisca torsioni (effetto spirale), in maniera tale che le scanalature risultino perfettamente allineate;
- non vi siano danneggiamenti di alcun tipo



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 68 di 87</b>

(ammaccature, sforzi assiali, ecc.);

- l'intera superficie esterna sia a contatto e bloccata con il terreno mediante adeguato riempimento dell'intercapedine foro-tubo.

Nel seguito si descrivono le principali fasi di installazione del sistema inclinometrico all'interno di un foro di sondaggio, rimandando alla tavola II22F-C-PE-RT-215 "Modalità di installazione degli inclinometri" per ulteriori dettagli.

- Montare la colonna inclinometrica all'interno del foro di sondaggio, inserendo il tappo di fondo a scopo protettivo ed assemblando i tubi man mano che questi vengono calati. I giunti devono essere accuratamente sigillati per evitare che materiale vario entri dentro la tubazione. Durante la collocazione nel foro la tubazione dovrà essere mantenuta piena di fluido di adeguato peso specifico in modo da non dover esercitare pressione di nessun tipo. La tubazione dovrà risultare quanto più possibile centrata rispetto al foro.
- Terminata la posa della colonna inclinometrica nel foro occorre sigillare l'intercapedine foro-tubo con una miscela di boiaccia cementizia confezionata come miscela fluida (110 l d'acqua, 50 kg di cemento, 10 kg di bentonite). La miscela sarà iniettata a bassissima pressione attraverso una valvola unidirezionale posta all'estremità inferiore della tubazione. Un eventuale rabbocco dovrà proseguire nei giorni successivi se si notano abbassamenti nel livello di fluido nell'intercapedine. Al termine la tubazione inclinometrica deve essere accuratamente lavata con acqua pulita.
- Installare il pozzetto di protezione.
- Calare la sonda testimone per collaudare la continuità e l'integrità della colonna.
- Quotare l'estremità superiore della tubazione rispetto al livello medio del mare.
- Riportare sulla tubazione in modo indelebile la sigla di identificazione dell'inclinometro e la scanalatura di riferimento per le letture.

### 5.3.2. Assestimetri magnetici tipo BRS

L'assestimetro magnetico viene utilizzato per il controllo degli assestamenti o dei cedimenti di rilevati stradali, fondazioni, dighe etc.. Viene preferito ad altri metodi quando il rilevato, o il sito da controllare, è già realizzato; in questo caso la colonna assestimetrica potrà essere installata mediante perforazione.

Si prevede l'installazione di assestimetri *tipo BRS* con anelli magnetici fissi.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 69 di 87</b></p>

Il sistema è costituito da:

- ❖ una sonda assestimetrica con nastro o cavetto di misura;
- ❖ un rullo avvolgicavo con inserito un segnalatore acustico;
- ❖ un certo numero di anelli magnetici ancorati a diverse profondità, fissati attorno a una guaina corrugata esterna flessibile, solitamente in PVC, al cui interno è alloggiato una tubazione dove sarà effettuata la misura;
- ❖ un elemento di fondo e un elemento di uscita.



Gli anelli magnetici sono collegati al terreno circostante e si muovono verso l'alto e verso il basso seguendo i movimenti del terreno.

La lettura è ottenuta facendo scorrere la sonda nel tubo guida fino a trovare la corrispondenza del magnete. A questo punto, la sonda attiva la segnalazione e l'operatore rileva la profondità usando la graduazione presente sul cavetto centimetrato portante la sonda.

La misura è assoluta se riferita all'elemento di fondo considerato fisso. In caso di dubbi sulla stabilità del punto di fondo, si procede con misure topografiche alla testa del foro, che vengono riferite, ovviamente, ad una base esterna ritenuta fissa.

Subito dopo l'installazione viene eseguita la misura di zero, che costituisce il valore iniziale a cui fare riferimento nelle successive misure.

#### **Sonda assestimetrica, nastro e rullo avvolgicavo**

Lo strumento è costituito da un puntale e un cavo centimetrato avvolto su rullo. Quando il puntale dello strumento intercetta l'anello superficiale, il campo magnetico chiude il circuito e viene rilevata la profondità rispetto al punto fisso posizionato in testa al foro,

#### **Caratteristiche tecniche:**

- ✓ accuratezza 10 mm o migliore;
- ✓ lunghezza cavo almeno pari a 50 m;
- ✓ tacche di misura con serigrafia protetta;
- ✓ Alimentazione a batteria;
- ✓ segnalatore acustico e visivo.

#### **Colonna assestimetrica**

La colonna assestimetrica è costituita da una coppia di tubi coassiali inseriti in una verticale:



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 70 di 87</b>

- ✓ un tubo guida interno generalmente di PVC, di diametro interno circa 25 mm, fornito in spezzoni di lunghezza pari a 1,5 m o 3,0 m;
- ✓ una guaina corrugata flessibile esterna – solitamente in PE – per assorbire gli attriti del terreno.

### **Elemento di fondo**

E' costituito da un tubo di plastica (puntazza) con funzione di camera di corsa del tubo guida. E' munito di una punta ogivale all'estremità inferiore e di un anello magnetico all'estremità superiore.

### **Anelli magnetici**

Tra gli anelli magnetici in commercio si è optato per l'utilizzo dell'anello semplice, per la sua affidabilità e rapidità di installazione.

Gli anelli magnetici hanno diametro che è funzione del diametro del tubo corrugato di protezione e sono dotati di lamelle elastiche in acciaio per l'ancoraggio al terreno.

### **Pozzetto di protezione**

Il pozzetto viene montato a testa tubo a scopo protettivo e permette di identificare la posizione della strumentazione.

### **Installazione all'interno di fori di sondaggio**

Gli assestimetri NA2 e NA3 saranno posizionati all'interno di fori di sondaggio spinti all'interno dei terreni di fondazione per una profondità minima di 2 m. Sono ammesse varie modalità di perforazione (distruzione di nucleo, carotaggio continuo).

E' opportuno che i fori siano rivestiti con tubazione metallica soprattutto in presenza di terreni a grana fina, al fine di garantire il sostentamento delle pareti, il contenimento del fondo della perforazione e la minimizzazione dei disturbi arrecati al terreno nei tratti di prova.

Durante la fase di installazione si deve avere prestare la massima cura affinché:

- il tubo guida interno non subisca torsioni (effetto spirale);
- non vi siano danneggiamenti di alcun tipo (ammaccature, sforzi assiali, ecc.);
- l'intera superficie della guaina esterna corrugata sia a contatto con il terreno e bloccata mediante adeguato riempimento dell'intercapedine foro-tubo.

L'assestimetro NA1 sarà accoppiato all'inclinometro NI2, fissando gli anelli magnetici alla tubazione inclinometrica, come più avanti descritto.

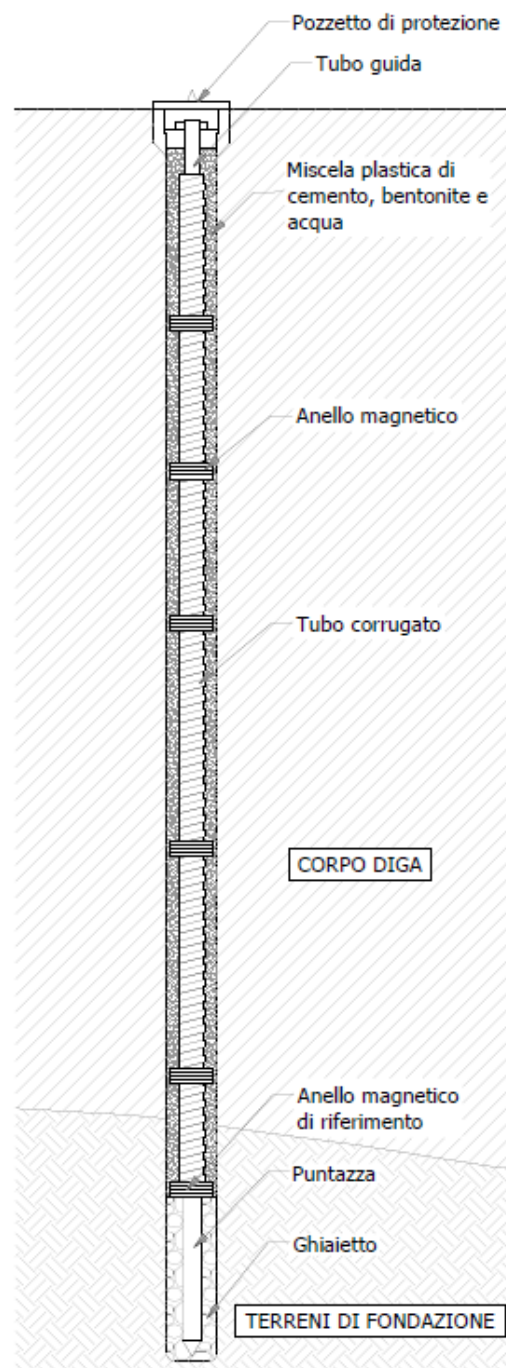
<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II22F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 71 di 87</b></p>

Nel seguito si descrivono le principali fasi di installazione dell'assestimetro all'interno di un foro di sondaggio, rimandando alla tavola II22F-C-PE-RT-216 "Modalità di installazione degli assestimetri" per ulteriori dettagli.

- Inserire spezzoni di tubo guida entro altrettanti spezzoni di tubo corrugato aventi pari lunghezza. Collegare la "puntazza" di appoggio allo spezzone di tubo da installare a fondo foro.
- Fissare gli anelli magnetici agli spezzoni di guaina corrugata nella posizione voluta. L'anello magnetico di riferimento viene in genere fissato sull'elemento di fondo.

Per l'assestimetro NA1, accoppiato all'inclinometro NI2, ciascun anello andrà fissato alla tubazione inclinometrica.

- Eseguire il montaggio completo degli altri spezzoni di doppio tubo fino a quando la colonna appoggerà a fondo foro controllando periodicamente che il tubo guida scorra agevolmente entro il terminale di fondo.
- Immettere nel foro del ghiaietto fino a ricoprire completamente il terminale di fondo.
- Immettere nel foro una miscela plastica di cemento, bentonite e acqua in percentuale tale da ottenere un materiale con caratteristiche meccaniche simili a quelle del terreno che circonda il foro.
- Installare il pozzetto di protezione.
- Quotare l'estremità superiore della tubazione rispetto al livello medio del mare.
- Riportare sulla tubazione in modo indelebile la sigla di identificazione dell'assestimetro.



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 72 di 87</b></p>

### 5.3.3. Celle piezometriche a corda vibrante

Le celle piezometriche a corda vibrante vengono utilizzate per la misura delle pressioni interstiziali, soprattutto in ambienti non più accessibili dopo la installazione.

La robustezza, la resistenza nel tempo, la ripetibilità, l'assenza di derive, la resistenza alle azioni atmosferiche, la non vulnerabilità alle sovratensioni indotte, rendono questi strumenti essenziali per applicazioni dove la durata, la vita dello strumento, il mantenimento delle caratteristiche funzionali nel tempo risultano caratteristiche fondamentali.

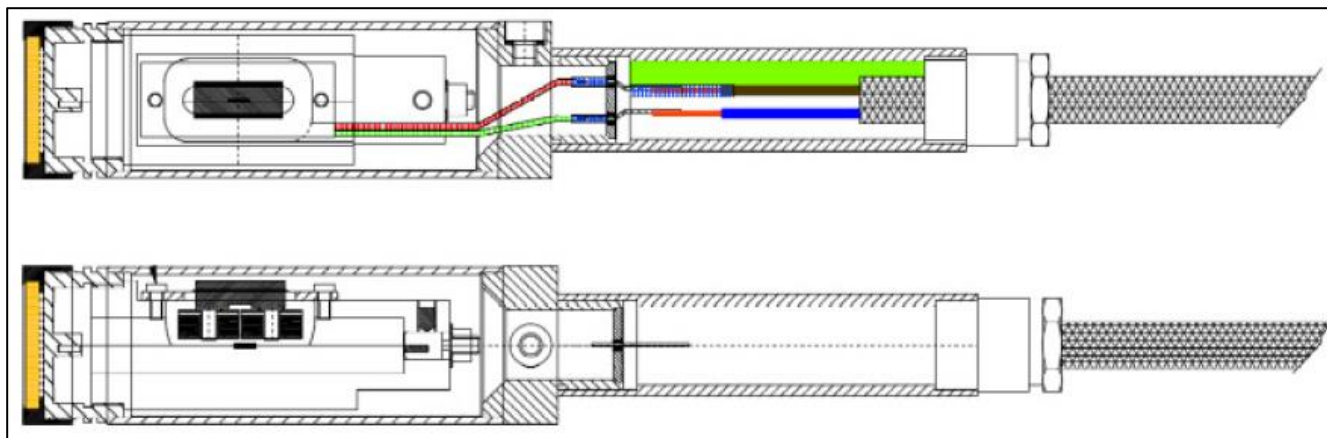
Altra peculiarità distintiva dei piezometri a corda vibrante è l'accuratezza nella costruzione della parte meccanica, che garantisce robustezza, tenuta stagna ad altissime pressioni e mantenimento della qualità della misura nel tempo.

Le celle corda vibrante sono generalmente costituite da un corpo in acciaio inox al quale viene saldata una membrana calibrata anch'essa in acciaio. A quest'ultima è collegato il traduttore a corda vibrante. In alcuni casi il corpo d'acciaio dello strumento è unico e tutte le sue parti sono



completamente saldate, pertanto non sono necessari *ORing* come elementi primari di tenuta.

La membrana viene protetta da un filtro di bronzo o di acciaio sinterizzato o di ceramica, con porosità, variabile tra 10  $\mu$  e 40  $\mu$ , funzione della tipologia di applicazione prevista.



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 73 di 87</b>

La pressione agendo sulla membrana, ne provoca una deformazione con una corrispondente variazione della tensione della corda ad essa collegata. Il cambiamento di lunghezza (deformazione) della corda ne determina un cambiamento della frequenza di vibrazione il cui valore al quadrato è direttamente proporzionale alla pressione applicata sulla membrana.

Un apposito gruppo di eccitazione ed acquisizione, composto da due bobine poste su apposito elettromagnete, consente l'invio dell'impulso per la vibrazione della corda ed nello stesso tempo ne rileva la frequenza di risonanza.

Il segnale viene trasmesso attraverso un cavo bipolare per misure di sola pressione o tripolare/quadripolare per eventuali misure di pressione e temperatura. La sezione dei conduttori è funzione della distanza dal punto di misura finale. E' opportuno l'utilizzo di un cavo isolato di gomma, con grosso spessore di isolamento adatto per essere direttamente poggiato o annegato nei materiali sciolti del corpo diga.

Lo strumento è dotato, in genere, di bobina tarata per la misura della temperatura.

Ogni strumento deve essere stato testato e calibrato su apposito banco di controllo e fornito di relativo certificato di taratura completo di costante caratteristica (gage factor) e valore di Zero di laboratorio.

#### Specifiche tecniche

- Corpo in acciaio inox.
- Filtro di bronzo o di acciaio sinterizzato o di ceramica; porosità 10 – 40 µ.
- Campo di misura 3 – 300 kPa.
- Precisione  $\leq 0,1\%$  fondo scala. Risoluzione 0,02% fondo scala. Linearità  $< 0,4\%$  fondo scala.

Sono previste celle piezometriche a corda vibrante da installare all'interno dei fori di sondaggio, che si differenziano per la diversa posizione e modalità di installazione

- SERIE NC nel nucleo, nel fianco di valle e nei terreni di fondazione della diga, in sostituzione di quelle fuori servizio;
- SERIE NP nei terreni di fondazione del fianco di valle e lungo il pendio prospiciente il piede di valle del corpo diga, ad integrazione / sostituzione della strumentazione presente.

L'installazione delle celle prevede le seguenti operazioni:

#### A) Operazioni preliminari

#### B) Saturazione e montaggio del filtro



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 74 di 87</b>

### C) Esecuzione della perforazione

### D) Installazione delle celle

Le modalità di installazione sono riportate negli elaborati

- “II122F-C-PE-RT-217-00 – Modalità di installazione delle celle piezometriche a corda vibrante .  
SERIE NC;
- “II122F-C-PE-RT-218-00 – Modalità di installazione delle celle piezometriche a corda vibrante .  
SERIE NP;

Le fasi A), B) e C), descritte sommariamente nel seguito, sono identiche per i due gruppi di celle.

### A) Operazioni preliminari

- ✓ Verifica del valore di "zero" dello strumento eseguendo la misura con la centralina, in condizioni di pressione atmosferica ambientale e senza applicare il filtro sulla membrana. Si devono tenere in considerazione possibili differenze dovute alla quota di installazione e alla pressione barometrica.
- ✓ Trascrizione dei dati identificativi dello strumento su opportune tabelle
- ✓ Prolungamento del cavo in dotazione allo strumento fino alla lunghezza necessaria.
- ✓ Nuova verifica del funzionamento della cella.

### B) Saturazione e montaggio del filtro

La saturazione ha lo scopo di rimuovere l'aria presente nei pori del filtro e di sostituirla con acqua in modo da avere una risposta alle variazioni di pressione più veloce e misure più accurate; inoltre, impedisce alle particelle di terreno di occludere i pori del filtro.

L'air entry è definita come la pressione necessaria a forzare aria attraverso un filtro poroso perfettamente saturo. Questa grandezza è di comune utilizzo nel settore geotecnico ed è proporzionale sia al diametro dei pori che al tipo di fluido utilizzato per la saturazione. Valori tipici di basso "air entry" sono quelli compresi tra 3 e 30 kPa mentre valori tipici di alto "air entry" sono quelli superiori a 100 kPa.

La saturazione si effettua in genere poco prima dell'installazione della cella con la seguente procedura.

- ✓ Immergere il filtro in un recipiente pieno di acqua e scaldare fino a raggiungere l'ebollizione. Mantenere l'ebollizione per un minimo di 10 - 15 minuti per filtro saturato in pressione, oppure per un minimo di 3 ore per filtro non saturo, quindi lasciare raffreddare.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 75 di 87

- ✓ Immergere il piezometro nell'acqua girato verso l'alto e avvitare il filtro sulla membrana, facendo attenzione che non restino bolle d'aria intrappolate. L'intera l'operazione deve avvenire rigorosamente sotto il pelo libero dell'acqua.
- ✓ Controllare il valore misurato allo strumento con la centralina di acquisizione portatile.
- ✓ Estrarre il piezometro, mantenendo la cella verticale con il filtro rivolto verso l'alto.
- ✓ Coprire il filtro con sabbia molto fina e bagnata, bloccare il tutto con una garza ed inserirlo in un contenitore stagno.

### **C) Esecuzione della perforazione**

Le celle piezometriche a corda vibrante della SERIE NC saranno posizionate a diverse quote all'interno di sondaggi eseguiti a distruzione di nucleo, in numero di due per ogni foro.

La quota del fondo dovrà essere almeno 50 cm al di sotto della quota di installazione della cella più profonda.

Ciascun piezometro della SERIE NP sarà posto all'interno di una perforazione eseguita a distruzione di nucleo e spinta 50 cm al di sotto della quota di installazione.

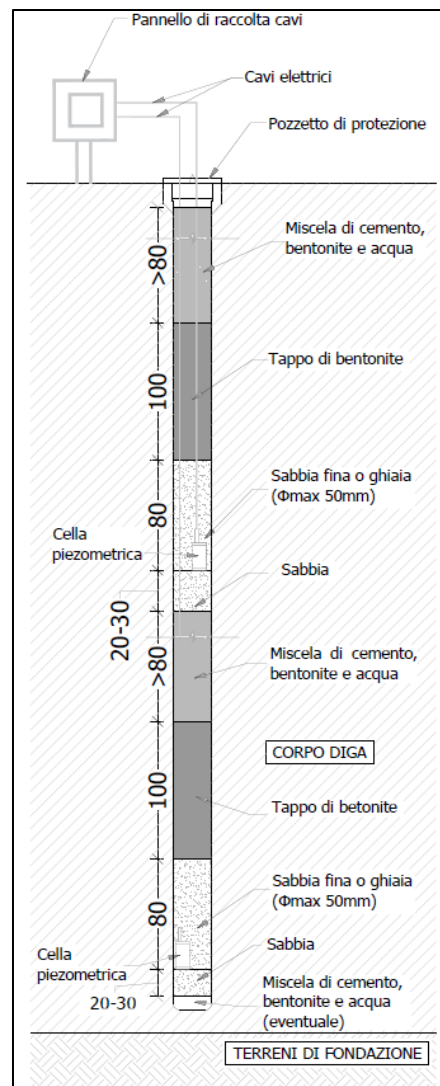
In entrambi i casi è opportuno che i fori siano rivestiti con una tubazione metallica nei tratti dove saranno installati gli strumenti, al fine di minimizzare il disturbi arrecati dal carotaggio al terreno nei tratti di prova.

### **Installazione delle celle piezometriche a corda vibrante della SERIE NC**

- 1) Verificare preliminarmente la profondità del foro con uno scandaglio. Qualora la lunghezza dovesse superare la misura richiesta, riempire il tratto eccedente con una miscela plastica di acqua, cemento e bentonite.  
La miscela dovrà essere confezionata in percentuale tale da ottenere un materiale con caratteristiche meccaniche simili a quelle del terreno che circonda il foro
- 2) Formare sul fondo del foro uno strato di sabbia di circa 20-30 cm.
- 3) Rompere il contenitore stagno, estrarre il piezometro e calarlo fino alla profondità richiesta.
- 4) Immettere sabbia fina o ghiaia ( $d_{max} = 50 \text{ mm}$ ) per un'altezza di circa 80 cm dal fondo, controllando con lo scandaglio la profondità raggiunta.
- 5) Formare un sigillo impermeabile di altezza pari a circa 100 mm utilizzando palline di bentonite, controllando con lo scandaglio la profondità raggiunta.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 76 di 87</p>

- 6) Immettere nel foro una miscela plastica di acqua, cemento e bentonite, interrompendo l'operazione 20-30 cm prima di raggiungere la quota di installazione del secondo strumento e attendere la presa della miscela.
- 7) Ripetere le operazioni da 2) a 5).
- 8) Immettere nel foro una miscela plastica di acqua, cemento e bentonite fino a raggiungere una quota prossima al piano di campagna e attendere la presa della miscela
- 9) Proteggere l'estremità superiore del foro con un pozzetto munito di coperchio sul quale si dovranno riportare in modo indelebile le sigle di identificazione e le profondità di installazione delle celle piezometriche.
- 10) Collegare i cavi elettrici delle celle al pannello di raccolta cavi. Assicurandosi di non lasciare tratti di cavo scoperti in modo da evitare danneggiamenti accidentali e proteggere sempre la parte terminale da umidità.

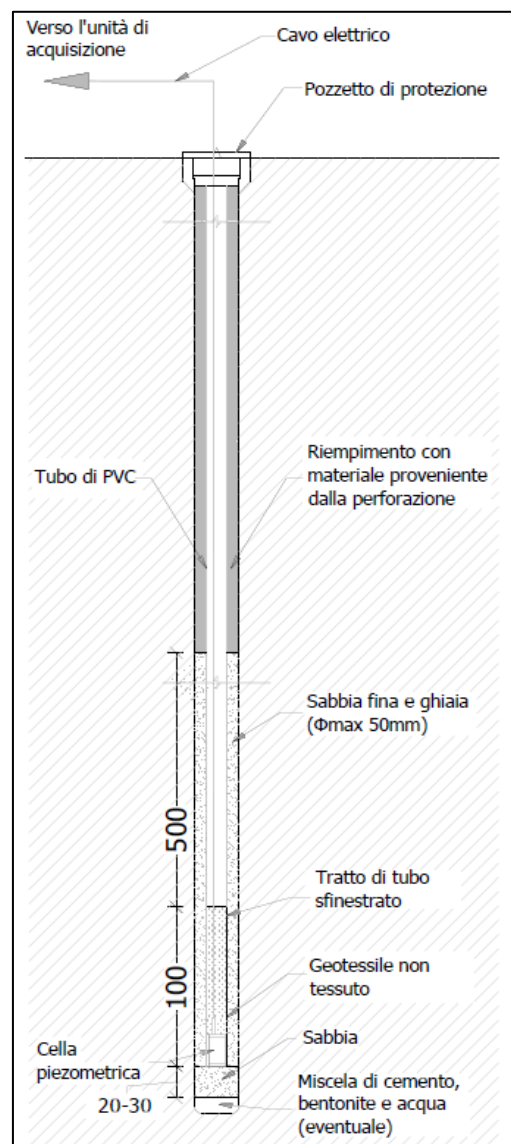


### **Installazione delle celle piezometriche a corda vibrante della SERIE NP**

- Verificare preliminarmente la profondità del foro con uno scandaglio. Qualora la lunghezza dovesse superare la misura richiesta, riempire il tratto eccedente con una miscela plastica di acqua, cemento e bentonite.
- Assemblare la tubazione di PVC partendo dall'elemento tubolare sfinestrato di fondo, che dovrà essere protetto per l'intera lunghezza da un geotessile non tessuto.
- Formare sul fondo del foro uno strato di sabbia di circa 20-30 cm in modo da raggiungere la quota di installazione dello strumento.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 77 di 87</p>

- Introdurre la tubazione nel foro.
- Introdurre lo strumento nella tubazione di PVC e calarlo fino alla posizione richiesta.
- Immettere sabbia fina e ghiaia ( $d_{max} = 50 \text{ mm}$ ) per un'altezza di circa 5 m dal fondo, controllando con lo scandaglio la profondità raggiunta.
- Riempire la rimanente parte del foro con il terreno proveniente dalla perforazione.
- Proteggere l'estremità superiore del foro con un pozzetto munito di copecchio sul quale si dovranno riportare in modo indelebile le sigle di identificazione e le profondità di installazione delle celle piezometriche.
- Collegare i cavi elettrici delle celle al pannello di raccolta cavi. Assicurandosi di non lasciare tratti di cavo scoperti in modo da evitare danneggiamenti accidentali e proteggere sempre la parte terminale da umidità.



#### 5.3.4. Piezometri Casagrande

I piezometri Casagrande sono usati per rilevare, misurare e monitorare le pressioni neutre in terreni poco permeabili, alla profondità in cui è installata la testa della tubazione.

Sono costituiti da un filtro di materiale poroso (ceramica, bronzo sinterizzato) avente una cavità interna collegata con un doppio tubicino piezometrico di PVC con diametro pari a 1,00÷2,00 cm.



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 78 di 87</b></p>

Essi sono calati in fori trivellati fino alla profondità alla quale si vuole eseguire la misura o poco oltre per consentire la formazione di un letto di sabbia. Al di sopra del filtro viene inserito un tappo di bentonite per isolare l'area di filtrazione della cella.

La misura dell'acqua nel tubo piezometrico si esegue con un freatimetro.

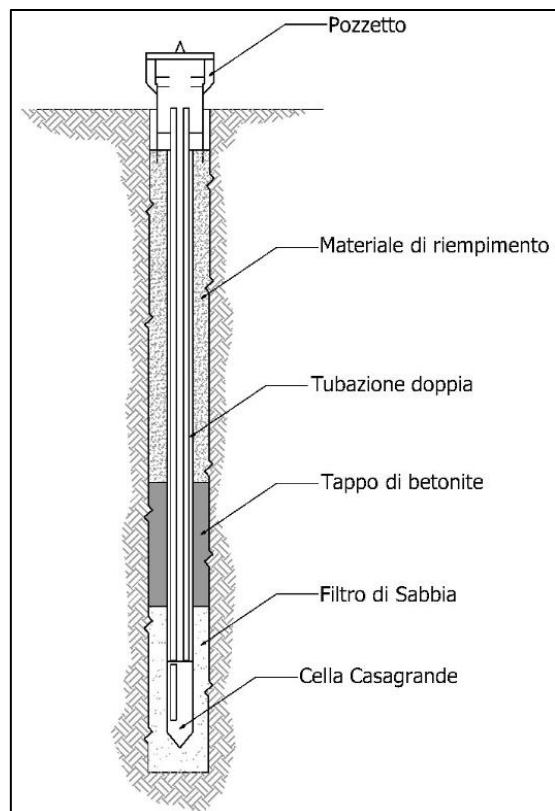
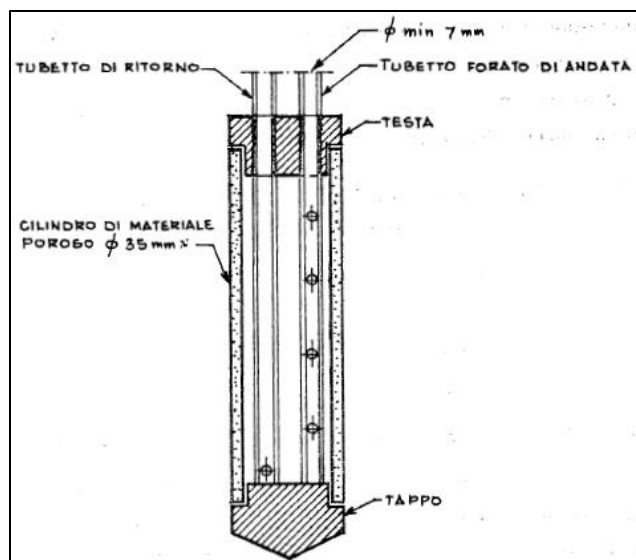
#### **Installazione all'interno di fori di sondaggio**

I piezometri tipo Casagrande saranno posizionati all'interno di fori di sondaggio eseguiti a distruzione di nucleo e spinti all'interno dei terreni di fondazione poco oltre la prevista profondità di posa. Il diametro interno utile dovrà essere pari almeno al doppio del diametro dei tubi di misura adottati.

In presenza di terreni a grana fina è opportuno che i fori siano rivestiti con un rivestimento metallico provvisorio soprattutto nel tratto dove è prevista l'installazione delle celle, al fine di garantire il sostentamento delle pareti, il contenimento del fondo e la minimizzazione dei disturbi arrecati ai terreni nei tratti di prova.

Al termine della perforazione, dopo aver verificato la profondità con uno scandaglio e pulito il foro con acqua, si versa sabbia per un'altezza di circa 50 – 60 cm, sollevando il rivestimento lentamente fino a poco al di sotto della sommità dello strato di sabbia.

Dopo avere controllato nuovamente la profondità del foro, si cala lo strumento fino a farlo poggiare sullo strato di sabbia, si collegano i tubicini di PVC fino alla superficie e si quota l'estremità superiore della tubazione rispetto al livello medio del mare. Il filtro poroso dovrà essere saturato preliminarmente seguendo le modalità



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 79 di 87</b>

descritte in precedenza.

Si versa altra sabbia nel foro in modo da riempire lo stesso fino a circa 60 cm al di sopra dello strumento, ritirando in parallelo il rivestimento provvisorio.

Si effettua una lettura al piezometro per accertare il suo corretto funzionamento.

Si sigilla il foro mediante uno strato di spessore di circa 20 cm realizzato con palline di bentonite o altro materiale idoneo. Tale strato dovrà essere adeguatamente compattato con un pestello.

Si effettua nuovamente una lettura al piezometro per accertare il suo corretto funzionamento e si riempie la rimanente parte del foro con il terreno proveniente dalla perforazione, quindi si protegge la parte superiore della colonna con un pozzetto provvisto di coperchio.

#### 5.3.5. Centralina di acquisizione portatile

Questa strumentazione è prevista per l'acquisizione in manuale degli strumenti a lettura automatica (celle piezometriche a corda vibrante, misuratori di livello e perdite, sensori di temperatura e di misura del vento, stazione idrometrografica) in caso di cattivo funzionamento nel sistema di acquisizione e trasmissione dati verso la casa di guardia.

L'unità di misura, acquisizione e memorizzazione deve essere portatile, con memoria interna, tastiera e display e deve essere in grado di leggere ed acquisire, in generale, i vari tipi di sensori presenti oggi sul mercato nazionale ed internazionale (a corda vibrante, analogici, potenziometri, impulsi, etc.).

La centralina dovrà consentire il settaggio del singolo canale con i parametri specifici di ogni sensore e la possibilità di preconfigurazione di cicli di misura, organizzati per canale o per gruppi di misura.

L'unità dovrà essere resistente agli agenti esterni ed essere alimentata da batterie interne.

#### Specifiche tecniche

- unità completa di unità di misura, controllo e memorizzazione;
- tastiera alfanumerica;
- configurabile fino a 479 canali;
- batteria interna ricaricabile,
- completa di carica batteria e cavi per esecuzione della misura;
- valigetta di protezione IP67;
- convertitore 24bit;
- alimentazione 12V;
- memoria circa 15.000 misure.

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p><b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b></p>	<p><b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	<p><b>Pag. 80 di 87</b></p>

### 5.3.6. Sistema di acquisizione dati

Per la registrazione delle misure della nuova strumentazione, ad eccezione di quelli a lettura manuale, sono stati previsti tre pannelli di raccolta ed acquisizione periferici, alimentati da pannelli solari. I dati acquisiti saranno trasferiti via modem alla stazione di acquisizione centrale ubicata presso la casa di guardia. In caso di malfunzionamento sarà possibile acquisire le misure utilizzando una centralina portatile da collegare agli acquisitori.

Le unità di acquisizione periferiche sono costituite da un Data Logger, da un gruppo Multiplexer e da accessori vari.

Le unità saranno contenute in cassette con protezione IP56 Standard di dimensioni adeguate, con pannelli con selettore opportunamente attrezzati per svolgere le funzioni di raccolta, derivazione, smistamento e misura dei vari sensori costituenti un determinato sistema di monitoraggio. I pannelli saranno dotati di opportuna morsettiera con boccole; per consentire l'applicazione di unità di lettura portatili per la misura locale in forma manuale.



I pannelli dovranno essere corredati da una serie di schede relè, una ogni otto canali, realizzando così un sistema di selezione per tutti gli strumenti collegati.

Il Data Logger dovrà essere gestibile e configurabile sia attraverso display e tastiera integrati, sia attraverso specifiche applicazioni di configurazione della suite software di monitoraggio che si utilizzerà. In particolare, dovrà essere possibile configurarlo per acquisizioni automatiche con frequenze impostabili oppure per eseguire misurazioni puntuali, sia con comandi locali da tastiera, che da remoto. I parametri dei sensori collegati alle unità periferiche potranno essere configurati e memorizzati direttamente nel Data Logger consentendo la restituzione della misura sia in formato elettrico, che in unità fisica.

Le misure e le configurazioni saranno trasmesse automaticamente attraverso modem alla stazione di acquisizione centrale ubicata presso la casa di guardia, ovvero attraverso il collegamento ad un PC o altro dispositivo portatile.

Per le unità di acquisizione poste sul coronamento è previsto un numero di canali esuberante rispetto al necessario in modo da lasciare la possibilità di future implementazioni.

Presso la casa di guardia si installerà un sistema di acquisizione centrale costituito da un PC dotato di modem radio in ricezione e di apposito software che consenta la interazione con le tre unità di

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 81 di 87</b>

acquisizione in campo (due sul coronamento e una presso la vasca di dissipazione) e che sia in grado, non solo di ricevere le misure, ma anche di gestirle e comandarle secondo modalità diverse a scelta dell'operatore.

Presso la casa di guardia si prevedono:

- PC M/B tipo ASUS Prime Z590-P LGA 1200 or simile, INTEL CORE Processor 15-10400 4.3GHz LGA 1200 o simile , KINGSTON RAM 8GB DDR4 DIMM 266MHz HX Fury Black o simile, PNY SSD CS3040 M.2 500GB PCIE GEN4x4 o simile, HDD WD 1 TERA DC HA210 DATACENTER o simile.
- Windows 10 professional 64bit FQC 08913 o ultima release.
- Mouse.
- Key board.
- Monitor SM- S32A600 32 HDMI,DP,USB.
- Stampante WF 7830DTWF o simile.
- Gruppo stabilizzatore.
- UPS APC SMART 1000VA LCD RM2U.
- Router 4G LTE TL MR6500V o simile.

Il software dovrà essere in grado di gestire tutte le unità di acquisizione ad esso collegate e di soddisfare i seguenti requisiti:

- ❖ Consentire la gestione del database di lavoro, la creazione dei clienti e dei gruppi di impianti, la configurazione dei sinottici e delle mappe personalizzate, la configurazione degli strumenti da acquisire, dei canali di misura, la gestione degli allarmi e il salvataggio dei dati.
- ❖ Consentire la visualizzazione numerica e grafica dei dati con l'esecuzione di funzioni matematiche, acquisizione dati tramite download automatici o misure in tempo reale, importazione di misure manuali singole o multiple, controllo acquisizione dati.
- ❖ Consentire la configurazione delle unità di acquisizione periferiche, o del Data Logger, permettendo all'utente di configurare o effettuare modifiche da remoto direttamente sulle unità ubicate sul coronamento e presso la vasca di dissipazione.

#### Caratteristiche di base

- Compatibile con tutte le versioni di Windows.



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F-C-PE-GEN-111-00</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 82 di 87</p>

- Installazioni su pc o su server o spazio cloud.
- Possibilità di configurazioni personalizzate.
- Gestione utenti con password.
- Gestione di multi-impianti.
- Possibilità di eseguire la misura in tempo reale.
- Download automatico dei dati per singolo sensore, per gruppi o per l'intero Data Logger.
- Possibilità di inserire mappe, sezioni e disegni personalizzati.

Per la strumentazione posta nel corpo diga si costituiranno due linee di acquisizione e trasmissione dati collegate alle unità di acquisizione periferiche, secondo lo schema illustrato nella figura che segue.

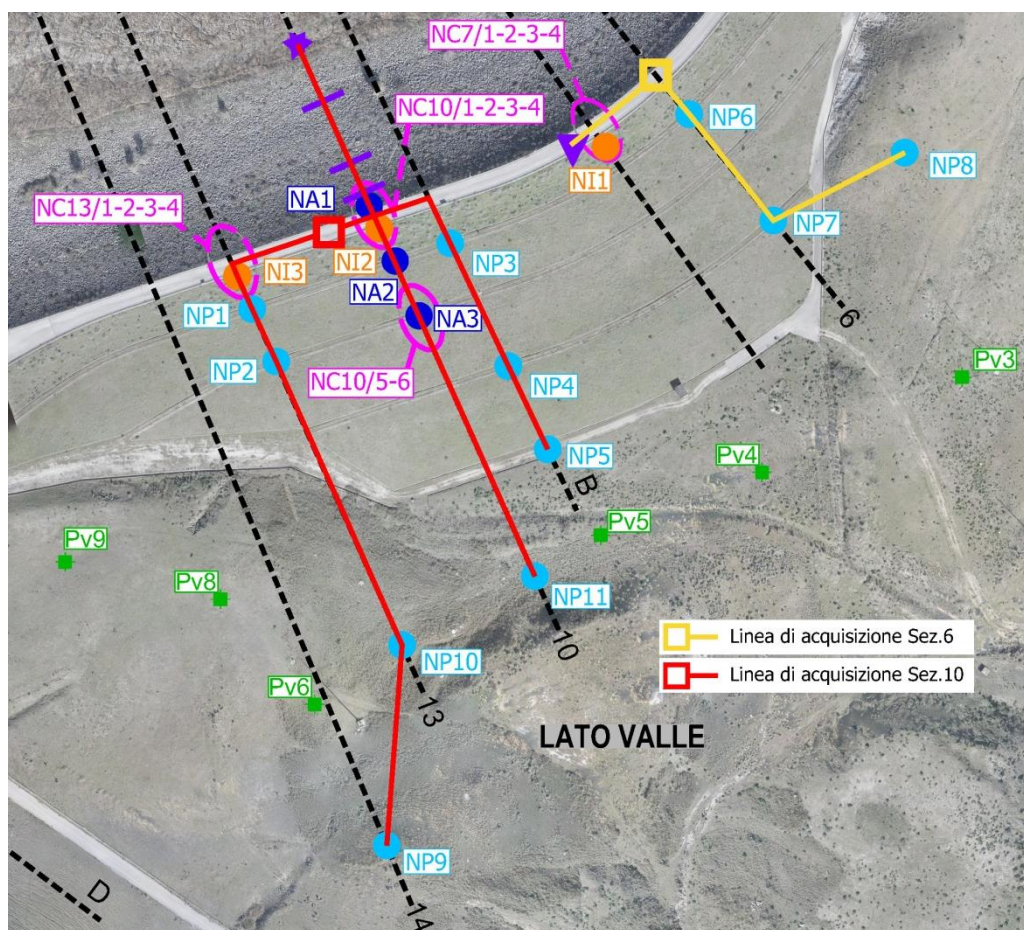


Figura 5-7: Linee di acquisizione e trasmissione dati della nuova strumentazione nel corpo diga

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 83 di 87

Le celle piezometriche NC e NP installate lungo le sezioni 10 e 13, le celle NP lungo il pendio a valle ed i sensori di livello e temperatura posti lungo il paramento di monte saranno collegati all'unità di raccolta ed acquisizione periferica ubicata nei pressi della Sezione 10, dotata di 24 canali (linea rossa). Le celle piezometriche NC e NP installate lungo le Sezioni 6 e 7 e lungo il pendio a valle della casa di guardia e i sensori della stazione meteo faranno capo all'unità di acquisizione a 16 canali posizionata in prossimità della Sezione 6 (linea gialla).

La scelta di utilizzare due unità di raccolta e acquisizione sul coronamento consente di ottimizzare il rapporto tra la lunghezza di cavi e cavidotti e il costo delle periferiche. Inoltre, semplifica le operazioni di installazione oltre, cosa non meno importante, a ridurre le tratte di cavo quali veicoli di sovratensioni e induzioni elettriche che possono danneggiare il sistema.

Le misure alla stazione idrometrografica sul muro in destra del canale di scarico saranno acquisite attraverso una unità periferica che trasmetterà i dati via modem al di sistema di acquisizione centrale.

Tutte le apparecchiature, sia le centraline portatili, che le unità automatiche fisse per il rilievo e l'acquisizione dei dati dovranno rispettare i requisiti di conformità CE e le norme di Compatibilità Elettromagnetica definite e richieste dai fornitori e dai gestori dell'energia elettrica. Dovranno pertanto essere previste idonee protezioni sui canali in ingresso del segnale e sull'alimentazione con una accurata scelta dei componenti, tenendo conto del fatto che le unità dovranno avere massima robustezza, affidabilità, resistenza, precisione, etc..

#### 5.3.7. Pannelli solari

Ciascun acquisitore posto sul coronamento e la strumentazione ad esso collegata (celle piezometriche a corda vibrante, misuratori di livello e perdite, sensori di temperatura e di misura del vento, etc.) saranno alimentati da un pannello solare. Un terzo pannello è previsto per l'alimentazione del sensore a servizio della stazione idrometrografica che sarà installata presso la vasca di dissipazione.

I pannelli solari saranno completi di regolatore di NP 16 carica e batteria e di staffe per applicazione su palo.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 84 di 87

#### 5.4. Soglie d'allarme

Lo scopo del monitoraggio è quello di verificare l'evoluzione del regime delle pressioni neutre e delle deformazioni del corpo diga e dei terreni di fondazione rispetto a soglie di attenzione e a soglie di allarme, superate le quali, si configurerebbe la necessità di interventi.

A tal fine si prevedono:

❖ Soglie di attenzione.

Il raggiungimento di tale soglia segnala la possibilità che la grandezza sotto osservazione raggiunga una aliquota consistente del valore più basso tra:

- quello imposto dal F.C.E.M. e/o dai regolamenti vigenti;
- quello derivante da calcoli geotecnici/strutturali;
- quello derivante dai dati di monitoraggio eseguiti in passato.

❖ Soglie di allarme.

Il raggiungimento di tale soglia segnala la possibilità che la grandezza sotto osservazione raggiunga il valore più basso tra quelli sopra indicati.

I valori delle soglie per ciascuna grandezza sotto posta a controllo saranno definiti nel corso delle successive fasi, sulla base di un'attenta analisi dei dati di progetto, dello studio geologico e geotecnico dell'area delle misure acquisite con la strumentazione esistente e ad oggi disponibili e del contesto di realizzazione.

E' opportuno precisare che le soglie potranno essere ritirate dopo un opportuno periodo di registrazione di misure con la nuova strumentazione che sarà installata.

#### 5.5. Ripristino della strumentazione fuori servizio

Si verificherà la possibilità di recuperare parte della strumentazione fuori servizio, in particolare le celle di pressione neutra installate nel nucleo, mediante l'intervento di personale specializzato che testerà ciascuno strumento per accertare l'opportunità di ripristino ed eventualmente interverrà per la riabilitazione. Qualora si dovesse avere un riscontro positivo si potrà valutare l'opportunità di non installare una parte delle celle a corda vibrante previste in progetto.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	REGIONE SICILIANA 
<b>II122F-C-PE-GEN-111-00</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	<b>Pag. 85 di 87</b>

Per quanto riguarda le celle tipo Casagrande installate in corso d'opera nel corpo diga, si prevede un intervento di spurgo e/o rigenerazione di piezometri anche con metodo "air lifting". L'intervento sarà eseguito utilizzando una pompa di idonea portata, in grado di mantenere una pressione di esercizio compresa tra 5 e 10 l/min.

Con la sondina assestimetrica prevista in progetto si verificherà l'eventuale operatività degli assestimetri attualmente presenti nel corpo diga e sui quali da tempo non si effettuano più misure. Qualora si dovesse avere un riscontro positivo si potrà valutare l'opportunità di non installare una parte o tutti gli assestimetri previsti in progetto.

## 5.6. Indagini geotecniche

Allo scopo di verificare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali del nucleo della diga e dei terreni di fondazione dove sarà installata la nuova strumentazione, si prevede l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati che saranno prelevati nel corso delle perforazioni per l'installazione dei tubi inclinometrici, in numero di due per sondaggio. Uno dei campioni sarà prelevato nei materiali del corpo diga, il secondo nei terreni di fondazione.

Su tutti i campioni si eseguiranno prove di laboratorio di identificazione (determinazioni del peso dell'unità di volume, del peso specifico dei grani e del contenuto naturale d'acqua, analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione, determinazione dei limiti di Atterberg).

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza e di deformabilità si prevede di eseguire:

- prove di taglio diretto consolidate drenate (CD);
- prove di rottura per compressione a dilatazione trasversale libera;
- prove di compressione edometrica ad incrementi di carico controllati.

I campioni sui quali eseguire le prove meccaniche potranno essere indicati solo dopo l'esame delle cassette catalogatrici dei sondaggi.



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          D I CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 86 di 87

## 6. STIMA DEI COSTI

La stima dei costi è stata effettuata facendo riferimento ai prezzi indicati nel “*Prezzario della Regione Siciliana anno 2022*” aggiornato ai sensi del c. 2 art. 26 D.L. n.50 del 17/05/2022 e a prezzi di mercato per quanto non previsto nel Prezzario Regionale.

In sede di Studio di Fattibilità era stato utilizzato il Prezzario del 2020.

Il costo complessivo degli interventi ammonta a € 221.164,37 oltre a oneri per la sicurezza (€ 8.121,55) e I.V.A. (22%), per un totale complessivo di € 279.728,82.

Nel dettaglio si distinguono le seguenti macro categorie.

<u>Sondaggi - Prelievo campioni - Pozzetti</u>	€ 102.667,96	Incidenza 46,42%.
<u>Installazione piezometri Casagrande</u>	€ 1.783,20	Incidenza 0,81%.
<u>Inclinometri - Sonda - Software</u>	€ 25.416,00	Incidenza 11,49%.
<u>Assestimetri - Sonda</u>	€ 8.292,10	Incidenza 3,75%.
<u>Celle piezometriche a corda vibrante - SERIE NC e SERIE NP</u>	€ 38.862,33	Incidenza 17,57%.
<u>Misuratori livello invaso e portata vasca dissipazione</u>	€ 8.336,20	Incidenza 3,77%
<u>Misura temperatura acqua invaso – Stazione meteo</u>	€ 2.509,80	Incidenza 1,13%
<u>Unita' di acquisizione sul coronamento</u>	€ 11.300,00	Incidenza 5,11%
<u>Unita' di acquisizione centrale – PC – Software</u>	€ 8.900,00	Incidenza 4,02%
<u>Centralina portatile</u>	€ 2.800,00	Incidenza 1,27%
<u>Ripristino strumentazione esistente</u>	€ 4.740,86	Incidenza 2,14%
<u>Prove geotecniche di laboratorio</u>	€ 5.555,92	Incidenza 2,51%

Rispetto alle previsioni dello Studio di Fattibilità, dove è indicato un importo dei lavori di € 144.877,73, i maggiori costi sono da imputare principalmente:

- all'adozione del “*Prezzario della Regione Siciliana anno 2022*” aggiornato ai sensi del c. 2 art. 26 D.L. n.50 del 17/05/2022, mentre nella precedente fase progettuale era stato adottato il prezzario dell'anno 2020. Questo ha comportato un aumento medio dei costi unitari del 20%;

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>C - PROGETTO DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E          DI CONTROLLO DELLO SBARRAMENTO E DELLE SPONDE</b>	 REGIONE SICILIANA
II122F-C-PE-GEN-111-00	PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 87 di 87

- all'integrazione / sostituzione di strumentazione non prevista nel Progetto originario posto a base gara, in particolare:
  - ✓ ripristino delle sezioni di controllo delle pressioni neutre nel nucleo e nei terreni di fondazione del fianco di valle del corpo diga con celle piezometriche a corda vibrante;
  - ✓ integrazione del sistema di monitoraggio presente lungo il versante al di sopra del piazzale del pozzo paratoie, oggetto da tempo di rilievi inclinometrici e piezometrici;
  - ✓ ripristino del sensore per la misura del livello idrico dell'invaso;
  - ✓ installazione di una stazione meteo sul coronamento, di sensori di misura della temperatura dell'acqua dell'invaso e di una stazione idrometrografica nella vasca di dissipazione;
- all'opportunità di automatizzare le misure ad alcuni piezometri posizionati in luoghi di difficile accesso.