



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

A

RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Dott. Ing. Antonino Margagliotta

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE TRA:

Mandataria

Mandanti



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



DIREZIONE DI PROGETTO PER L'ATI :

TECHNITAL S.p.A.

Dott. Ing. Simone Venturini

TITOLO ELABORATO:

RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA
DELLE OPERE ACCESSORIE

DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO

RELAZIONE TECNICA

ELABORATO N° :

II122F-A-SIS-RT-201-00

		ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO		
SIGLA		A. Marani	A. Rizzo	S. Venturini		
REVISIONE	N.	DESCRIZIONE		RED.	VER.	APP.
	1	00	Emissione Luglio 2021	A.M.	A.R.	S.V.
	2					
	3					

NOME FILE :

II120F-RI-SIS-RT-201-00.docx



DATA :

Luglio 2021

SCALA :

-

A TERMINE DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO CON DIVIETO DI RIPRODURLO RENDENDOLO NOTO A TERZI ANCHE PARZIALMENTE SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 1 di 133</p>

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



“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”

DIGA GIBBESI

RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE



DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO

RELAZIONE TECNICA



	<p align="center"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p align="center">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 2 di 133</p>

INDICE



1.	OGGETTO E SCOPO	5
2.	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA	6
2.1.	Caratteristiche principali	6
2.2.	Condizioni gestionali attuali	8
2.3.	Opere accessorie	9
2.4.	Documentazione storica di riferimento	12
3.	INDAGINI CONOSCITIVE	13
3.1.	Processo conoscitivo	13
3.2.	Rilievo	13
3.3.	Indagini conoscitive svolte sui materiali	14
3.4.	Indagini conoscitive svolte sui terreni	15
4.	RIFERIMENTI NORMATIVI	16
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	17
5.1.	Parametri geotecnici	17
5.2.	Calice dx, calice sx, torrino aeroforo dx e torrino aeroforo sx	17
5.2.1.	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	18
5.3.	Casa di guardia	19
5.3.1.	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	20
5.4.	Torre e pozzo di manovra paratoie	21
5.4.1.	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	22
5.5.	Vasca di dissipazione	22
5.5.1.	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	23
6.	INDAGINI SUI MATERIALI E PROVE DI LABORATORIO	24
6.1.	Campagna d'indagini condotte da CON.GEO sulle strutture già realizzate	25
6.1.1.	Prove di compressione sui provini di calcestruzzo	26
6.1.2.	Prove di trazione barre d'armatura	29
6.1.3.	Indagini sclerometriche	30
6.2.	Campagna d'indagini condotte da DISMAT sulla vasca di dissipazione	31
6.2.1.	Prove di compressione sui provini di calcestruzzo	31
6.2.2.	Prove di trazione barre d'armatura	33
6.3.	Campagna d'indagini condotte da SIDERCEM sulla vasca di dissipazione	34
6.4.	Nuova campagna d'indagini	40
6.4.1.	Misure sclerometriche della resistenza del calcestruzzo	40
6.4.2.	Casa di guardia	42
6.4.3.	Calice dx	45

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 3 di 133</p>

6.4.4.	Torrino aeroforo dx	48
6.4.5.	Calice sx	49
6.4.6.	Torrino aeroforo dx	52
6.4.7.	Torre di manovra	54
6.4.8.	Imbocco scarico di fondo	57
6.4.9.	Torre accesso drenaggi	60
6.4.10.	Cunicolo ispezione drenaggi Sx e Dx	61
6.4.11.	Canale di restituzione in alveo	64
6.4.12.	Muri strade interne impianto	67
6.4.13.	Indagini magnetometriche con pacometro	73
6.4.14.	Prove di resistenza a compressione e controllo della profondità di carbonatazione	75
6.4.15.	Prova di resistenza a trazione delle barre d'armatura	82
7.	LIVELLI DI CONOSCENZA	90
7.1.	Analisi storico-critica	90
7.2.	Rilievo e indagini	91
7.3.	I tre livelli d'indagine	92
7.4.	Caratterizzazione meccanica dei materiali	92
7.5.	Analisi preliminare e progetto delle indagini e delle prove	93
7.6.	Costruzioni esistenti in calcestruzzo armato: livelli di conoscenza e fattori di confidenza	93
7.7.	Livelli di conoscenza: le informazioni necessarie e i metodi di analisi	97
7.8.	Livelli di conoscenza: quante indagini e prove eseguire	98
7.9.	Livello di conoscenza adottati per le opere in calcestruzzo armato	98
8.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	102
8.1.	Caratteristiche dei materiali assunti nel progetto esecutivo originale	103
8.2.	Caratteristiche dei materiali per la valutazione di vulnerabilità sismica	103
8.3.	Modulo elastico del calcestruzzo assunto per la valutazione di vulnerabilità sismica	105
9.	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	107
9.1.	Caratterizzazione geotecnica del sito	107
9.2.	Parametri per la definizione dell'azione sismica	107
9.3.	Stati limite e relative probabilità di superamento	108
9.3.1.	Parametri di pericolosità sismica	110
9.4.	Azioni sismiche agenti sulle strutture	113
9.4.1.	Azioni sismiche dovute all'inerzia della struttura	113
9.4.2.	Azioni sismiche dovute all'inerzia dell'acqua	114
10.	ANALISI DEI CARICHI	116
10.1.	Spinta delle terre	116

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 4 di 133</p>

10.1.1. Spinte attive in condizioni statiche	117
10.1.2. Spinte a riposo in condizioni statiche	119
10.1.3. Spinte attive in condizioni sismiche	119
10.1.4. Punto di applicazione delle spinte attive sismiche	122
10.2. Vento	125
10.3. Neve	130
10.4. Azioni variabili dovute ai carichi mobili	133
10.5. Azioni dovute alle variazioni termiche	133

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 5 di 133</p>

1. OGGETTO E SCOPO

Oggetto del presente progetto è la diga di Gibbesi, che ricade nei territori comunali di Naro (AG), Canicattì (AG), Delia (CL) e Sommatino (CL). Nello specifico si prevede:

- *lo studio geotecnico, indagini geognostiche sulle strutture in c.a. e relative prove di laboratorio;*
- *le verifiche sismiche del corpo diga e delle opere accessorie;*
- *lo studio della rivalutazione idrologico-idraulica.*



Il presente progetto prevede quindi l'esecuzione dei servizi tecnici/attività e di tutte le verifiche propedeutiche al fine della produzione dello studio per la rivalutazione della sicurezza sismica dello sbarramento, delle sponde di invaso e delle opere accessorie della diga.

L'aspetto sismico è molto rilevante, sia per le strutture delle opere accessorie, che per la diga. Se l'opera di presa e lo scarico di fondo subissero danni durante un sisma dovrebbero essere sostituiti da impianti provvisori che siano in grado di soddisfare la portata richiesta per l'irrigazione, (in termini di rischio, quello dello sfioratore è il massimo, cui fa seguito quello della torre di presa e, a seguire, quello della diga).

Nel presente documento, alla luce delle normative vigenti, si riportano i dati generali e i criteri adottati nel progetto della rivalutazione sismica delle opere accessorie della diga di Gibbesi e dello studio legato alla valutazione tecnico-economica degli interventi per la loro messa in sicurezza sismica (studio di fattibilità tecnico-economica).

L'adeguamento sismico proposto a livello di fattibilità tecnico-economica, se necessario, ha lo scopo di definire quegli interventi atti ad aumentare la sicurezza sismica strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza richiesti dalla normativa vigente per le costruzioni nuove. Le soluzioni di adeguamento sismico proposte verranno analizzate cercando, compatibilmente con le lavorazioni da eseguire, di ridurre al minimo lo svuotamento dell'invaso, imponendo, come limite, la quota minima di regolazione, pari a 168.00 m s.l.m. (non si ricorre allo svuotamento completo dell'invaso).

Parallelamente all'aspetto sismico, dove valutato necessario al fine di avere un quadro generale sul comportamento delle strutture, saranno condotte anche le verifiche di sicurezza statica delle opere accessorie.

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 6 di 133</p>

2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA

2.1. Caratteristiche principali

Il bacino imbrifero della diga Gibbesi, alla sezione di sbarramento, è di circa 116 km².
Si veda Figura 2-1 e Figura 2-2.



Figura 2-1: Diga di Gibbesi – Ortofoto

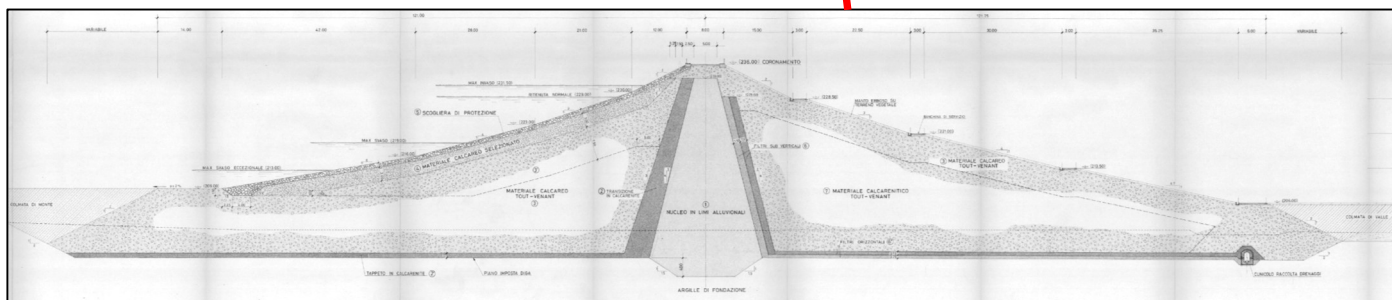






Figura 2-2: Diga di Gibbesi – Vista in sezione del corpo diga

	<p align="center"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p align="center">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 7 di 133</p>

La diga è del tipo in materiali sciolti con nucleo di tenuta centrale e struttura zonata. Planimetricamente essa presenta un andamento mistilineo con sviluppo complessivo al coronamento di 607 m circa. La sommità del rilevato, larga circa 8.00 m, è posta alla quota 236.00 m s.m., con altezza totale dello sbarramento di 46.00 m. I paramenti di monte e di valle, entrambi ricalzati da colmate al piede, sono caratterizzati da pendenze variabili tra 6/1 e 2/1. La struttura interna del rilevato è costituita da un nucleo centrale in limi argillosi, con larghezza minima, in sommità, di 4.50 m ed i paramenti inclinati di 1/4, immorsato mediante un taglione nelle argille di base. A ridosso del nucleo sono disposti, verso monte, una transizione in calcarenite e, verso valle, un filtro a tre strati, con granulometria crescente. Sia la transizione che i filtri ricoprono anche la superficie d'imposta. Entrambi i rinfianchi sono realizzati in materiale calcareo, tout-venant nella parte interna e selezionato verso i paramenti. In particolare, sul lato di monte si è effettuata la posa di materiale calcareo a permeabilità crescente verso il paramento, protetto da uno strato di scogliera con spessore di 1.00 m. Il paramento di valle è invece rivestito con manto erboso.

Di seguito si riportano i dati principali dello sbarramento e dell'invaso, desunti dal progetto approvato.

Generalità	
Corso d'acqua principale	Torrente Gibbesi
Bacino principale	Fiume Salso
Corsi d'acqua allacciati	nessuno
Località	Contrada Canalotto
Comuni	Sommatino e Naro
Province	Caltanissetta e Agrigento
Classifica dell'opera di sbarramento	Diga in terra con nucleo verticale
Periodo di costruzione	1975 – 1992
Utilizzazione	Prevalentemente irriguo, in atto non utilizzata
Latitudine	13.984139°
Longitudine	37.315170°

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 8 di 133</p>



Dati principali della diga – rif. Scheda Tecnica di sintesi della Diga e degli impianti		
Altezza della diga (D.M. del 24/3/1982)	46.00	m
Altezza della diga (L. 584/1994)	30.00	m
Altezza di massima ritenuta	31.50	m
Quota di coronamento	236.00	m s.m.
Franco (D.M. n. 44 del 24/3/1982)	4.50	m
Franco netto (D.M. n. 44 del 24/3/1982)	4.01	m
Sviluppo del coronamento	607.00	m
Volume della diga	1,720,000	m ³
Grado di sismicità (S) assunto nel progetto esecutivo dell'epoca	9	
Classifica ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/1982	B-b	

Dati principali dell'invaso - rif. Scheda Tecnica di sintesi della Diga e degli impianti		
Quota di massimo invaso	231.50	m s.m.
Quota massima di regolazione	229.00	m s.m.
Quota minima di regolazione	219.00	m s.m.
Superficie specchio liquido quota di massimo invaso	1.29	km ²
Superficie specchio liquido quota di max regolazione	1.13	km ²
Superficie specchio liquido quota di minima regolazione	0.35	km ²
Volume totale di invaso (D.M. 24/3/1982)	14.0 × 10 ⁶	m ³
Volume di invaso (L. 584/1994)	11.40 × 10 ⁶	m ³
Volume utile di regolazione	7.90 × 10 ⁶	m ³
Volume di laminazione	2.6 × 10 ⁶	m ³
Superficie bacino imbrifero sotteso	116.00	km ²
Portata di massima piena di progetto	1400	m ³ /s
Tempo di ritorno	1000	anni

2.2. Condizioni gestionali attuali

Allo stato attuale l'opera è in esercizio sperimentale, (con nota R.I.D. prot. 6727 del 11/08/2006 è stato autorizzato l'invaso fino a quota massima di 217.00 m s.m.), ed è in corso il collaudo ai sensi dell'art. 14 del DPR 1363/59.

A causa di molteplici fattori, tra i quali, il crollo di porzioni significative dei muri andatori in destra e in sinistra idraulica della vasca di dissipazione, con nota prot. 1907 del 15/11/2013, l'UTD di Palermo, Ministero Infrastrutture – Direzione Generale per le Di-

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 9 di 133</p>

ghe ha fissato in m 212.50 s.m. la massima quota esercibile dell'invaso, destinando la quota m 217.00 s.m. al sopraggiungere di eccezionali eventi di piena.

Relativamente al bilancio idraulico, si evidenzia la derivazione è stata attivata negli ultimi anni solo per fini irrigui durante la stagione estiva, per circa 800,000 m³ d'acqua/anno; la condotta di derivazione, realizzata in acciaio DN 900 – originariamente destinata a servire l'area industriale di Licata e il suo comprensorio irriguo – non è mai stata ultimata; la parte realizzata è lunga circa 6 km, di cui i primi 1.5 km, immediatamente a valle dello sbarramento di ritenuta, si sviluppano seguendo la vasca di dissipazione e il canale di inalveazione; il punto di consegna al CB di Caltanissetta è in corrispondenza dell'innesto della strada di accesso all'impianto con la S.S. 557.



2.3. Opere accessorie

Secondo quanto definito dal DM 26/06/2014 “Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)” le opere complementari e accessorie sono *“opere direttamente connesse alla sicurezza e alla funzionalità degli impianti di ritenuta, ivi compresi [...] la casa di guardia, la viabilità di servizio, le opere di adduzione di derivazione dal serbatoio” e quindi gli organi di scarico, ovvero l’“insieme delle opere civili e impiantistiche necessarie per lo scarico, libero o volontario, dell’acqua invasata”*.

La diga Gibbesi è un'opera di ritenuta in materiali sciolti, per questo motivo gli scarichi superficiali, lo scarico di fondo e le gallerie di scarico e derivazione sono state opportunamente predisposti in maniera da non attraversare il corpo diga. La casa di guardia è su una collina soprastante la diga che ne garantisce la veduta dall'alto.

Le opere di scarico sono realizzate in sponda sinistra dell'invaso, ove le condizioni geotecniche delle argille di base sono migliori.

Lo scarico di superficie è costituito da due sfioratori a calice affiancati, del diametro di 29.00 m ciascuno, ubicati in corrispondenza di un'incisione a monte della diga. I calici sono seguiti da due gallerie circolari di 8.00 m di diametro ciascuna; quella di sinistra è lunga 621.00 m, mentre quella di destra è lunga 597.00 m.

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 10 di 133</p>

Lo scarico di fondo imbocca a quota 213.00 m s.m. e si sviluppa quindi con una galleria circolare di 6.00 m di diametro e della lunghezza di 470 m circa, al termine della quale si innesta lo sfioratore a calice di destra.



Il dimensionamento degli scarichi di superficie consente di evacuare la portata millenaria di 1380 m³/s senza ingolfamento, sfruttando anche la capacità di laminazione del serbatoio.

Le gallerie sono state realizzate quasi esclusivamente a foro cieco, con scavo a sezione piena, eccettuati alcuni brevissimi tratti all'imbocco ed allo sbocco, in cui si è proceduto in artificiale. La derivazione si effettua a mezzo di una condotta di presa di diametro DN 900 posta all'interno della galleria dello scarico di fondo, a partire dalla camera delle paratoie. La tubazione è sostenuta al di sotto dell'intradosso della calotta da putrelle metalliche ammorsate nella struttura portante della galleria.

Le opere di scarico comprendono anche una vasca di dissipazione lunga 60.00 m e larga 42.00 m, in cui vengono riversate le acque provenienti dalle gallerie di destra e di sinistra, ed il canale di restituzione. Particolare cura progettuale è stata posta nella realizzazione di quest'ultimo, infatti l'ampia ansa trasversale che il torrente Gibbesi presenta ortogonalmente alla vasca impone di accompagnare la corrente per una certa lunghezza prima di restituirla all'alveo naturale. Il canale, rivestito in lastre di c.a., ha forma trapezia, con un primo tratto di raccordo con la vasca di dissipazione, e si estende per 351 m circa.

La casa di guardia è un edificio interamente realizzato con struttura portante intelaiata e setti in c.a. e si trova in posizione centrale nel piazzale che domina lo sbarramento, in sinistra idraulica rispetto a quest'ultimo. A base rettangolare di dimensioni massime m 14.05 x m 14.95 organizzato su n. 2 livelli (piano terra e piano primo), ha un'organizzazione spaziale e funzionale simmetrica: il piano terra destinato a magazzino, ricovero attrezzi ed officina, il primo piano alle attività lavorative e alle funzionalità logistiche dei guardiani.

La strada di collegamento tra il piazzale casa di guardia e il piazzale della torre di presa si sviluppa per una lunghezza di circa m 2150, con andamento iniziale particolarmente

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 11 di 133</p>

tortuoso, e la seconda parte, con pendenze negative, più facilmente percorribile, accompagnata da opere d'arte di modesta entità, è larga quasi sempre m 4.00 ed è costituita da fondazione in tout-venant poggianti, nelle sezioni in trincea, su uno strato di bonifica di sabbia anticapillare spesso cm 15 e sovrastanti strati di conglomerato bituminoso; oltre ai piazzali iniziale e finale, sono presenti n°3 piazzali di sosta.

Le opere accessorie dell'impianto sommariamente e schematicamente riportate in Figura 2-3 devono essere considerate nella rivalutazione sismica delle dighe allorché la rottura o il mancato funzionamento può portare alla perdita di controllo dell'invaso.

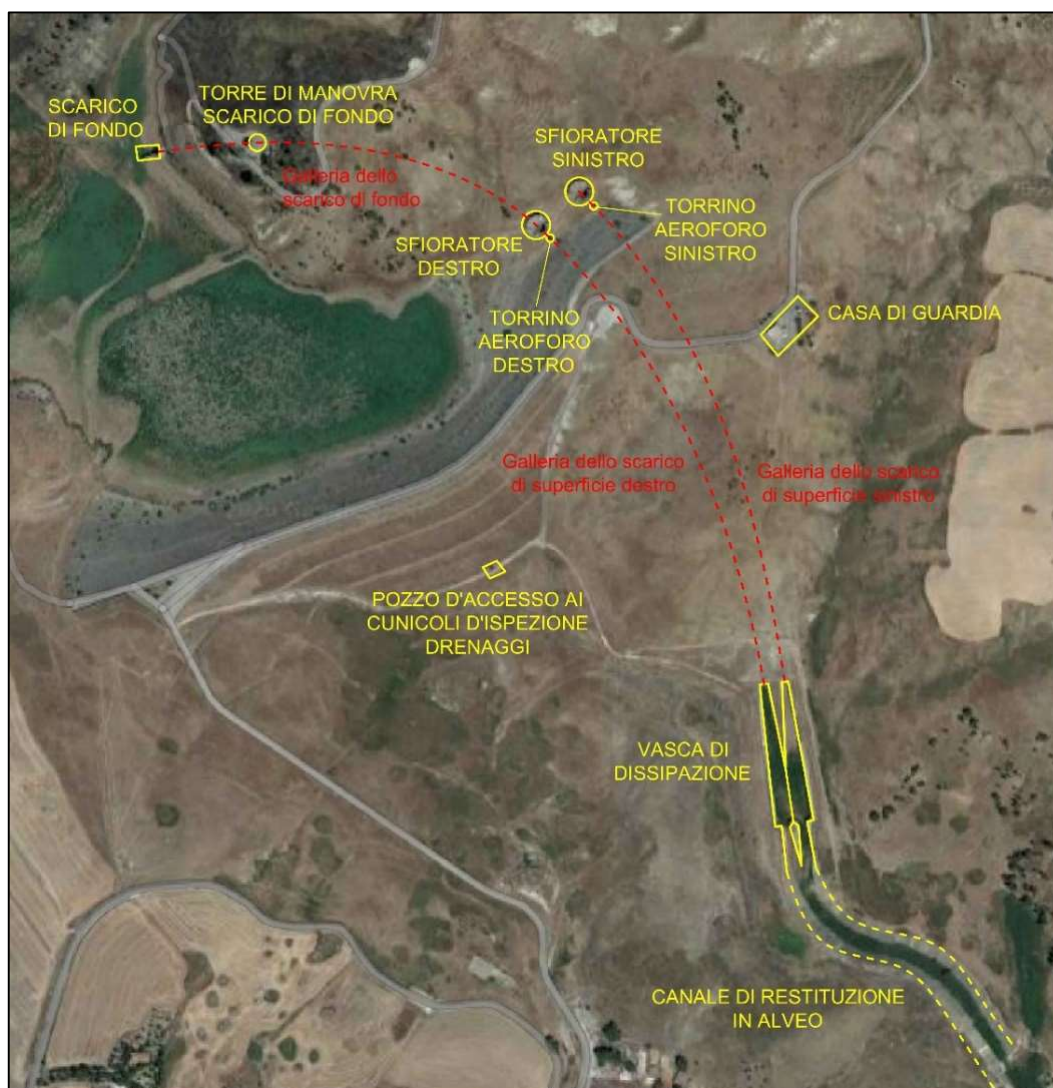




Figura 2-3: Diga di Gibbesi – Vista aerea dello sbarramento con indicazione schematica di alcune delle opere accessorie oggetto di studio



	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 12 di 133</p>

2.4. Documentazione storica di riferimento

Riportiamo, di seguito, l'elenco dei progetti la cui documentazione è stata reperita.

Progetti:

- Progetto di massima (1969);
- Progetto generale (1972);
- Progetto opere di scarico (giugno 1978);
- Progetto opera di presa (1978);
- Progetto torre di controllo (1978, 1979, 1980);
- Progetto degli sfioratori a calice destro e sinistro (1981);
- Progetto esecutivo opera di presa (1981);
- Progetto della vasca di dissipazione (1981-1982);
- Disegni di cantiere (1981-1982);
- Progetto esecutivo di adeguamento (1982-1983);
- Opere di scarico. Canale di restituzione. Variante n. 1 secondo i risultati del modello eseguito dall'Istituto di Idraulica dell'Università di Padova (maggio 1982 - giugno 1983);
- Progetto casa di guardia (dicembre 1985);
- Estratti dal progetto costruttivo (1985-1988).

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 13 di 133</p>

3. INDAGINI CONOSCITIVE

Per poter stimare la capacità sismica delle opere accessorie della diga di Gibbesi è stato necessario stabilire, alla luce delle normative vigenti, il grado di approfondimento del livello di conoscenza delle strutture che le costituiscono e integrare i dati raccolti attraverso una campagna d'indagine per la determinazione delle caratteristiche geometriche, dei dettagli costruttivi e della resistenza dei materiali.

Stabilire il grado di approfondimento dei livelli di conoscenza serve a definire il fattore di confidenza, cioè un parametro con il quale si decurtano le resistenze medie ottenute dalle indagini, (o eventualmente si aumentano le sollecitazioni). Il fattore di confidenza serve a raggiungere lo stesso livello di sicurezza a partire da diversi livelli di conoscenza.



3.1. Processo conoscitivo

Il processo conoscitivo legato alle opere accessorie, svoltosi preliminarmente in Fase 1, è stato condotto attraverso le seguenti fasi:

- analisi storico-critica d'archivio, al fine di determinare l'epoca di costruzione, individuare il processo di realizzazione e le eventuali modifiche subite nel corso del tempo;
- analisi della geometria strutturale e rilievo, al fine di determinare la geometria esterna delle strutture e dei dettagli costruttivi per individuare l'organismo resistente della costruzione (in particolare materiale e tipologia strutturale);
- caratterizzazione meccanica dei materiali impiegati per la realizzazione delle opere (indagini diagnostiche strutturali).

3.2. Rilievo

Al fine di rispondere alle esigenze del progetto si è proceduto al rilievo del manufatto diga nel suo complesso e delle sponde mediante l'esecuzione di un rilievo aerofotogrammetrico. Rif. Documento II122F-E-TOP-RT-031-00 "*Accertamento dell'effettiva consistenza dei manufatti (topografia) – Rilievi - Relazione sul rilievo effettuato*", contenuto nel presente progetto.

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 14 di 133</p>

3.3. Indagini conoscitive svolte sui materiali

Sono state svolte, preliminarmente, delle indagini conoscitive sullo stato di conservazione dei materiali e dei dettagli costruttivi (indagine difettivologica).



La definizione di un dettagliato piano d'indagini che comprenda, oltre alla ricerca e l'analisi dei documenti disponibili del progetto originale, un rilievo geometrico, un rilievo difettologico e delle prove sui materiali, costituisce l'attività preliminare di qualsiasi intervento su di un manufatto esistente. Le modalità di analisi e verifica degli eventuali interventi da effettuarsi sulle strutture esistenti sono, infatti, dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità delle informazioni disponibili, quindi dal livello di conoscenza relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali.

Quindi, oltre alla raccolta dei dati storici, (documenti originali del progetto esecutivo/costruttivo delle opere), si è proceduto ad una campagna d'indagine conoscitiva delle caratteristiche di resistenza dei materiali e dello stato di conservazione delle opere. Nel documento II122F IN-STR- RT-001-01 *“Piano delle indagini diagnostiche”* è stato definito il piano d'indagine specifico per i materiali costituenti le opere complementari e accessorie della diga Gibbesi.

Nei documenti II122F-F-STR-RT-021-01 *“Prove sui materiali - Relazione sulle attività di laboratorio materiali”*, II122F-F-STR-RT-021-02 *“Indagini geognostiche e sui materiali - Relazione sulle attività di laboratorio materiali - Prelievo di barre di armatura e prova di trazione”* e II122F-E-STR-RT-050-00 *“Accertamento dell'effettiva consistenza dei manufatti - Ispezione tecnica delle opere - Prove Pacometriche e Son Reb”*, contenuti nel presente progetto, si riportano i certificati e i rapporti di prova delle indagini strutturali eseguite sulle opere accessorie della diga Gibbesi, al fine di caratterizzarne il comportamento meccanico dei materiali, principalmente e, in conformità al piano d'indagine, del calcestruzzo e delle barre di armatura.

Le indagini sono suddivise in due parti, la prima di osservazione e prelievo in sito di elementi di calcestruzzo e acciaio, la seconda, in laboratorio, consistente nelle prove finalizzate alla caratterizzazione meccanica dei materiali.

Il numero di prelievi per la caratterizzazione meccanica dei materiali, riportato nel documento sopra indicato, è stato tarato in base ai dati storici recuperati, in prima fase,



	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 15 di 133</p>

presso la casa di guardia e all'analisi preliminare di massima, condotta al fine di stimare la vulnerabilità sismica delle opere accessorie. Tali analisi hanno permesso, quindi, di ottimizzare e finalizzare i rilievi geometrici, le indagini difettologiche e la campagna d'indagini sui materiali condotti per le opere accessorie

3.4. Indagini conoscitive svolte sui terreni

Sono state svolte indagini geotecniche al fine di determinare la stratigrafia e la caratterizzazione geotecnica dei terreni e dei materiali costituenti il corpo diga e dei terreni di fondazione delle opere accessorie. Tale caratterizzazione è stata definita in virtù delle indagini pregresse e della campagna d'indagine integrativa eseguita.



Si veda cap. 5 della presente relazione.

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 16 di 133</p>

4. RIFERIMENTI NORMATIVI

I riferimenti normativi seguiti sono i seguenti:

- D.M. 17/01/2018 - *Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*. (NTC18). Ministero delle infrastrutture e dei trasporti. Roma, 17/01/2018;
- Circolare 21/01/2019 - *Circolare applicativa delle nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con D.M. 17 gennaio 2018*. Ministero delle infrastrutture e dei trasporti. Roma, 21/01/2019;
- D.M. 26/06/2014 - *Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)*. (NTD14). Ministero delle infrastrutture e dei trasporti. Roma, 26/06/2014;
- *Verifiche sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere complementari e accessorie - Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26.06.2014 (NTD14) e al D.M. 17.01.2018 (NTC18)*. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Dipartimento per le infrastrutture, i sistemi informativi e statistici, Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche. Roma, 3 luglio 2019;
- *Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera*. C.S.LL.PP.-Servizio Tecnico Centrale. Settembre 2017;
- *Potenzialità, limiti e possibili sviluppi delle tecniche di identificazione strutturale per la diagnostica delle dighe*. ITCOLD - Comitato Nazionale Italiano delle Grandi Dighe. Maggio 2012.
- EN 1998-2:2005 Annex F - *Added mass of entrained water for immersed piers*.

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 17 di 133</p>

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

5.1. Parametri geotecnici

La stratigrafia e la caratterizzazione geotecnica dei terreni e dei materiali costituenti il corpo diga e i terreni di fondazione delle opere accessorie è stata definita in virtù delle indagini pregresse e della campagna d'indagine integrativa eseguita preliminarmente nella Fase 1 del presente studio, comprendente indagini geognostiche, sulle strutture in c.a. e relative prove di laboratorio.



Per i dettagli e per i parametri dei terreni di progetto, quindi, si rimanda alla relazione geotecnica ed alla documentazione a supporto della stessa, ivi richiamata (rif. II122F-A-GET-RT-110-00 “*Relazione Geotecnica*”, II122F-A-GET-DS-111-00 “*Planimetria ubicazione indagini e sezioni stratigrafiche*” e II122F-A-GET-DS-112-00 “*Sezioni stratigrafiche*”).

5.2. Calice dx, calice sx, torrino aeroforo dx e torrino aeroforo sx

Sulla base della ricostruzione dei rapporti tra le opere ed i terreni di fondazione, basata sulla stratigrafia del sondaggio N24DH, si osserva che i calici di sfioro sono stati realizzati all'interno delle argille AT del Tortoniano, alterate nella parte superiore (ATa). Sulle superfici sono presenti i materiali di riporto R utilizzati per il ripristino del piano di campagna alla quota di progetto.

I torrini aerofori sono invece stati realizzati all'interno delle argille ATa del Tortoniano alterate; sulle superfici sono presenti i materiali di riporto R utilizzati per il ripristino del piano di campagna alla quota di progetto

Si veda Figura 5.1.

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 18 di 133</p>

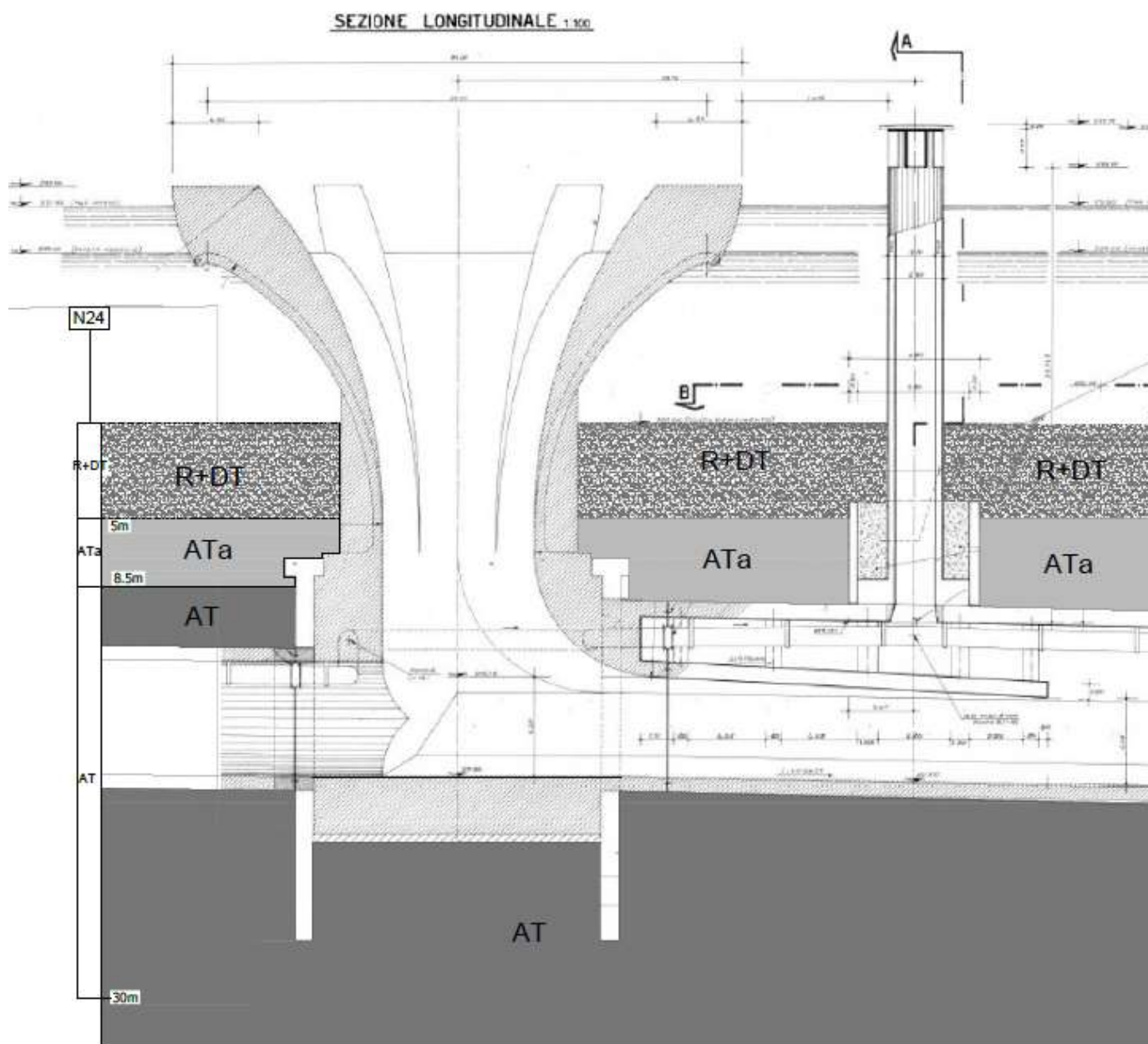




Figura 5.1: Diga di Gibbesi – Calici e torrini aerofori – Rapporti opere–terreni

5.2.1. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Sulla base dei risultati delle prove di laboratorio eseguite sui terreni della formazione delle argille tortoniane AT, si possono assumere i seguenti intervalli di variazione dei principali parametri fisico-meccanici:

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 19 di 133</p>

Argilla AT

- peso dell'unità di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- coesione effettiva $c' = 15 - 25 \text{ kPa}$;
- angolo d'attrito effettivo $\varphi' = 22^\circ - 26^\circ$;
- modulo di Young $E = 10-30 \text{ MPa}$.

Per la caratterizzazione geotecnica della parte alterata ATa della formazione si può fare riferimento ai dati relativi alla formazione in posto, in considerazione degli spessori misurati con i sondaggi.

Il riporto R può essere caratterizzato con i seguenti valori dei parametri fisico-meccanici desumibili dalla granulometria osservata sui materiali carotati:



Materiali R

- peso dell'unità di volume $\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$;
- coesione effettiva $c' = 0$;
- angolo d'attrito effettivo $\varphi' = 35^\circ$.

5.3. Casa di guardia

Sulla base della ricostruzione dei rapporti tra le opere ed i terreni di fondazione, basata sulla stratigrafia del sondaggio a rotazione e carotaggio continuo N25DH e sullo stendimento sismico a rifrazione SIS-2, entrambi ubicati nel piazzale della casa di guardia, è risultato che i terreni di fondazione della casa di guardia sono costituiti di argille di base del Tortoniano indicate con la sigla AT.

Si veda Figura 5.2.

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 20 di 133</p>

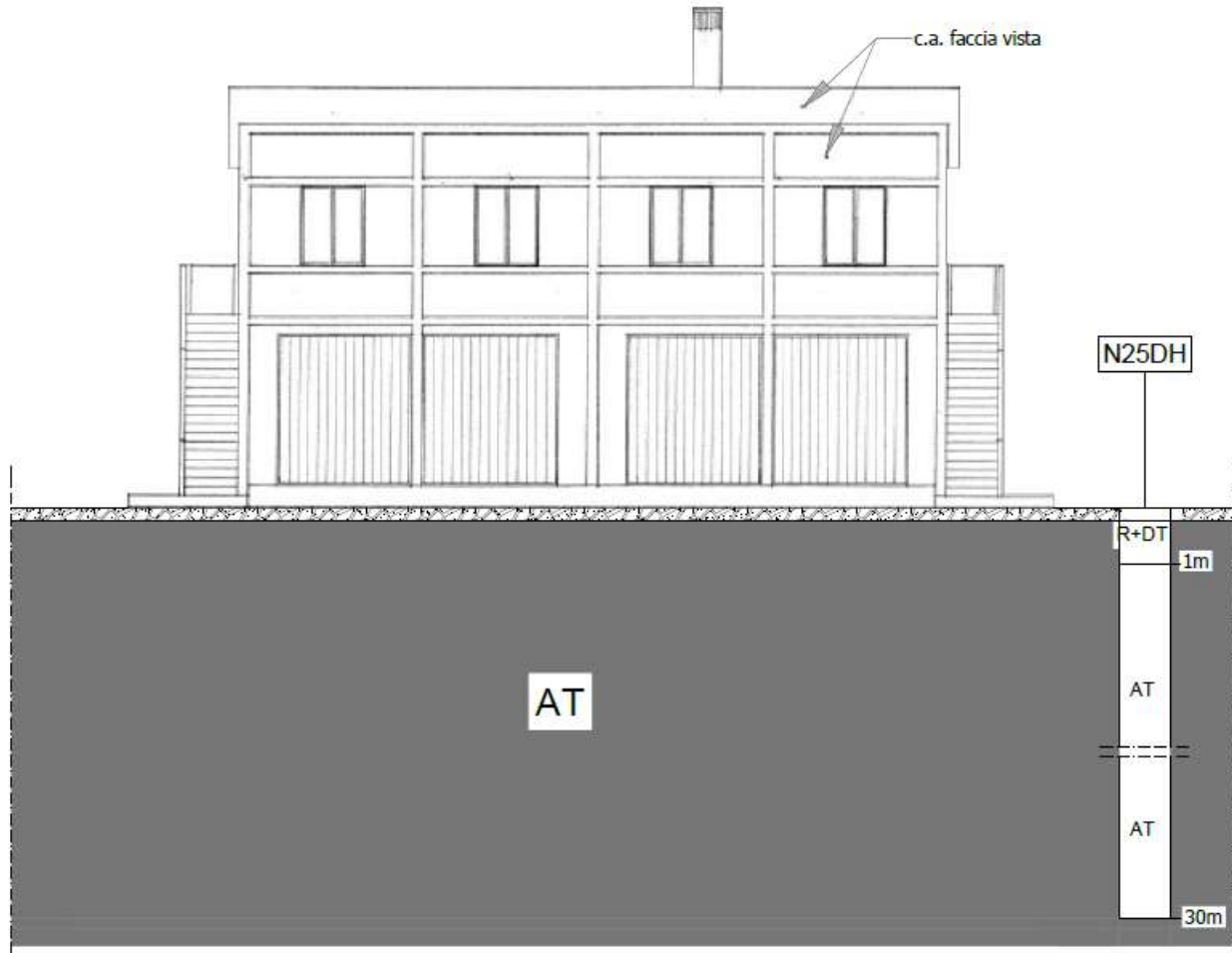




Figura 5.2: Diga di Gibbesi - Casa di guardia – Rapporti opere–terreni

5.3.1. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Sulla base dei risultati delle prove di laboratorio eseguite sui terreni della formazione delle argille tortoniane AT, si possono assumere i seguenti intervalli di variazione dei principali parametri fisico-meccanici:

Terreni AT

- peso dell'unità di volume: $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- coesione effettiva: $c' = 15 - 25 \text{ kPa}$;
- angolo d'attrito effettivo: $\varphi' = 22^\circ - 26^\circ$.
- modulo di Young: $E = 10\text{-}30 \text{ MPa}$

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 21 di 133</p>

5.4. Torre e pozzo di manovra paratoie

Sulla base della ricostruzione dei rapporti tra le opere ed i terreni di fondazione, basata sulla stratigrafia del sondaggio a rotazione e carotaggio continuo N19DH e sullo stendimento sismico a rifrazione SIS-3, (nel piazzale sottostante è stato eseguito anche il sondaggio N18, mentre, ancora più a valle, lo stendimento SIS-4, in prossimità dell'imbocco dello scarico di fondo), è risultato che i terreni di fondazione della casa di guardia sono costituiti di argille di base del Tortoniano indicate con la sigla AT.

Il pozzo è fondato nelle argille puddingoidi AP. Solo nella parte iniziale interessa per qualche metro la parte rimaneggiata APr della formazione ed il riporto con il quale è stato realizzato il piazzale circostante. A conferma di questa ricostruzione, lo stendimento sismico a rifrazione SIS-3 eseguito lungo il piazzale accanto al pozzo individua la presenza di uno strato di spessore pari a circa 5 m con bassa velocità V_p , che può ritenersi corrispondente al riporto del piazzale e al terreno rimaneggiato APr.

Si veda Figura 5.3.

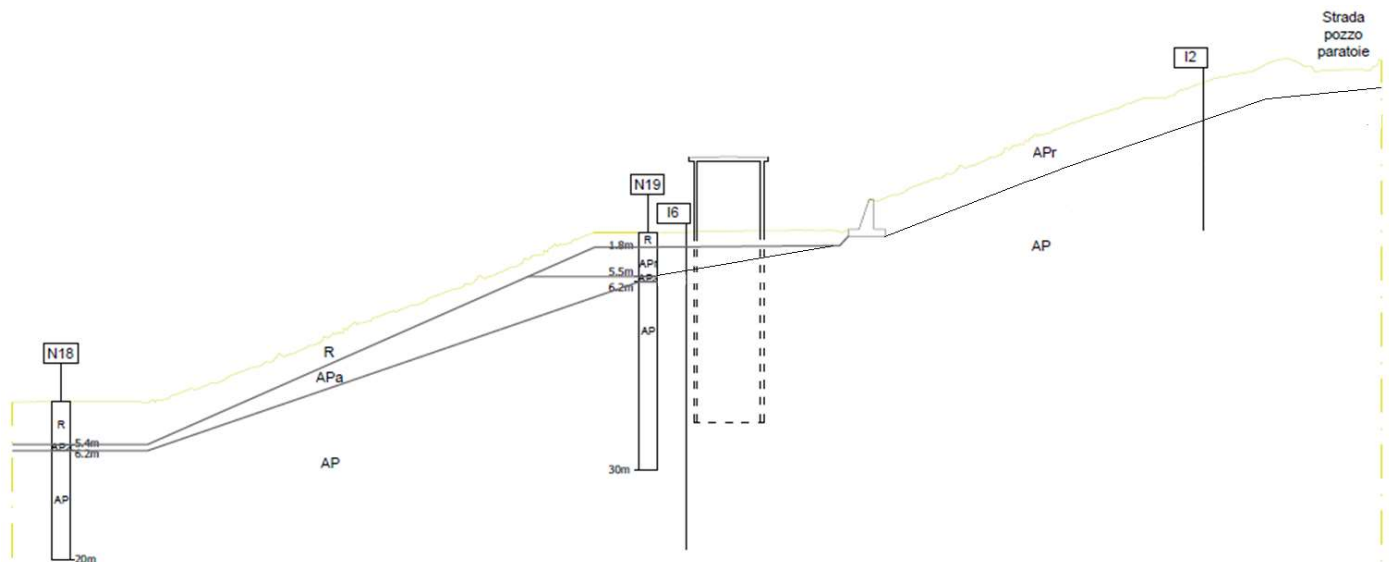


Figura 5.3: Diga di Gibbesi – Stratigrafia del versante lungo cui si colloca il pozzo di manovra

5.4.1. Caratterizzazione geotecnica dei terreni



La seguente tabella illustra la parametrizzazione geotecnica relativa alle diverse formazioni presenti in prossimità del pozzo di manovra:

Litotipo		γ	c'	ϕ'	E_{young}
		[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]
R	Riporto	18	5	30	15
APa	Argille puddingoidi alterate	19	20	24	25
APr	Argille puddingoidi rimaneggiate	19	10	18	15
AP	Argille puddingoidi di base	19	30	24	30

5.5. Vasca di dissipazione

Per la ricostruzione dei rapporti opere-terreni sono stati utilizzati alcuni dei sondaggi eseguiti in sede di Appalto Concorso, le cui stratigrafie sono deducibili dalla tavola “EV-257-1 – Planimetria sondaggi e sezioni geologiche” e quelli presenti nell’elaborato “Indagini geognostiche ed accertamento stato di consistenza dei muri della vasca di dissipazione” redatto dal laboratorio SIDERCEM nel 2018.

Dall’esame della documentazione risulta che la vasca è fondata su argille di colore grigio azzurro, talora scagliettate (sigla A), di età presumibilmente Tortoniano (Miocene), ricoperte da una coltre detritica limosa argillosa con inclusi lapidei di varia natura (terreni DT), di spessore pari a 4-5 m. I rapporti opere – terreni sono illustrati nella sezione di Figura 5.4.

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 23 di 133</p>

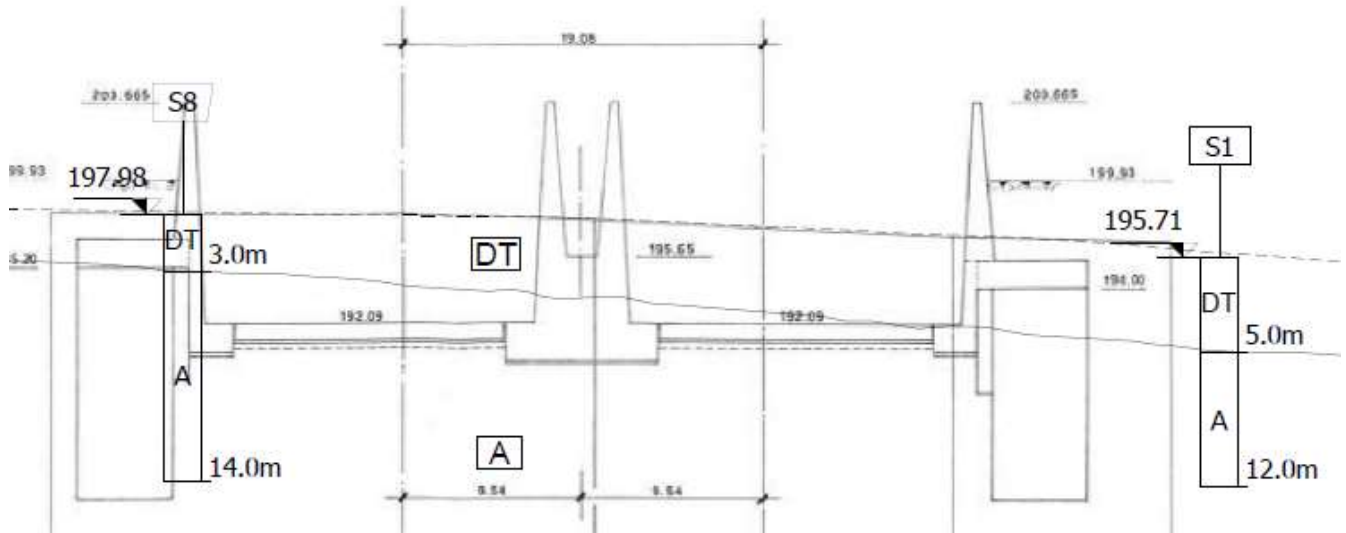


Figura 5.4: Diga di Gibbesi - Vasca di dissipazione – Rapporti opere-terreno – Sezione 6

5.5.1. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Le caratteristiche geotecniche dei diversi terreni sono riportate nel seguito.

A) Terreni DT



Per quanto riguarda i terreni detritici DT, gli unici dati geotecnici disponibili sono presenti nella “Relazione Geologica OI.09-C-502-2”, in particolare:

- peso dell'unità di volume $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$
- coesione $c' = 0 \div 1 \text{ kPa}$
- angolo d'attrito $\varphi' = 10^\circ$
- coesione non drenata $c_u = 100 \text{ kPa}$
- modulo di Young $E = 3 \div 5 \text{ MPa}$

B) Terreni A

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni argillosi A in termini di pressioni effettive, si può fare riferimento ai risultati di due prove di compressione triassiale CIU eseguite in fase di progetto e di quattro prove di taglio dirette CD eseguite nel 2018:

- peso dell'unità di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- coesione $c' = 15 \div 25 \text{ kPa}$
- angolo d'attrito $\varphi' = 22^\circ \div 26^\circ$
- coesione non drenata $c_u = 200 \div 300 \text{ kPa}$
- modulo di Young $E = 10 \div 30 \text{ MPa}$

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 24 di 133</p>

6. INDAGINI SUI MATERIALI E PROVE DI LABORATORIO



Le caratteristiche dei materiali costituenti le strutture delle opere accessorie della diga di Gibbesi, sono state determinate sulla base: dei risultati ottenuti delle prove di laboratorio condotte sui provini prelevati, in corso d'opera, all'epoca della loro realizzazione, dei risultati ottenuti delle indagini diagnostiche condotte, in passato, sulle opere già realizzate e dei risultati ottenuti dalla nuova campagna d'indagine integrativa condotta sui materiali allo stato attuale.

La nuova campagna d'indagini, condotta dalla società "Metro Test" di Palermo sulle opere accessorie della diga di Gibbesi, ha previsto l'esecuzione delle seguenti indagini integrative:

- N° 40 prove di compressione eseguite su provini ricavati da N° 25 campioni cilindrici di calcestruzzo prelevati attraverso carotaggi;
- N° 25 prove di profondità di carbonatazione eseguite su provini ricavati da campioni cilindrici di calcestruzzo prelevati attraverso carotaggi (gli stessi campioni cilindrici utilizzati per ricavare i provini delle prove di compressione);
- N° 19 prove di resistenza a trazione eseguite sulle N° 19 barre d'armatura prelevate;
- N° 60 indagini sclerometriche, con 9 letture, ogni indagine, della resistenza del calcestruzzo, per un totale di 540 letture;
- indagini magnetometriche eseguite con pacometro.

I risultati della nuova campagna d'indagine, condotta per il progetto di rivalutazione sismica delle opere accessorie della diga di Gibbesi, sono contenuti nei seguenti documenti:

- II122F-F-STR-RT-021-00 *"Prove sui materiali - Relazione sulle attività di laboratorio materiali"*;
- II122F-F-STR-RT-021-02 *"Indagini geognostiche e sui materiali - Relazione sulle attività di laboratorio materiali - Prelievo di barre di armatura e prova di trazione"*;
- II122F-E-STR-RT-050-00 *"Accertamento dell'effettiva consistenza dei manufatti - Ispezione tecnica delle opere - Prove Pacometriche e Son Reb"*.

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 25 di 133</p>

Riportiamo, nei seguenti paragrafi, l'ubicazione e la sintesi dei risultati ottenuti dalle indagini condotte sui materiali in corso d'opera, durante la realizzazione delle strutture, e quelli ottenuti della nuova campagna di indagini.

6.1. Campagna d'indagini condotte da CON.GEO sulle strutture già realizzate

Il Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti della Regione Sicilia - Servizio 3 Gestione Infrastrutture per le Acque, nel 2016 ha dato incarico al Laboratorio Autorizzato CON.GEO s.r.l. di eseguire le indagini di cui alla gara *“DIGA GIBBESI (Sommattino) – Esecuzione di prelievi di campioni e prove per la caratterizzazione meccanica e dei ferri di armatura delle opere strutturali in c.c.a., ad eccezione della vasca di dissipazione CIG: Z8A19432B0”*.

In particolare, si sono eseguite le seguenti indagini:

- prelievo di campioni dagli elementi strutturali in calcestruzzo per la determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo stesso;
- indagini sclerometriche per la determinazione indiretta della classe di resistenza del calcestruzzo;
- determinazione delle caratteristiche dei ferri d'armatura mediante prelievo e successiva prova di trazione.

Le indagini hanno interessato gli elementi strutturali delle seguenti opere: casa di guardia, pozzo paratoie, calice sx, torre aerofora sx, calice dx, torre aerofora dx, imbocco opera di presa, cunicolo drenaggi, galleria in dx, galleria in sx.

Le operazioni di carotaggio sono state eseguite in conformità alle norme UNI 12504-1/2002. I provini prelevati sono stati classificati e trasferiti in laboratorio dove sono stati sottoposti alla prova di compressione secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 12390-3/2002.

6.1.1. Prove di compressione sui provini di calcestruzzo

Tabella 1 – Casa di guardia

Elemento strutturale	Sigla provino	Resistenza a rottura (N/mm ²)
Casa di guardia-Pil. centr. prospetto principale	C1A	49,67
Casa di guardia-Pil. centr. prospetto principale	C1B	38,11
Casa di guardia-Muro retro. prospetto 1° piano	C2A	31,07
Casa di guardia-Muro retro. prospetto 1° piano	C2B	19,42

Tabella 2 – Pozzo paratoie

Elemento strutturale	Sigla provino	Resistenza a rottura (N/mm ²)
Pozzo paratoie a +1,30m dal fondo pozzo lato est	C3A	32,12
Pozzo paratoie a +1,30m dal fondo pozzo lato est	C3B	32,92
Pozzo paratoie a +7,00m dal fondo pozzo lato ovest	C4A	33,42
Pozzo paratoie a +7,00m dal fondo pozzo lato ovest	C4B	31,28
Pozzo paratoie-pav. lato ovest portone d'ingresso	C5A	38,58
Pozzo paratoie-pav. lato ovest portone d'ingresso	C5B	22,65
Pozzo p. a+1,00m dalla quota strada, lato esterno nord	C6A	26,59
Pozzo p. a+1,00m dalla quota strada, lato esterno nord	C6B	29,18

Tabella 3 – Torre aerofora sx

Elemento strutturale	Sigla provino	Resistenza a rottura (N/mm ²)
Torre aerofora sx-lato nord a +3,00m dal p.c.	C7A	41,12
Torre aerofora sx-lato nord a +3,00m dal p.c.	C7B	41,92
Torre aerofora sx-lato est a +1,00m dal p.c.	C8A	41,30
Torre aerofora sx-lato est a +1,00m dal p.c.	C8B	32,62



DIGA GIBBESI

RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE

DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO

II122F
A-SIS-RT-201-00

RELAZIONE TECNICA

Pag. 27 di 133

Tabella 4 – Calice sx

Elemento strutturale	Sigla provino	Resistenza a rottura (N/mm ²)
Calice sx-lato sud a +1,00m dal p.c	C9A	43,03
Calice sx-lato sud a +1,00m dal p.c	C9B	41,67
Calice sx-lato nord est a +3,00m dal p.c	C10A	40,09
Calice sx-lato nord est a +3,00m dal p.c	C10B	40,85
Calice sx-lato nord ovest a +3,00m dal p.c	C11A	60,47
Calice sx-lato nord ovest a +3,00m dal p.c	C11B	60,20
Calice sx-lato nord a +1,00m dal p.c	C12A	36,78
Calice sx-lato nord a +1,00m dal p.c	C12B	53,14

Tabella 5 – Calice dx

Elemento strutturale	Sigla provino	Resistenza a rottura (N/mm ²)
Calice dx-lato nord a +3,00m dal p.c.	C13A	38,01
Calice dx-lato nord a +3,00m dal p.c.	C13B	50,31
Calice dx-lato sud ovest a +3,00m dal p.c.	C14A	43,58
Calice dx-lato sud ovest a +3,00m dal p.c.	C14B	44,11
Calice dx-lato sud a + 1,00m dal p.c.	C15A	51,81
Calice dx-lato sud a + 1,00m dal p.c.	C15B	56,22
Calice dx-lato nord est a +1,00m dal p.c.	C16A	41,11
Calice dx-lato nord est a +1,00m dal p.c.	C16B	56,99

Tabella 6 – Torre aerofotra dx

Elemento strutturale	Sigla provino	Resistenza a rottura (N/mm ²)
Torre aerofotra dx-lato sud ovest a +3,00m dal p.c.	C17A	28,78
Torre aerofotra dx-lato sud ovest a +3,00m dal p.c.	C17B	35,51
Torre aerofotra dx-lato nord est a +1,00m dal p.c.	C18A	32,15
Torre aerofotra dx-lato nord est a +1,00m dal p.c.	C18B	29,20



	<p align="center"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p align="center">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 28 di 133</p>

Tabella 7 – Imbocco opera di presa

Elemento strutturale	Sigla provino	Resistenza a rottura (N/mm ²)
Imbocco opera di presa-lato sud a +3,00m dal p.c.	C19A	36,63
Imbocco opera di presa-lato sud a +3,00m dal p.c.	C19B	33,74
Imbocco opera di presa-lato est a +1,00m dal pc	C20A	27,63
Imbocco opera di presa-lato est a +1,00m dal pc	C20B	28,65

Tabella 8 – Cunicolo drenaggio

Elemento strutturale	Sigla provino	Resistenza a rottura (N/mm ²)
Cunicolo drenaggio-lato nord est	C21A	45,55
Cunicolo drenaggio-lato nord est	C21B	55,80
Cunicolo drenaggio-lato sud ovest	C22A	45,38
Cunicolo drenaggio-lato sud ovest	C22B	45,69

Tabella 9 – Galleria destra

Elemento strutturale	Sigla provino	Resistenza a rottura (N/mm ²)
Galleria destra-lato destro basso a -140m dall'imbocco	C23A	23,15
Galleria destra-lato destro basso a -140m dall'imbocco	C23B	25,06
Galleria destra-lato destro alto a -140m dall'imbocco	C24A	12,28
Galleria destra-lato destro alto a -140m dall'imbocco	C24B	24,19
Galleria destra-lato sinistro basso a -110m dall'imbocco	C25A	17,83
Galleria destra-lato sinistro basso a -110m dall'imbocco	C25B	18,72
Galleria destra-lato sinistro alto a -110m dall'imbocco	C26A	23,67
Galleria destra-lato sinistro alto a -110m dall'imbocco	C26B	19,99

Tabella 10 – Galleria sinistra

Elemento strutturale	Sigla provino	Resistenza a rottura (N/mm ²)
Galleria sinistra-lato sinistro basso a -300m dall'imbocco	C27A	19,89
Galleria sinistra-lato sinistro basso a -300m dall'imbocco	C27B	23,56
Galleria sinistra-lato sinistro alto a -300m dall'imbocco	C28A	8,21
Galleria sinistra-lato sinistro alto a -300m dall'imbocco	C28B	16,27
Galleria sinistra-lato destro alto a -200m dall'imbocco	C29A	24,23
Galleria sinistra-lato destro alto a -200m dall'imbocco	C29B	12,71
Galleria sinistra-lato destro basso a -200m dall'imbocco	C30A	13,25
Galleria sinistra-lato destro basso a -200m dall'imbocco	C30B	23,20



6.1.2. Prove di trazione barre d'armatura

Elemento strutturale	Sigla provino	Diametro commerciale	Tensione di snervamento N/mm ²	Tensione di rottura N/mm ²
Casa di guardia-muro locale caldaia	F1	12	556,5	621,3
Pozzo paratoie a +1,00m dal fondo pozzo lato nord	F2	12	458,2	459,8
Pozzo paratoie a +1,00m dal pav. lato portone d'ingresso ovest	F3	16	459,8	718,9
Torre aerofora sx-lato nord	F4	16	442,3	650,5
Calice sx-lato sud ovest	F5	16	472,5	701,6
Calice sx-lato nord	F6	16	460,2	692,8
Calice dx-lato nord ovest	F7	16	436,2	675,1
Calice dx-lato sud ovest	F8	16	433,8	668,7
Torre aerofora-lato nord	F9	16	421,7	619,9
Imbocco opera di presa-lato scaletta esterna	F10	16	422,7	648,8
Cunicolo drenaggio-lato sud sud est	F11	20	464,5	694,4
Galleria dx-lato dx dell'imbocco	F12	20	442,1	661,9
Galleria sx-lato dx dell'imbocco	F13	24	457,9	738,6
Galleria sx-lato sx dell'imbocco	F14	24	402,1	682,4

6.1.3. Indagini sclerometriche

Nel corso della presente indagine, eseguita secondo quanto previsto dalla UNI 12504-2, sono state eseguite 10 letture per ogni pilastro, evitando quanto possibile zone dove erano presenti nidi di ghiaia, scalfiture, porosità elevata e zone con presenza di ferro.

ELEMENTO STRUTTURALE	RESISTENZA MEDIA Rc (kg/cm ²)	VALORE DI RIMBALZO MEDIO, Vm	ERRORE QUADRATICO MEDIO, Eqm (kg/cm ²)	Vm - Eqm (kg/cm ²)	Vm + Eqm (kg/cm ²)
C. di guardia - Muro prospetto nord-ovest	420	41	15	405	435
C. di guardia - Muro prospetto sud-est	477	44	9	468	486
P. paratoie (+1,30 m dal fondo pozzo lato ovest)	460	43	14	446	474
P. paratoie (+7,00 m dal fondo pozzo lato nord)	420	41	17	403	437
P. paratoie (+1,30 m dalla q. strada lato sud)	420	41	13	407	433
P. paratoie (+1,30 m dalla q. strada lato est)	477	44	11	466	488
T. aerofora sx a + 1 m dal p.c. lato ovest	532	47	17	515	549
T. aerofora sx a + 1 m dal p.c. lato est.	532	47	12	520	544
Calice sx a +1,00 m dal p.c. lato est	572	49	15	557	587
Calice sx a +1,00 m dal p.c. lato ovest	532	47	20	512	552
Calice sx a +1,00 m dal p.c. lato nord	572	49	14	558	586
Calice sx a +1,00 m dal p.c. lato sud	552	48	14	538	566
T. aerofora dx a + 1 m dal p.c. lato ovest	477	44	13	464	490
T. aerofora dx a + 1 m dal p.c. lato est	460	43	18	442	478
Calice dx a +1,00 m dal p.c. lato nord	552	48	16	536	568
Calice dx a +1,00 m dal p.c. lato est	615	51	8	607	623
Calice dx a +1,00 m dal p.c. lato ovest	572	49	11	561	583
Calice dx a +1,00 m dal p.c. lato sud	552	48	11	541	563
Imbocco opera di presa - lato nord	382	39	15	367	397
Imbocco opera di presa - lato sud	300	34	15	285	315
Cunicolo drenaggio - lato nord ovest	515	46	13	502	528
C. drenaggi - muro vano scala lato est	460	43	16	444	476
Galleria sx - 310 m	350	37	5	345	355
Galleria sx - 250 m	420	41	13	407	433
Galleria sx - 200 m	420	41	12	408	432
Galleria sx - 150 m	420	41	15	405	435
Galleria dx - 150 m	400	40	14	386	414
Galleria dx - 130 m	400	40	17	383	417
Galleria dx - 120 m	382	39	7	375	389
Galleria dx - 100 m	440	42	13	427	453

	<p align="center"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p align="center">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 31 di 133</p>

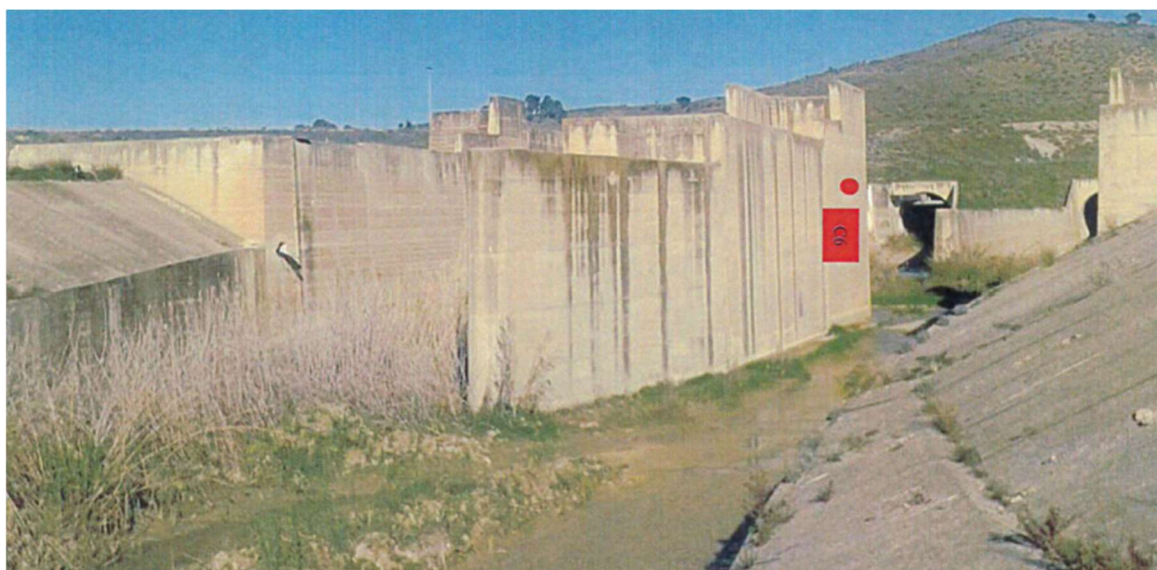
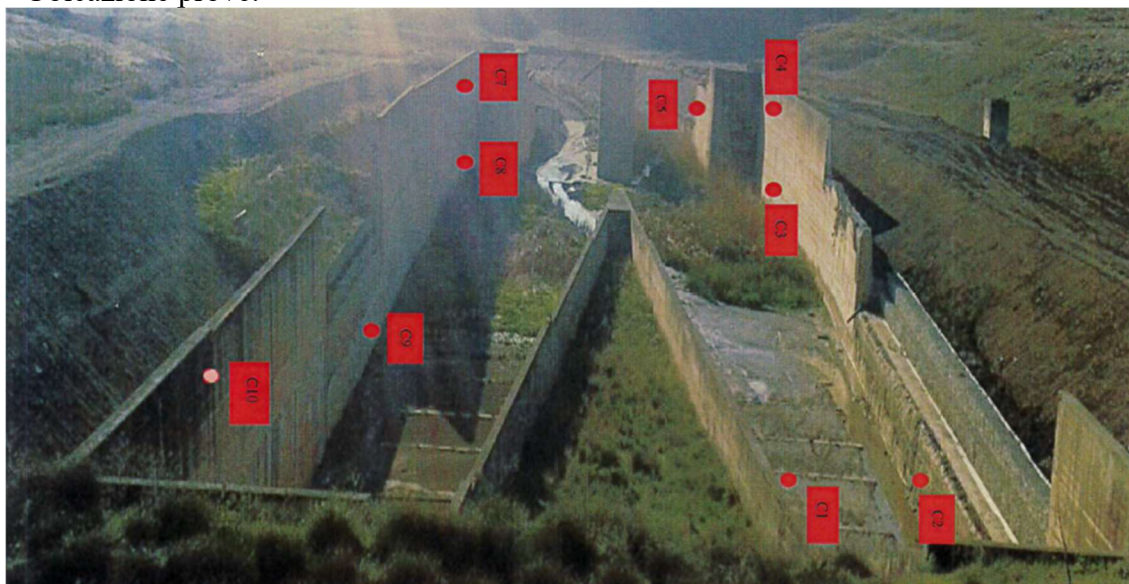
6.2. Campagna d'indagini condotte da DISMAT sulla vasca di dissipazione

Riportiamo, di seguito, i risultati della campagna d'indagini condotta sulla vasca di dissipazione della diga di Gibbesi da DISMAT, a cavallo tra il 2015 e il 2016, per conto dell'Ass. Reg. dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità.

6.2.1. Prove di compressione sui provini di calcestruzzo

I carotaggi sono stati eseguiti nelle pareti della parte interna dei canali, ad eccezione del carotaggio C10, che è stato effettuato all'esterno della parete, si vedano foto a seguire.

Ubicazione prove:



Risultati delle prove:

La data del prelievo è relativa all'estrazione delle carote				Peso provino g	Dimensioni dei cilindri in mm		Rettifica e cappatura s / n	Area compressa mm2	Tipo di rottura * *	Carico di rottura KN	Tensione N / mm2
N°	Data	Sigla	Ubicazione		φ	h					
1	24/12/2015	C7-3	Muri di contenimento	1913,0	104,0	104,1	s	8.495	N	327,40	38,5
2	24/12/2015	C8-1	Muri di contenimento	1873,6	104,0	103,9	s	8.495	N	67,12	7,9
3	24/12/2015	C8-2	Muri di contenimento	1849,5	104,0	103,7	s	8.495	N	274,03	32,3
4	24/12/2015	C8-3	Muri di contenimento	1843,4	104,0	103,8	s	8.495	N	279,86	32,9
5	24/12/2015	C9-1	Muri di contenimento	1928,8	104,0	104,2	s	8.495	N	222,17	26,2
6	24/12/2015	C9-2	Muri di contenimento	1902,2	104,0	104,1	s	8.495	N	287,93	33,9
7	24/12/2015	C9-3	Muri di contenimento	1831,3	104,0	103,6	s	8.495	N	320,39	37,7
8	24/12/2015	C10-1	Muri di contenimento	1928,9	104,0	104,2	s	8.495	N	353,26	41,6
9	24/12/2015	C10-2	Muri di contenimento	2047,1	104,0	104,5	s	8.495	N	282,16	33,2
10	24/12/2015	C10-3	Muri di contenimento	1944,6	104,0	104,2	s	8.495	N	206,16	24,3

NOTE:

* Rettifica: s = sì - n = conforme alla norma, non necessita di rettifica.

** Tipi di rottura: A = Anomala - N = Normale.

La data del prelievo è relativa all'estrazione delle carote				Peso provino g	Dimensioni dei cilindri in mm		Rettifica e cappatura s / n	Area compressa mm2	Tipo di rottura * *	Carico di rottura KN	Tensione N / mm2
N°	Data	Sigla	Ubicazione		φ	h					
1	24/12/2015	C1-1	Muri di contenimento	1876,0	104,0	104,0	s	8.495	N	219,06	25,8
1	24/12/2015	C1-2	Muri di contenimento	1873,0	104,0	104,0	s	8.495	N	165,22	19,4
1	24/12/2015	C1-3	Muri di contenimento	1877,6	104,0	103,9	s	8.495	N	193,44	22,8
1	24/12/2015	C2-1	Muri di contenimento	1920,8	104,0	104,3	s	8.495	N	400,83	47,2
1	24/12/2015	C2-2	Muri di contenimento	1953,9	104,0	104,0	s	8.495	N	363,61	42,8
1	24/12/2015	C2-3	Muri di contenimento	1897,5	104,0	104,2	s	8.495	N	190,32	22,4
1	24/12/2015	C3-1	Muri di contenimento	1896,7	104,0	104,1	s	8.495	N	304,36	35,8
1	24/12/2015	C3-2	Muri di contenimento	1880,0	104,0	103,9	s	8.495	N	362,82	42,7
1	24/12/2015	C3-3	Muri di contenimento	1875,0	104,0	103,9	s	8.495	N	365,25	43,0
1	24/12/2015	C4-1	Muri di contenimento	1917,3	104,0	104,3	s	8.495	N	286,57	33,7

NOTE:

* Rettifica: s = sì - n = conforme alla norma, non necessita di rettifica.

** Tipi di rottura: A = Anomala - N = Normale.

La data del prelievo è relativa all'estrazione delle carote				Peso provino g	Dimensioni dei cilindri in mm		Rettifica e cappatura s / n	Area compressa mm2	Tipo di rottura * *	Carico di rottura KN	Tensione N / mm2
N°	Data	Sigla	Ubicazione		φ	h					
1	24/12/2015	C4-2	Muri di contenimento	1892,6	104,0	104,0	s	8.495	N	333,93	39,3
1	24/12/2015	C4-3	Muri di contenimento	1903,7	104,0	104,2	s	8.495	N	322,65	38,0
1	24/12/2015	C5-1	Muri di contenimento	1930,2	104,0	104,3	s	8.495	N	336,61	39,6
1	24/12/2015	C5-2	Muri di contenimento	1849,2	104,0	103,8	s	8.495	N	346,79	40,8
1	24/12/2015	C5-3	Muri di contenimento	1836,5	104,0	103,9	s	8.495	N	247,24	29,1
1	24/12/2015	C6-1	Muri di contenimento	1925,6	104,0	104,4	s	8.495	N	192,13	22,6
1	24/12/2015	C6-2	Muri di contenimento	1916,3	104,0	104,0	s	8.495	N	329,59	38,8
1	24/12/2015	C6-3	Muri di contenimento	1938,9	104,0	104,2	s	8.495	N	308,95	36,4
1	24/12/2015	C7-1	Muri di contenimento	1958,4	104,0	104,4	s	8.495	N	287,66	33,9
1	24/12/2015	C7-2	Muri di contenimento	1941,3	104,0	104,1	s	8.495	N	325,52	38,3

NOTE:



* Rettifica: s = sì - n = conforme alla norma, non necessita di rettifica.

** Tipi di rottura: A = Anomala - N = Normale.

6.2.2. Prove di trazione barre d'armatura

Sigla	Diametro comm. f = mm.	Diametro effettivo f = mm.	Massa Kg / ml	Sezione effettiva mm2	Snerv. f _y N / mm2	Rottura f _t N / mm2	f _y / f _{yk}	f _t / f _y	Allung. A 5 %	Mandrino	Piega esito F / NF	I _n	Parte d' opera
A	8	8,08	0,40	51,210	551,77	777,24	=	1,41	22	=	=		muri di contenimento
B	8	8,12	0,41	51,720	471,44	657,41	=	1,39	20	=	=		
A	10	10,01	0,62	78,730	458,95	671,87	=	1,46	14	=	=		muri di contenimento
B	10	10,01	0,62	78,730	458,95	671,87	=	1,46	14	=	=		
A	12	11,77	0,85	108,790	419,88	687,44	=	1,64	16	=	=		muri di contenimento
B	12	11,66	0,84	106,750	445,57	637,23	=	1,43	14	=	=		

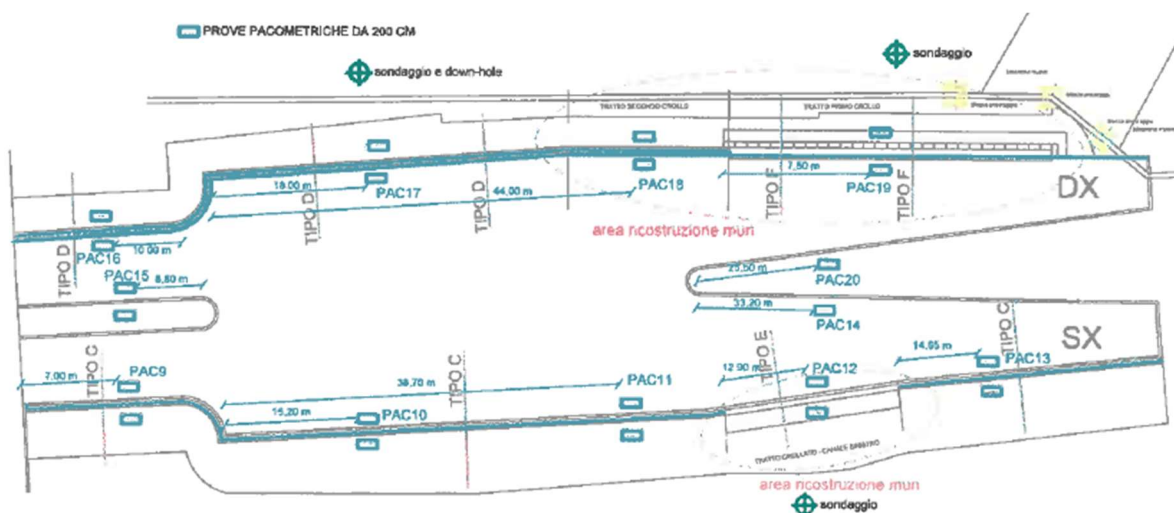
Sigla	Diametro comm. f = mm.	Diametro effettivo f = mm.	Massa Kg / ml	Sezione effettiva mm2	Snerv. f _y N / mm2	Rottura f _t N / mm2	f _y / f _{yk}	f _t / f _y	Allung. A 5 %	Mandrino	Piega esito F / NF	I _n	Parte d' opera
A	16	16,00	1,58	201,020	523,83	818,17	=	1,56	19	=	=		Muti di contenimento
B	16	16,07	1,59	202,800	514,29	664,29	=	1,29	14	=	=		
C	16	16,02	1,58	201,530	507,58	636,52	=	1,25	14	=	=		
D	16	15,98	1,57	200,510	492,87	580,86	=	1,18	13	=	=		
E	16	16,10	1,60	203,570	502,16	594,77	=	1,18	12	=	=		

	<p style="text-align: center;">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 34 di 133</p>

6.3. Campagna d'indagini condotte da SIDERCEM sulla vasca di dissipazione

Nel 2018, su incarico dell'Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità - Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti, nell'ambito dei lavori di "Ripristino della funzionalità idraulica della vasca di dissipazione mediante adeguamento sismico dei muri perimetrali crollati della Diga Gibbesi nei comuni di Sommatino (CL) e Naro (AG)", SIDERCEM s.r.l., (Istituto di Ricerca e Sperimentazione), ha provveduto ad effettuare un'indagine magnetometrica con Pacometro sui muri perimetrali della vasca di dissipazione della diga di Gibbesi. Il rilievo è stato eseguito con il pacometro *Hilti ferrosan PS200S*, costituito da una sonda emittente un campo magnetico collegata ad un'unità d'elaborazione digitale ed acustica, il cui funzionamento è basato sul controllo degli effetti delle eddy current (*correnti parassite*) indotte in una barra di armatura. Di seguito si riportano delle planimetrie con indicata le ubicazioni delle prove eseguite e il dettaglio dei risultati delle prove eseguite.

Indagini condotte il 23/05/2018:





DIGA GIBBESI

RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE

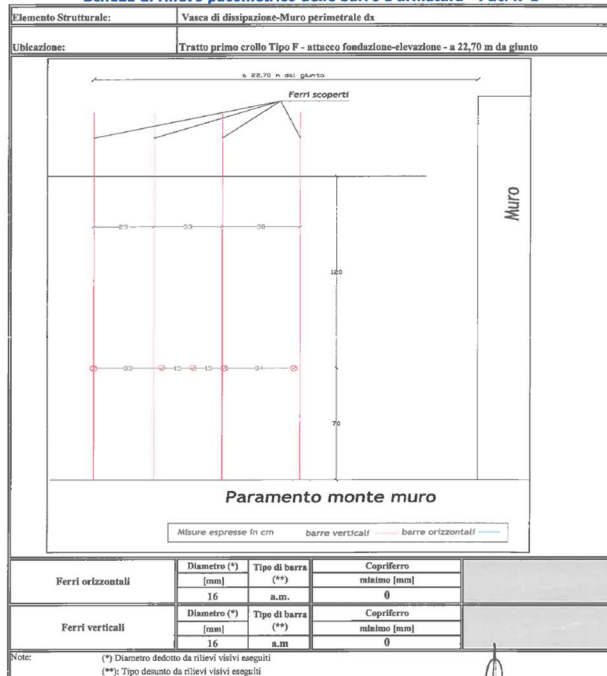
DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO

II122F
A-SIS-RT-201-00

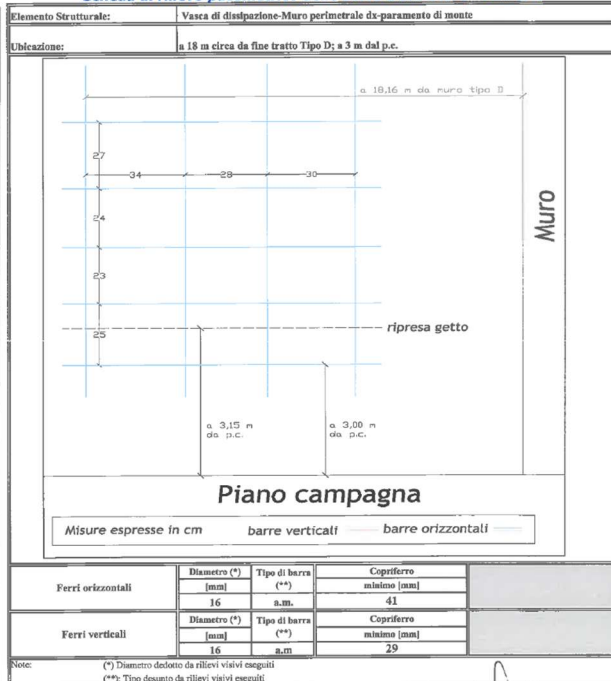
RELAZIONE TECNICA

Pag. 35 di 133

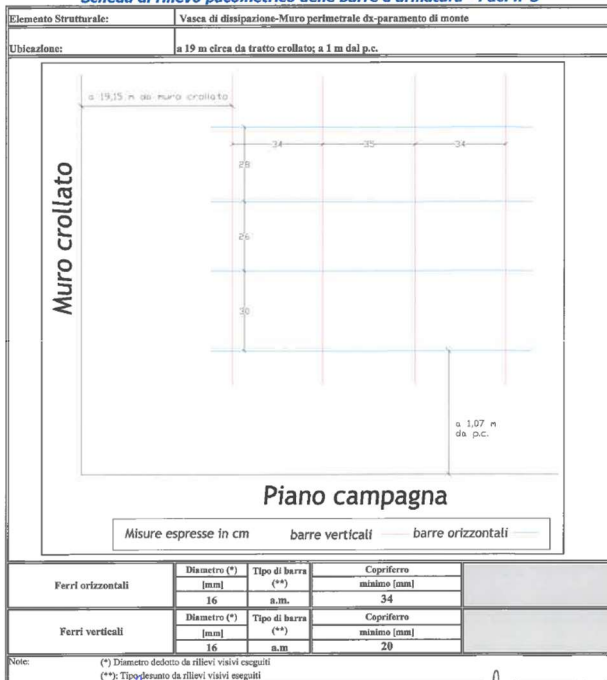
Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°1



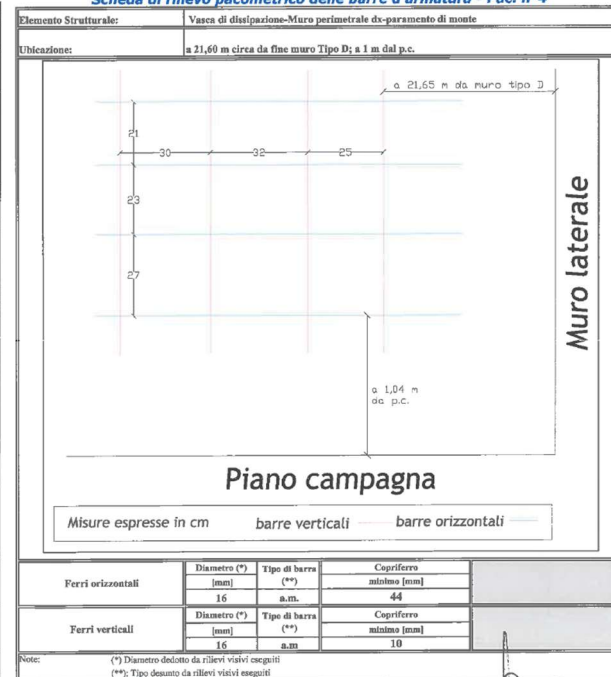
Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°2



Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°3



Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°4





DIGA GIBBESI

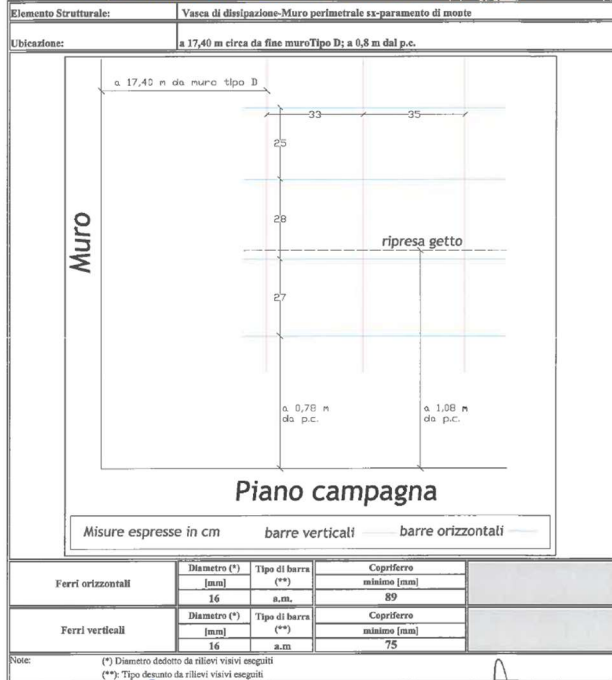
RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO

II122F
A-SIS-RT-201-00

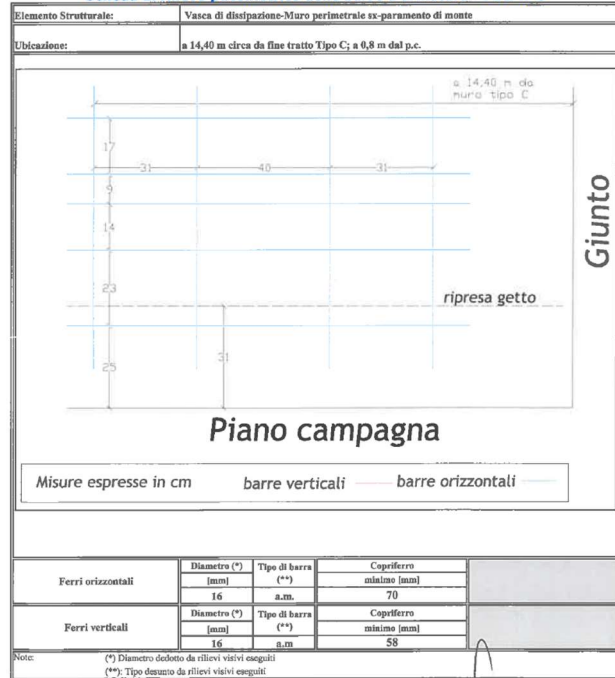
RELAZIONE TECNICA

Pag. 36 di 133

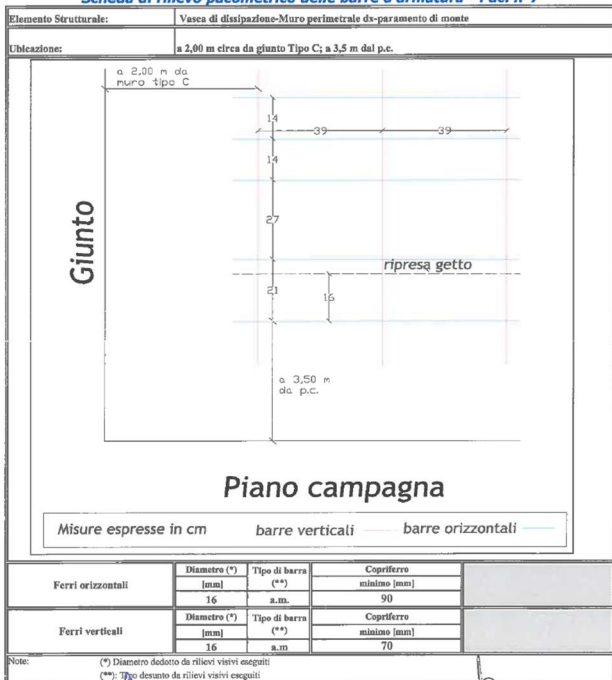
Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°5



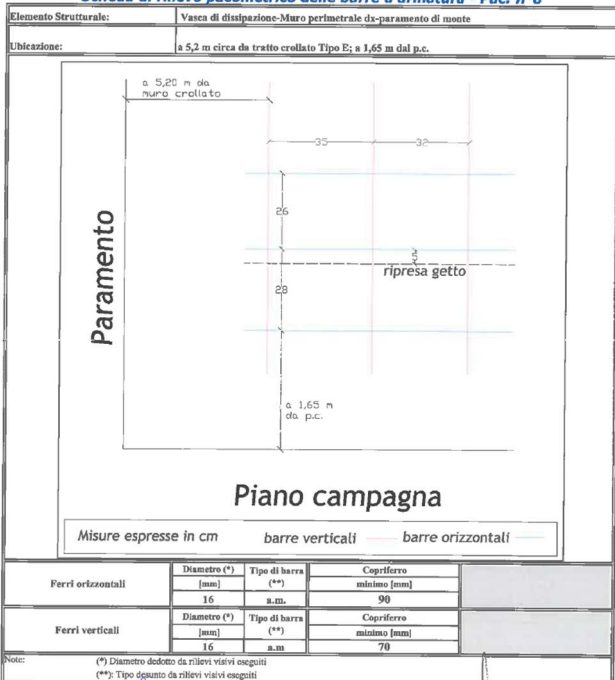
Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°6



Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°7



Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°8





DIGA GIBBESI

RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE

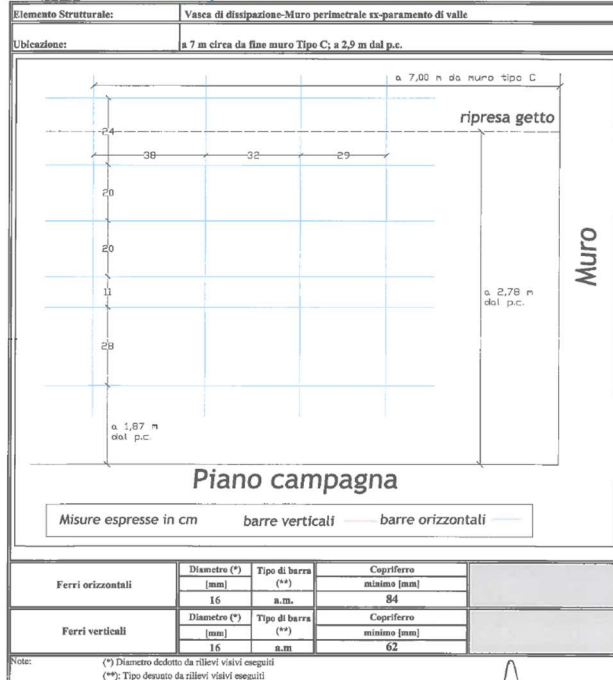
DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO

II122F
A-SIS-RT-201-00

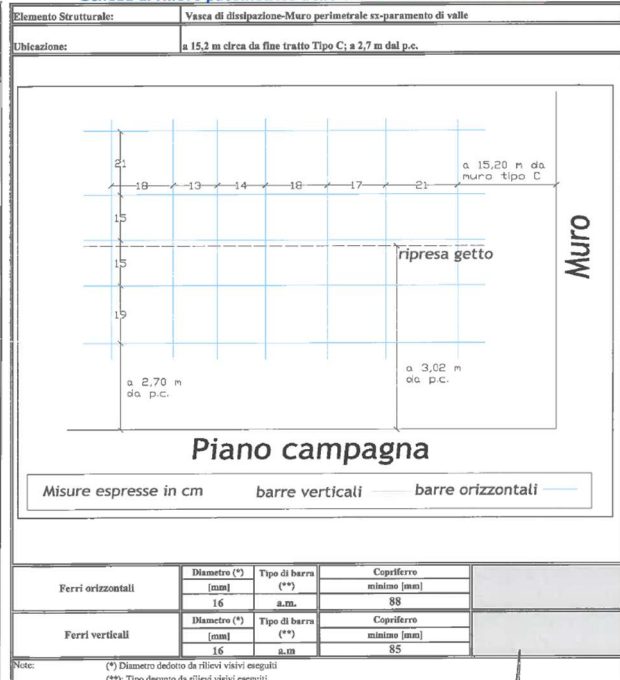
RELAZIONE TECNICA

Pag. 37 di 133

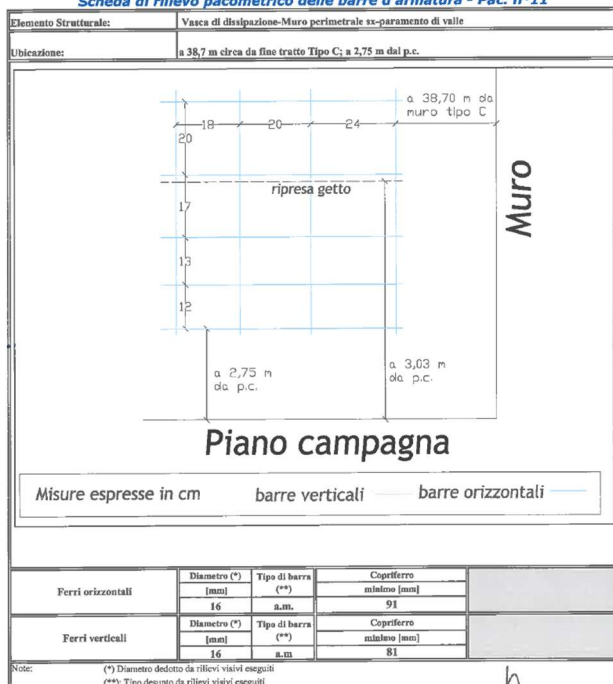
Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°9



Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°10



Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°11



Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°12





DIGA GIBBESI

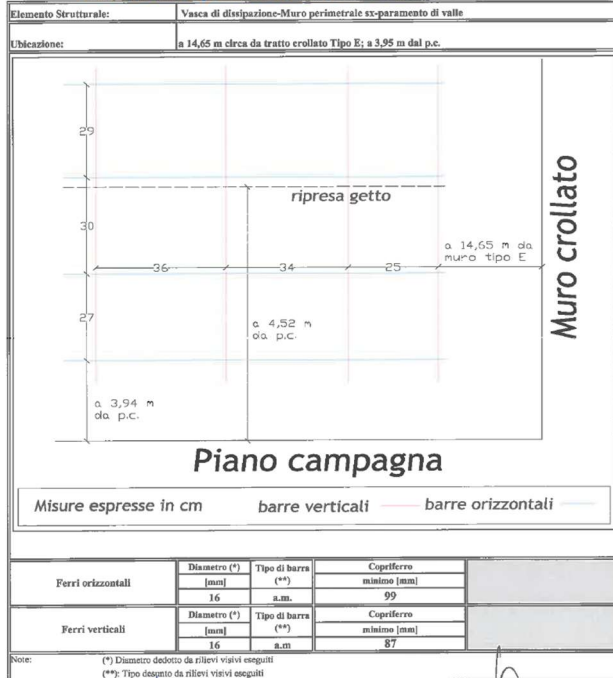
RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO

II122F
A-SIS-RT-201-00

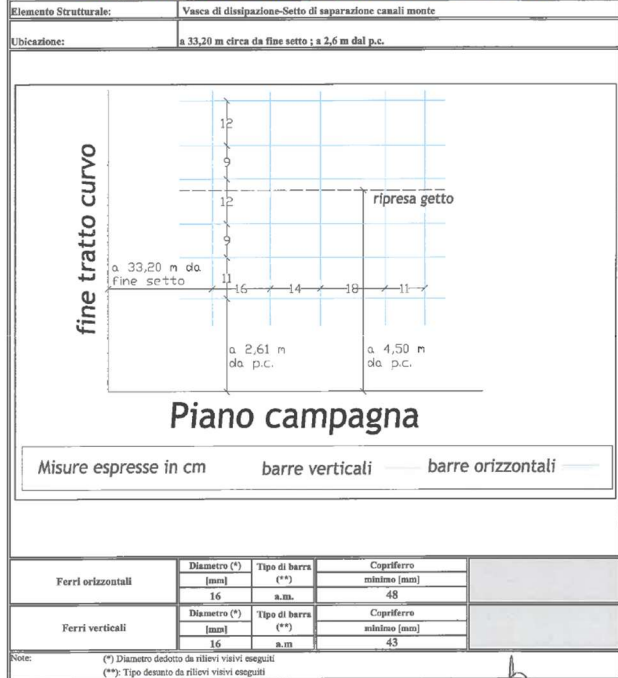
RELAZIONE TECNICA

Pag. 38 di 133

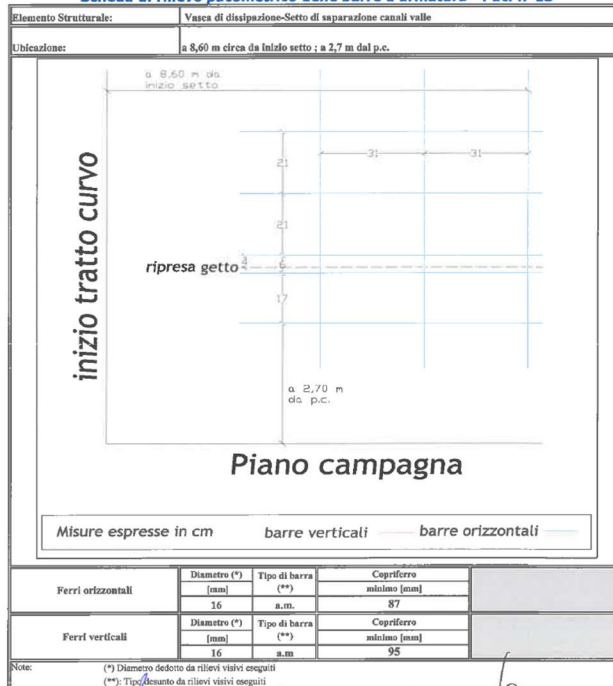
Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°13



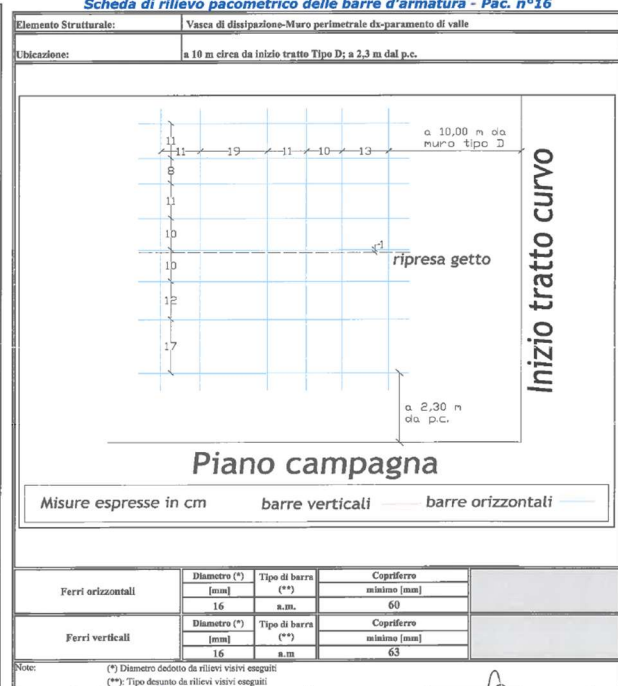
Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°14



Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°15



Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°16





DIGA GIBBESI

RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO

II122F
A-SIS-RT-201-00

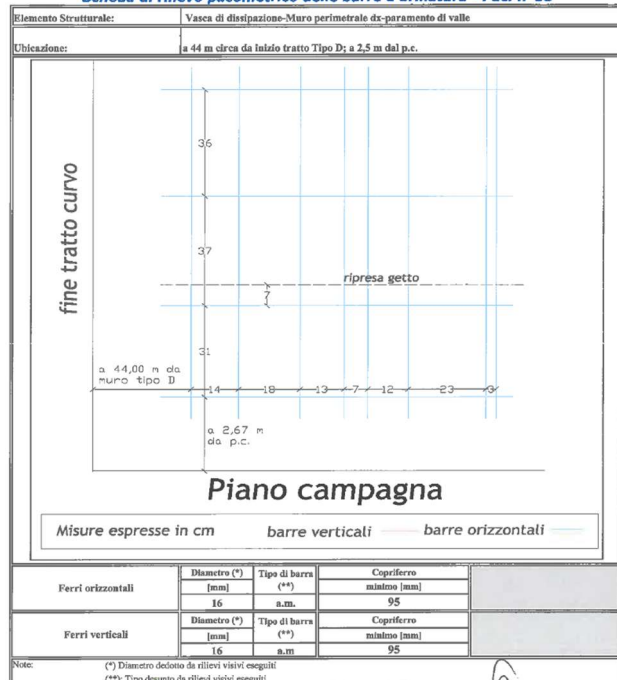
RELAZIONE TECNICA

Pag. 39 di 133

Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°17



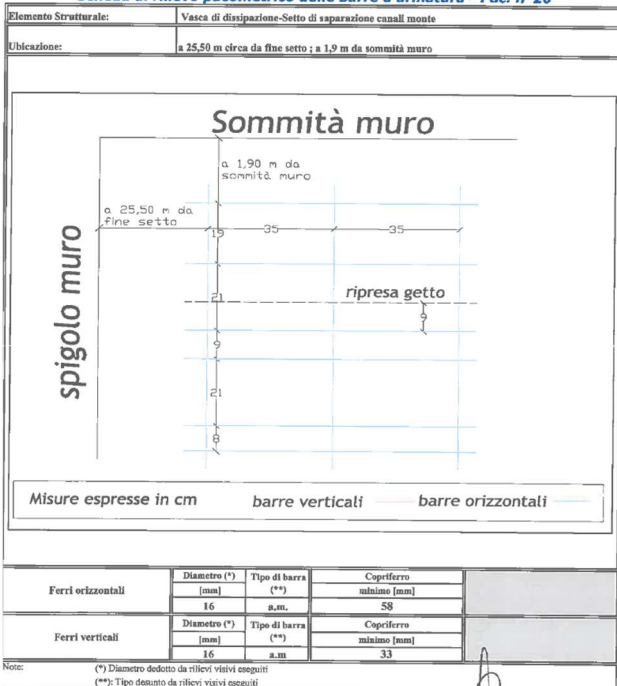
Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°18





Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°19



Scheda di rilievo pacometrico delle barre d'armatura - Pac. n°20



	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 40 di 133</p>

6.4. Nuova campagna d'indagini

Riportiamo, di seguito, la nuova campagna d'indagini condotta dalla società "Metro Test" di Palermo sulle opere accessorie della diga di Gibbesi.

6.4.1. Misure sclerometriche della resistenza del calcestruzzo



Le n. 60 indagini sclerometriche non distruttive, con 9 letture della resistenza del calcestruzzo ogni indagine, per un totale di 540 letture, sono state ripartite tra le varie opere accessorie. Nello specifico sono state condotte n. 6 indagini, per un totale di 54 letture, per la casa di guardia, n. 6 indagini, per un totale di 54 letture, per lo sfioratore dx, n. 3 indagini, per un totale di 27 letture, per il torrino aeroforo dx, n. 6 indagini, per un totale di 54 letture, per lo sfioratore sx, n. 3 indagini, per un totale di 27 letture, per il torrino aeroforo sx, n. 6 indagini, per un totale di 54 letture, per la torre di manovra, n. 6 indagini, per un totale di 54 letture, per l'imbocco dello scarico di fondo, n. 3 indagini, per un totale di 27 letture, per la torre d'accesso ai drenaggi, n. 6 indagini, per un totale di 54 letture, per il cunicolo sx d'ispezione drenaggi, n. 6 indagini, per un totale di 54 letture, per il canale di restituzione in alveo e n. 12 indagini, per un totale di 108 letture, per i muretti ai lati delle strade all'interno dell'impianto.

Le misure sono state eseguite in accordo con la seguente normativa di settore:

- UNI EN 12504-2:2012 "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive – Determinazione dell'indice sclerometrico";
- UNI EN 12504-4:2005 "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici";
- UNI EN 13791:2008 "Valutazione della resistenza a compressione in sito nelle strutture e nei componenti prefabbricati di calcestruzzo".

Per l'esecuzione delle misure sono stati utilizzati:

- uno strumento per misure ultrasoniche MAE, corredato di barra di taratura e gel siliconico, con frequenza delle sonde compresa tra 40 e 60 kHz e visualizzazione del segnale su oscilloscopio;
- uno sclerometro di Schmidt della CONTROLS, corredato di incudine di taratura e pietra abrasiva;
- una fotocamera digitale.

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 41 di 133</p>

Le prove SONREB sono state eseguite in corrispondenza degli elementi strutturali, individuando preliminarmente settori caratterizzati da una superficie esente da lesioni, microfessurazioni, vespai, distacchi, polveri, ecc.

Le misure ultrasoniche vengono eseguite per trasmissione diretta, (i due trasduttori sono applicati su due facce opposte dell'elemento da saggiare), semidiretta, (i due trasduttori sono applicati su due facce adiacenti), indiretta, (i due trasduttori sono applicati sulla stessa faccia dell'elemento da saggiare). In particolare, dopo avere effettuato la pulizia e la spianatura della superficie di prova, sono state eseguite 9 misure ultrasoniche, posizionando i punti di misura lungo 2 allineamenti adeguatamente sfalsati sia in orizzontale che in verticale ed interponendo tra i trasduttori e la superficie del calcestruzzo uno strato di gel siliconico. Infine, si sono misurate le distanze dei percorsi ultrasonici.

In una seconda fase si è proceduto ad eseguire 9 battute sclerometriche in direzione orizzontale all'interno della zona di misura.

Prima dell'esecuzione delle indagini è stata eseguita la taratura sia dello strumento ad ultrasuoni misurando il tempo di riferimento T_{RIF} , che dello sclerometro.

Per ciascuna zona di indagine è stata compilata una scheda contenente:

- l'identificazione e l'ubicazione della zona di misura;
- per quanto riguarda le misure ultrasoniche, una tabella contenente i valori della lunghezza della base di misura D, del tempo di volo T e della velocità V per ognuno dei 9 punti di misura, i valori del tempo di riferimento T_{RIF} e di quello di taratura T_0 , nonché la media;
- per quanto riguarda le misure sclerometriche, una tabella contenente i valori delle battute S per ognuno dei 9 punti di misura, dell'angolo d'inclinazione dello strumento rispetto all'orizzontale, nonché la media;
- la documentazione fotografica della zona di misura.

Le correlazioni, per la determinazione della resistenza del calcestruzzo sono state desunte dalla letteratura:

$$R_{c1} = 9.27 \cdot 10^{-11} \cdot S^{1.4} \cdot V^{2.6} \quad (\text{tratta da [1]})$$

$$R_{c1} = 8.06 \cdot 10^{-8} \cdot S^{1.246} \cdot V^{1.85} \quad (\text{tratta da [2]})$$

$$R_{c3} = 1.2 \cdot 10^{-9} \cdot S^{1.058} \cdot V^{2.446} \quad (\text{tratta da [3]})$$

dove R_c è la resistenza cubica a compressione del calcestruzzo [N/mm^2].

6.4.2. Casa di guardia

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Casa di guardia-Pilastro piano terra	29/03/2021	Sonreb 1

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	29	56	20	3571	17,86	20,01	20,73
2	28	54	20	3704	18,69	20,49	21,84
3	30	56	20	3571	18,73	20,87	21,49
4	22	56	20	3571	12,13	14,18	15,48
5	26	71	20	2817	8,27	11,26	10,34
6	29	57	20	3509	17,05	19,37	19,85
7	30	54	20	3704	20,58	22,33	23,49
8	29	55	20	3636	18,71	20,69	21,67
9	31	56	20	3571	19,61	21,74	22,25
media	28,22				16,85	18,99	19,68
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione diretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Casa di guardia-Pilastro piano terra	29/03/2021	Sonreb 2



	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	36	173	20	1156	6,44	16,25	8,26
2	36	132	20	1515	13,00	26,81	16,00
3	30	199	20	1005	3,46	10,00	4,83
4	36	118	20	1695	17,40	32,99	21,05
5	35	137	20	1460	11,35	24,16	14,18
6	34	117	20	1709	16,43	31,21	20,23
7	29	173	20	1156	4,76	12,42	6,57
8	34	152	20	1316	8,32	19,23	10,67
9	30	117	20	1709	13,79	26,70	17,72
media	33,33				10,55	22,20	13,28
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione diretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Casa di guardia- Pilastro piano terra	29/03/2021	Sonreb 3

SCLEROMETRO		ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	28	130	42,5	3269	13,51	16,26	16,09
2	30	141	42,5	3014	12,05	15,25	14,19
3	34	130	42,5	3269	17,73	20,71	19,76
4	31	139	42,5	3058	13,09	16,31	15,21
5	31	121	42,5	3512	18,77	21,08	21,36
6	31	132	42,5	3220	14,97	17,95	17,26
7	31	129	42,5	3295	15,90	18,73	18,26
8	37	135	42,5	3148	18,09	21,46	19,71
9	33	118	42,5	3602	21,87	23,87	24,27
media	31,78				16,22	19,07	18,46
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione diretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Casa di guardia- Pilastro piano terra	29/03/2021	Sonreb 4

SCLEROMETRO		ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	28	71	25	3521	16,39	18,66	19,30
2	30	71	25	3521	18,05	20,33	20,76
3	34	71	25	3521	21,50	23,76	23,70
4	31	93	25	2688	9,37	12,85	11,10
5	31	80	25	3125	13,85	16,98	16,05
6	31	75	25	3333	16,39	19,14	18,79
7	31	75	25	3333	16,39	19,14	18,79
8	37	64	25	3906	31,71	31,99	33,40
9	33	65	25	3846	25,95	26,96	28,49
media	31,78				18,84	21,09	21,15
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione diretta						

	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p align="center">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 44 di 133</p>

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Casa di guardia- Pilastro primo piano	29/03/2021	Sonreb 5

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	28	127	20	1575	10,11	21,05	13,48
2	30	102	20	1961	19,69	34,42	24,79
3	34	136	20	1471	11,11	23,63	14,00
4	31	89	20	2247	29,39	46,14	35,82
5	31	141	20	1418	8,89	19,70	11,62
6	31	127	20	1575	11,66	23,90	15,01
7	31	103	20	1942	20,10	35,21	25,06
8	37	177	20	1130	6,30	16,12	8,04
9	33	106	20	1887	20,36	36,10	24,96
media	31,78				15,29	28,47	19,20
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione diretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Casa di guardia- Pilastro primo piano	29/03/2021	Sonreb 6

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	26	163	20	1227	4,76	12,10	6,77
2	24	153	20	1307	5,02	12,31	7,26
3	28	150	20	1333	6,56	15,47	8,97
4	25	211	20	948	2,31	7,15	3,45
5	28	162	20	1235	5,37	13,42	7,43
6	28	134	20	1493	8,80	19,06	11,82
7	26	105	20	1905	14,95	27,29	19,85
8	26	195	20	1026	2,99	8,68	4,37
9	26	147	20	1361	6,23	14,65	8,71
media	26,33				6,33	14,46	8,74
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione diretta						

6.4.3. Calice dx

ELEMENTO Sfioratore dx					DATA 29/03/2021	N. INDAGINE Sonreb1	
	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	36	104	20	1923	24,17	41,67	28,67
2	36	139	20	1439	11,37	24,37	14,10
3	35	141	20	1418	10,53	22,91	13,22
4	36	140	20	1429	11,16	24,05	13,86
5	40	139	20	1439	13,18	27,78	15,76
6	36	154	20	1299	8,71	20,16	10,97
7	36	166	20	1205	7,17	17,55	9,13
8	45	141	20	1418	14,97	31,34	17,24
9	36	122	20	1639	15,96	31,02	19,40
media	37,33				13,02	26,76	15,82
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



ELEMENTO Sfioratore dx					DATA 29/03/2021	N. INDAGINE Sonreb 2	
	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	32	122	20	1639	13,53	26,78	17,13
2	36	111	20	1802	20,40	36,94	24,44
3	38	150	20	1333	10,06	22,64	12,39
4	40	113	20	1770	22,57	40,76	26,16
5	36	150	20	1333	9,33	21,16	11,70
6	40	117	20	1709	20,62	38,21	24,03
7	38	122	20	1639	17,21	33,18	20,54
8	36	154	20	1299	8,71	20,16	10,97
9	38	111	20	1802	22,01	39,52	25,88
media	37,11				16,05	31,04	19,25
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Sfioratore dx	29/03/2021	Sonreb 3

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	34	107	20	1869	20,72	36,82	25,17
2	38	198	20	1010	4,89	13,55	6,28
3	40	169	20	1183	7,93	19,35	9,77
4	36	142	20	1408	10,75	23,42	13,38
5	40	131	20	1527	15,37	31,00	18,22
6	38	140	20	1429	12,04	25,72	14,67
7	38	92	20	2174	35,86	55,93	40,97
8	36	131	20	1527	13,26	27,19	16,30
9	40	107	20	1869	26,01	45,08	29,89
media	37,78				16,31	30,90	19,41
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Sfioratore dx	29/03/2021	Sonreb 4

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	42	87	20	2299	47,70	70,25	52,22
2	40	121	20	1653	18,90	35,91	22,13
3	44	135	20	1481	16,24	33,02	18,73
4	44	87	20	2299	50,91	74,45	54,85
5	46	98	20	2041	39,76	63,13	42,97
6	46	110	20	1818	29,44	50,98	32,39
7	46	99	20	2020	38,72	61,96	41,91
8	43	125	20	1600	19,21	37,00	22,06
9	42	119	20	1681	21,13	39,36	24,27
media	43,67				31,33	51,78	34,61
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 47 di 133</p>

ELEMENTO Sfioratore dx	DATA 29/03/2021	N. INDAGINE Sonreb 5
---------------------------	--------------------	-------------------------

SCLEROMETRO		ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	48	92	20	2174	49,73	74,82	52,46
2	45	110	20	1818	28,55	49,61	31,65
3	47	118	20	1695	25,28	45,99	27,91
4	45	116	20	1724	24,87	44,96	27,79
5	43	96	20	2083	38,17	60,30	42,08
6	38	110	20	1818	22,53	40,18	26,46
7	42	98	20	2041	35,00	56,37	39,02
8	44	100	20	2000	35,45	57,54	39,02
9	47	78	20	2564	74,17	98,92	76,82
media	44,33				37,08	58,74	40,36
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO Sfioratore dx	DATA 29/03/2021	N. INDAGINE Sonreb 6
---------------------------	--------------------	-------------------------

SCLEROMETRO		ULTRASUONI			R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]			
1	29	223	40	1794	2,98	5,60	3,85
2	30	101	40	3960	24,50	25,27	27,67
3	29	101	40	3960	23,36	24,23	26,70
4	28	114	40	3509	16,24	18,54	19,13
5	29	123	40	3252	14,00	16,83	16,49
6	28	114	40	3509	16,24	18,54	19,13
7	31	101	40	3960	25,65	26,33	28,65
8	29	154	40	2597	7,80	11,10	9,51
9	30	135	40	2963	11,52	14,77	13,61
media	29,22				15,81	17,91	18,30
α °=0		T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			

	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p align="center">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 48 di 133</p>



6.4.4. Torino aeroforo dx

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
<i>Torino aeroforo dx</i>	29/03/2021	Sonreb1

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	36	97	20	2062	11,59	18,96	13,60
2	37	97	20	2062	12,04	19,62	14,00
3	38	142	20	1408	4,64	10,02	5,67
4	40	90	20	2222	16,32	24,84	18,26
5	40	60	20	3333	46,83	52,58	49,22
6	39	68	20	2941	32,64	40,42	35,28
7	41	72	20	2778	30,17	38,70	32,35
8	37	88	20	2273	15,51	23,49	17,76
9	35	92	20	2174	12,78	20,19	15,02
media	38,11				20,28	27,65	22,35
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
<i>Torino aeroforo dx</i>	29/03/2021	Sonreb 2

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	35	100	20	2000	10,29	17,31	12,25
2	41	97	20	2062	13,90	22,30	15,60
3	35	73	20	2740	23,33	30,98	26,45
4	40	118	20	1695	8,07	15,05	9,41
5	37	81	20	2469	19,24	27,39	21,75
6	42	112	20	1786	9,89	17,61	11,26
7	44	79	20	2532	26,17	35,60	27,78
8	41	93	20	2151	15,51	24,10	17,30
9	39	93	20	2151	14,46	22,65	16,40
media	39,33				15,65	23,66	17,58
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 49 di 133</p>



ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Torino aeroforo dx	29/03/2021	Sonreb 3

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	34	113	20	1770	14,38	26,63	17,62
2	37	169	20	1183	5,69	14,05	7,20
3	38	143	20	1399	9,11	19,79	11,14
4	40	134	20	1493	11,59	23,79	13,79
5	35	117	20	1709	13,68	25,89	16,69
6	34	120	20	1667	12,30	23,83	15,21
7	32	128	20	1563	9,56	19,61	12,18
8	30	137	20	1460	7,32	15,95	9,64
9	33	125	20	1600	10,61	21,29	13,34
media	34,78				10,47	21,20	12,98
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

6.4.5. Calice sx

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Sfioratoresx	29/03/2021	Sonreb1

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	52	115	20	1739	24,91	43,77	26,46
2	50	137	20	1460	14,96	30,15	16,54
3	42	197	20	1015	4,56	12,39	5,66
4	46	107	20	1869	25,31	42,93	27,73
5	46	137	20	1460	13,31	27,17	15,15
6	48	143	20	1399	12,64	26,47	14,27
7	47	142	20	1408	12,50	26,12	14,20
8	50	142	20	1408	13,63	28,22	15,16
9	48	185	20	1081	6,47	16,44	7,60
media	47,67				14,25	28,18	15,86
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 50 di 133</p>

<p>ELEMENTO Sfioratoresx</p>	<p>DATA 29/03/2021</p>	<p>N. INDAGINE Sonreb 2</p>
---	-----------------------------------	--

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	48	274	20	730	2,91	9,94	3,63
2	46	124	20	1613	21,56	40,85	24,16
3	42	122	20	1639	19,80	37,58	22,84
4	50	138	20	1449	18,35	37,18	20,32
5	50	179	20	1117	9,33	22,98	10,75
6	52	189	20	1058	8,56	21,82	9,81
7	46	111	20	1802	28,76	50,14	31,68
8	44	171	20	1170	8,79	21,33	10,50
9	48	140	20	1429	16,69	34,41	18,78
media	47,33				14,97	30,69	16,94
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

<p>ELEMENTO Sfioratoresx</p>	<p>DATA 29/03/2021</p>	<p>N. INDAGINE Sonreb3</p>
---	-----------------------------------	---------------------------------------

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	47	121	20	1653	23,68	35,12	21,00
2	46	89	20	2247	40,86	60,36	43,51
3	50	140	20	1429	14,14	28,97	15,69
4	44	124	20	1613	16,21	30,92	18,44
5	48	133	20	1504	15,26	30,27	17,04
6	42	121	20	1653	16,19	30,53	18,64
7	48	130	20	1538	16,19	31,57	18,01
8	50	110	20	1818	26,47	45,25	28,30
9	43	102	20	1961	26,08	43,12	29,02
media	46,44				21,68	37,35	23,29
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione diretta						



	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p align="center">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="center">Pag. 51 di 133</p>

ELEMENTO Sfioratoresx	DATA 29/03/2021	N. INDAGINE Sonreb 4
--	----------------------------------	---------------------------------------

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	40	142	20	1408	4,99	10,68	5,98
2	42	100	20	2000	13,28	21,72	14,86
3	40	118	20	1695	8,07	15,05	9,41
4	45	117	20	1709	9,73	17,70	10,89
5	47	103	20	1942	14,40	23,66	15,57
6	42	97	20	2062	14,38	22,98	16,01
7	40	100	20	2000	12,41	20,44	14,11
8	43	78	20	2564	26,19	35,42	27,97
9	48	118	20	1695	10,41	18,88	11,41
media	43,00				12,65	20,73	14,02
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO Sfioratoresx	DATA 29/03/2021	N. INDAGINE Sonreb 5
--	----------------------------------	---------------------------------------

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	42	142	20	1408	5,34	11,35	6,30
2	40	118	20	1695	8,07	15,05	9,41
3	44	140	20	1429	5,91	12,35	6,85
4	40	121	20	1653	7,56	14,36	8,85
5	41	124	20	1613	7,34	14,16	8,56
6	46	111	20	1802	11,50	20,05	12,67
7	45	115	20	1739	10,17	18,28	11,35
8	48	137	20	1460	7,06	14,33	7,92
9	40	117	20	1709	8,25	15,29	9,61
media	42,89				7,91	15,02	9,06
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 52 di 133</p>



ELEMENTO Sfioratoresx	DATA 29/03/2021	N. INDAGINE Sonreb 6
---------------------------------	---------------------------	--------------------------------

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	40	129	20	1550	6,40	12,76	7,57
2	42	118	20	1695	8,64	15,99	9,91
3	46	107	20	1869	12,65	21,46	13,86
4	44	115	20	1739	9,86	17,77	11,09
5	42	137	20	1460	5,86	12,13	6,88
6	40	120	20	1667	7,72	14,59	9,03
7	47	132	20	1515	7,55	14,95	8,49
8	37	112	20	1786	8,29	15,04	9,85
9	41	123	20	1626	7,50	14,37	8,73
media	42,11				8,27	15,45	9,49
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

6.4.6. Torrino aeroforo dx

ELEMENTO Torrino Aeroforo sx	DATA 29/03/2021	N. INDAGINE Sonreb 1
--	---------------------------	--------------------------------

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	34	72	20	2778	23,22	30,65	26,53
2	31	70	20	2857	21,95	28,78	25,78
3	30	81	20	2469	14,34	21,09	17,42
4	30	81	20	2469	14,34	21,09	17,42
5	32	112	20	1786	6,76	12,55	8,44
6	34	85	20	2353	15,08	22,55	17,68
7	29	67	20	2985	22,41	28,72	26,74
8	32	97	20	2062	9,83	16,37	12,00
9	27	81	20	2469	12,38	18,49	15,59
media	31,00				15,59	22,25	18,62
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p align="center">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="center">Pag. 53 di 133</p>

ELEMENTO Torino Aeroforo sx	DATA 29/03/2021	N. INDAGINE Sonreb 2
---------------------------------------	---------------------------	--------------------------------

SCLEROMETRO		ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	23	70	20	2857	14,45	19,84	18,80
2	20	100	20	2000	4,70	8,62	6,78
3	26	81	20	2469	11,74	17,65	14,98
4	24	67	20	2985	17,19	22,69	21,89
5	27	85	20	2353	10,92	16,92	13,85
6	25	81	20	2469	11,11	16,80	14,37
7	23	100	20	2000	5,72	10,26	7,86
8	20	173	20	1156	1,13	3,13	1,77
9	26	112	20	1786	5,06	9,69	6,78
media	23,78				9,11	13,95	11,90
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO Torino Aeroforo sx	DATA 29/03/2021	N. INDAGINE Sonreb 3
---------------------------------------	---------------------------	--------------------------------

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	28	79	20	2532	13,90	20,27	17,22
2	24	73	20	2740	13,75	19,36	17,75
3	23	70	20	2857	14,45	19,84	18,80
4	21	67	20	2985	14,26	19,21	19,00
5	24	100	20	2000	6,07	10,81	8,22
6	27	81	20	2469	12,38	18,49	15,59
7	30	85	20	2353	12,66	19,29	15,49
8	31	72	20	2778	20,40	27,32	24,06
9	29	97	20	2062	8,56	14,48	10,82
media	26,33				12,94	18,79	16,33
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 54 di 133</p>



6.4.7. Torre di manovra

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Torre di manovra	30/03/2021	Sonreb 1

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	28	86	20	2326	22,29	34,64	27,98
2	24	102	20	1961	11,53	20,85	15,66
3	23	77	20	2597	22,56	33,27	29,78
4	21	184	20	1087	2,06	5,93	3,21
5	24	129	20	1550	6,26	13,50	8,82
6	27	118	20	1695	9,31	18,44	12,42
7	30	109	20	1835	13,26	24,35	16,86
8	31	91	20	2198	22,19	35,43	27,14
9	29	90	20	2222	20,80	33,27	25,98
media	26,33				14,47	24,41	18,65
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Torre di manovra	30/03/2021	Sonreb 2

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	26	131	20	1527	6,73	14,50	9,24
2	26	104	20	1923	12,26	22,23	16,25
3	28	135	20	1481	6,90	15,04	9,29
4	28	146	20	1370	5,63	13,01	7,67
5	30	104	20	1923	14,98	26,56	18,91
6	24	134	20	1493	5,67	12,59	8,03
7	26	122	20	1639	8,10	16,54	11,00
8	30	96	20	2083	18,45	30,80	23,00
9	26	107	20	1869	11,39	21,09	15,16
media	27,11				10,01	19,15	13,17
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 55 di 133</p>

ELEMENTO Torre di manovra	DATA 30/03/2021	N. INDAGINE Sonreb 3
--	----------------------------------	---------------------------------------

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	28	109	20	1835	12,04	22,35	15,67
2	21	115	20	1739	7,00	14,14	10,14
3	25	101	20	1980	12,52	22,34	16,75
4	26	119	20	1681	8,64	17,32	11,69
5	29	128	20	1563	8,33	17,34	10,98
6	30	158	20	1266	5,05	12,25	6,80
7	26	103	20	1942	12,57	22,63	16,64
8	29	115	20	1739	11,00	21,14	14,27
9	32	109	20	1835	14,51	26,39	18,05
media	27,33				10,18	19,55	13,44
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO Torre di manovra	DATA 30/03/2021	N. INDAGINE Sonreb 4
--	----------------------------------	---------------------------------------

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	36	116	20	1724	14,56	27,24	17,56
2	22	94	20	2128	12,62	21,76	17,44
3	24	115	20	1739	8,44	16,70	11,68
4	32	178	20	1124	4,05	10,65	5,44
5	30	170	20	1176	4,17	10,70	5,68
6	22	117	20	1709	7,14	14,51	10,21
7	20	116	20	1724	6,39	13,10	9,43
8	19	128	20	1563	4,61	10,24	7,02
9	21	101	20	1980	9,81	17,98	13,93
media	25,11				7,98	15,88	10,93
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 56 di 133</p>

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Torre di manovra	30/03/2021	Sonreb 5

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	27	85	20	2353	21,84	33,83	27,71
2	25	106	20	1887	11,04	20,43	14,88
3	25	143	20	1399	5,07	11,74	7,16
4	23	140	20	1429	4,77	11,01	6,90
5	18	139	20	1439	3,45	8,22	5,42
6	18	128	20	1563	4,27	9,57	6,63
7	28	146	20	1370	5,63	13,01	7,67
8	21	117	20	1709	6,69	13,70	9,72
9	26	97	20	2062	14,70	25,28	19,27
media	23,44				8,61	16,31	11,71
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Torre di manovra	30/03/2021	Sonreb 6

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	30	96	20	2083	18,45	30,80	23,00
2	32	133	20	1504	8,65	18,26	11,09
3	29	133	20	1504	7,54	16,16	10,00
4	21	117	20	1709	6,69	13,70	9,72
5	28	99	20	2020	15,46	26,70	19,83
6	23	108	20	1852	9,36	17,79	13,02
7	27	106	20	1887	12,30	22,49	16,15
8	25	91	20	2198	16,42	27,10	21,62
9	29	89	20	2247	21,42	33,97	26,70
media	27,11				12,92	23,00	16,79
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p align="center">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="center">Pag. 57 di 133</p>



6.4.8. Imbocco scarico di fondo

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Imbocco scarico di fondo	30/03/2021	Sonreb1

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	31	78	20	2564	16,57	23,56	19,78
2	30	76	20	2632	16,93	23,73	20,36
3	38	84	20	2381	18,17	26,47	20,47
4	34	67	20	2985	27,99	35,02	31,64
5	32	80	20	2500	16,22	23,39	19,23
6	36	78	20	2564	20,43	28,38	23,18
7	31	71	20	2817	21,16	28,03	24,90
8	32	89	20	2247	12,29	19,20	14,82
9	30	76	20	2632	16,93	23,73	20,36
media	32,67				18,52	25,72	21,64
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Imbocco scarico di fondo	30/03/2021	Sonreb 2

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	35	78	20	2564	19,64	27,40	22,50
2	40	71	20	2817	30,23	38,51	32,61
3	31	83	20	2410	14,10	21,00	17,00
4	38	80	20	2500	20,63	28,97	23,07
5	36	89	20	2247	14,49	22,24	16,78
6	35	68	20	2941	28,05	35,32	31,47
7	40	67	20	2985	35,15	42,87	37,58
8	36	72	20	2778	25,15	32,91	28,19
9	41	62	20	3226	44,51	51,04	46,63
media	36,89				25,77	33,36	28,42
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 58 di 133</p>

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Imbocco scarico di fondo	30/03/2021	Sonreb 3

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	37	115	20	1739	7,73	14,32	9,23
2	34	129	20	1550	5,10	10,42	6,37
3	37	124	20	1613	6,36	12,46	7,68
4	34	100	20	2000	9,88	16,69	11,88
5	32	115	20	1739	6,31	11,95	7,92
6	30	84	20	2381	13,05	19,72	15,94
7	38	89	20	2247	15,63	23,79	17,77
8	32	97	20	2062	9,83	16,37	12,00
9	29	119	20	1681	5,03	9,92	6,56
media	33,67				8,77	15,07	10,60
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Imbocco scarico di fondo	08/04/2021	Sonreb 4

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	32	111	20	1802	6,92	12,76	8,63
2	33	78	20	2564	18,08	25,47	21,14
3	35	108	20	1852	8,43	15,01	10,15
4	32	106	20	1887	7,80	13,90	9,66
5	29	96	20	2083	8,80	14,76	11,09
6	33	101	20	1980	9,24	15,79	11,23
7	27	92	20	2174	8,89	14,61	11,42
8	28	95	20	2105	8,60	14,41	10,97
9	28	109	20	1835	6,02	11,17	7,84
media	30,78				9,20	15,32	11,35
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 59 di 133</p>

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Imbocco scarico di fondo	08/04/2021	Sonreb 5

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	28	82	20	2439	12,62	18,92	15,72
2	32	83	20	2410	14,74	21,85	17,58
3	30	82	20	2439	13,89	20,62	16,91
4	30	77	20	2597	16,36	23,16	19,72
5	38	92	20	2174	14,34	22,37	16,39
6	30	90	20	2222	10,91	17,35	13,47
7	28	85	20	2353	11,49	17,70	14,40
8	26	79	20	2532	12,53	18,48	15,92
9	28	95	20	2105	8,60	14,41	10,97
media	30,00				12,83	19,43	15,67
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Imbocco scarico di fondo	08/04/2021	Sonreb 6


	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	28	125	20	1600	4,22	8,67	5,61
2	27	133	20	1504	3,41	7,39	4,63
3	26	102	20	1961	6,45	11,52	8,52
4	25	118	20	1695	4,18	8,38	5,72
5	28	97	20	2062	8,15	13,86	10,42
6	27	125	20	1600	4,01	8,29	5,39
7	29	121	20	1653	4,82	9,62	6,30
8	25	130	20	1538	3,25	7,00	4,52
9	27	99	20	2020	7,35	12,76	9,54
media	26,89				5,09	9,72	6,74
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p align="center">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 60 di 133</p>

6.4.9. Torre accesso drenaggi

ELEMENTO Torre accesso drenaggi					DATA 08/04/2021	N. INDAGINE Sonreb 1	
SCLEROMETRO		ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	34	76	20	2632	20,17	27,73	23,25
2	38	79	20	2532	21,31	29,65	23,79
3	37	72	20	2778	26,13	34,06	29,02
4	37	85	20	2353	16,97	25,05	19,33
5	39	74	20	2703	26,20	34,57	28,69
6	35	67	20	2985	29,15	36,30	32,63
7	36	67	20	2985	30,33	37,60	33,61
8	36	81	20	2469	18,52	26,47	21,13
9	37	83	20	2410	18,06	26,18	20,49
media	36,56				22,98	30,85	25,77
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO Torre accesso drenaggi					DATA 08/04/2021	N. INDAGINE Sonreb 2	
	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	33	88	20	2273	13,21	20,37	15,74
2	35	71	20	2817	25,07	32,61	28,31
3	34	90	20	2222	13,00	20,28	15,37
4	35	99	20	2020	10,56	17,63	12,56
5	37	81	20	2469	19,24	27,39	21,75
6	36	100	20	2000	10,71	17,92	12,62
7	30	76	20	2632	16,93	23,73	20,36
8	34	80	20	2500	17,65	25,22	20,51
9	33	85	20	2353	14,46	21,72	17,13
media	34,11				15,65	22,99	18,26
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p align="center">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 61 di 133</p>



ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Torre accesso drenaggi	08/04/2021	Sonreb 3

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	38	82	20	2439	19,35	27,68	21,71
2	37	64	20	3125	35,50	42,35	38,71
3	35	91	20	2198	13,15	20,60	15,43
4	35	80	20	2500	18,38	26,15	21,14
5	39	71	20	2817	29,17	37,32	31,75
6	34	68	20	2941	26,94	34,07	30,52
7	38	75	20	2667	24,40	32,65	27,01
8	38	79	20	2532	21,31	29,65	23,79
9	37	87	20	2299	15,98	24,00	18,27
media	36,78				22,69	30,50	25,37
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

6.4.10. Cunicolo ispezione drenaggi Sx e Dx

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Cunicolo ispezione drenaggi SX	08/04/2021	Sonreb1

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	41	69	20	2899	33,70	41,87	35,89
2	40	69	20	2899	32,56	40,60	34,97
3	36	67	20	2985	30,33	37,60	33,61
4	35	71	20	2817	25,07	32,61	28,31
5	45	60	20	3333	55,22	60,90	55,75
6	45	73	20	2740	33,16	42,37	34,51
7	43	64	20	3125	43,81	51,07	45,38
8	37	75	20	2667	23,50	31,58	26,26
9	38	66	20	3030	34,02	41,35	36,93
media	40,00				34,60	42,22	36,85
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 62 di 133</p>

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Cunicolo ispezione drenaggiSx	08/04/2021	Sonreb 2

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	38	82	20	2439	19,35	27,68	21,71
2	35	83	20	2410	16,71	24,43	19,32
3	34	95	20	2105	11,29	18,35	13,47
4	31	73	20	2740	19,68	26,63	23,27
5	37	66	20	3030	32,77	40,00	35,90
6	36	72	20	2778	25,15	32,91	28,19
7	38	81	20	2469	19,97	28,31	22,38
8	35	70	20	2857	26,02	33,48	29,31
9	37	93	20	2151	13,43	21,21	15,52
media	35,67				20,49	28,11	23,23
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Cunicolo ispezione drenaggiDx	08/04/2021	Sonreb 3

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	37	71	20	2817	27,10	34,95	30,03
2	39	77	20	2597	23,63	32,12	26,03
3	41	76	20	2632	26,22	35,02	28,34
4	40	88	20	2273	17,30	25,89	19,29
5	39	67	20	2985	33,92	41,54	36,58
6	38	62	20	3226	40,02	46,43	43,03
7	41	85	20	2353	19,60	28,47	21,55
8	40	66	20	3030	36,55	44,08	38,99
9	40	68	20	2941	33,82	41,72	36,24
media	39,44				28,68	36,69	31,12
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 63 di 133</p>

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Cunicolo ispezione drenaggiDx	09/04/2021	Sonreb4

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	35	63	20	3175	34,21	40,68	37,93
2	37	58	20	3448	45,85	50,81	49,24
3	35	83	20	2410	16,71	24,43	19,32
4	34	65	20	3077	30,29	37,03	34,08
5	37	66	20	3030	32,77	40,00	35,90
6	41	62	20	3226	44,51	51,04	46,63
7	35	80	20	2500	18,38	26,15	21,14
8	36	75	20	2667	22,62	30,52	25,51
9	32	79	20	2532	16,76	23,94	19,83
media	35,78				29,12	36,07	32,18
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Cunicolo ispezione drenaggiDx	09/04/2021	Sonreb 5

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	38	93	20	2151	13,95	21,93	15,96
2	35	79	20	2532	19,00	26,77	21,81
3	36	72	20	2778	25,15	32,91	28,19
4	33	60	20	3333	35,77	41,38	40,16
5	37	64	20	3125	35,50	42,35	38,71
6	33	67	20	2985	26,85	33,74	30,66
7	32	76	20	2632	18,53	25,71	21,80
8	37	97	20	2062	12,04	19,62	14,00
9	38	77	20	2597	22,78	31,09	25,33
media	35,44				23,28	30,61	26,29
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 64 di 133</p>



ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Cunicolo ispezione drenaggiDx	09/04/2021	Sonreb 6

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	32	79	20	2532	16,76	23,94	19,83
2	36	70	20	2857	27,06	34,67	30,20
3	30	66	20	3030	24,43	30,80	28,76
4	36	63	20	3175	35,59	42,14	39,08
5	38	74	20	2703	25,26	33,47	27,91
6	31	70	20	2857	21,95	28,78	25,78
7	35	75	20	2667	21,74	29,47	24,76
8	28	73	20	2740	17,07	23,46	20,89
9	34	77	20	2597	19,50	27,07	22,52
media	33,33				23,26	30,42	26,64
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

6.4.11. Canale di restituzione in alveo

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Canale restituzione in alveo	09/04/2021	Sonreb1

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	24	99	20	2020	15,57	27,54	21,06
2	25	100	20	2000	16,06	28,45	21,45
3	23	98	20	2041	15,06	26,62	20,64
4	24	98	20	2041	15,99	28,07	21,59
5	18	97	20	2062	10,98	19,99	16,33
6	26	86	20	2326	25,12	39,49	32,34
7	24	97	20	2062	16,42	28,60	22,14
8	20	97	20	2062	12,72	22,79	18,25
9	21	95	20	2105	14,38	25,17	20,22
media	22,78				15,81	27,41	21,56
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 65 di 133</p>

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Canale restituzione in alveo	09/04/2021	Sonreb2

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	16	144	20	1389	3,33	8,31	5,48
2	18	144	20	1389	3,93	9,62	6,21
3	14	110	20	1818	5,57	11,58	9,20
4	13	109	20	1835	5,14	10,74	8,70
5	15	121	20	1653	4,79	10,58	7,84
6	16	122	20	1639	5,13	11,29	8,23
7	16	110	20	1818	6,71	13,68	10,60
8	14	111	20	1802	5,44	11,39	9,00
9	13	110	20	1818	5,02	10,56	8,51
media	15,00				5,01	10,86	8,20
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Canale restituzione in alveo	09/04/2021	Sonreb 3

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	28	129	20	1550	9,71	20,45	12,97
2	18	137	20	1460	4,47	10,55	7,02
3	20	136	20	1471	5,28	12,20	7,99
4	10	135	20	1481	2,04	5,21	3,91
5	19	134	20	1493	5,11	11,76	7,84
6	14	134	20	1493	3,33	8,04	5,68
7	14	135	20	1481	3,27	7,93	5,58
8	20	131	20	1527	5,82	13,07	8,75
9	22	132	20	1515	6,53	14,51	9,50
media	18,33				5,06	11,53	7,69
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 66 di 133</p>

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Canale restituzione in alveo	09/04/2021	Sonreb 4

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	34	73	29,7	4068	31,31	31,05	33,74
2	36	70	29,7	4243	37,83	36,03	39,72
3	28	98	29,7	3031	11,09	14,14	13,37
4	37	83	29,7	3578	25,24	27,20	26,95
5	40	82	29,7	3622	29,05	30,66	30,15
6	34	72	29,7	4125	32,45	31,85	34,90
7	27	82	29,7	3622	16,76	18,79	19,89
8	36	90	29,7	3300	19,68	22,63	21,48
9	38	102	29,7	2912	15,33	19,21	16,75
media	34,44				24,31	25,73	26,33
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione diretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Canale restituzione in alveo	10/04/2021	Sonreb 5

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	36	131	50	3817	28,73	29,62	30,66
2	32	239	50	2092	5,10	8,41	6,22
3	30	142	50	3521	18,05	20,33	20,76
4	32	147	50	3401	18,05	20,67	20,42
5	28	132	50	3788	19,81	21,36	23,07
6	29	144	50	3472	16,60	18,99	19,35
7	36	192	50	2604	10,63	14,60	12,04
8	34	253	50	1976	4,79	8,16	5,77
9	34	164	50	3049	14,79	18,21	16,66
media	32,33				15,17	17,82	17,22
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione diretta						

	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 67 di 133</p>

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Canale restituzione in alveo	10/04/2021	Sonreb 6

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	20	170	20	1176	5,92	16,14	9,25
2	30	168	20	1190	10,76	27,35	14,63
3	26	180	20	1111	7,36	20,14	10,62
4	20	171	20	1170	5,83	15,97	9,12
5	25	179	20	1117	7,07	19,38	10,33
6	25	165	20	1212	8,74	22,53	12,61
7	30	182	20	1099	8,74	23,58	12,03
8	33	173	20	1156	11,40	29,17	15,06
9	28	177	20	1130	8,53	22,78	11,97
media	26,33				8,26	21,89	11,73
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

6.4.12. Muri strade interne impianto

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Strade all'interno dell'impianto	10/04/2021	Sonreb 1



	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	22	178	20	1124	6,00	16,70	9,15
2	20	179	20	1117	5,17	14,67	8,16
3	25	223	20	897	3,99	12,90	6,03
4	22	212	20	943	3,81	12,08	5,96
5	24	201	20	995	4,94	14,86	7,45
6	23	189	20	1058	5,46	15,79	8,28
7	22	197	20	1015	4,61	13,84	7,14
8	24	217	20	922	4,05	12,90	6,18
9	25	219	20	913	4,19	13,34	6,31
media	23,00				4,69	14,12	7,18
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Strade all'interno dell'impianto	10/04/2021	Sonreb 2

SCLEROMETRO		ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	28	226	20	885	4,52	14,50	6,58
2	24	187	20	1070	5,96	16,99	8,89
3	25	130	20	1538	16,24	35,02	22,58
4	28	221	20	905	4,79	15,11	6,95
5	20	145	20	1379	8,95	21,67	13,65
6	22	179	20	1117	5,91	16,52	9,02
7	28	181	20	1105	8,05	21,86	11,33
8	26	209	20	957	4,99	15,28	7,37
9	24	194	20	1031	5,42	15,87	8,12
media	25,00				7,20	19,20	10,50
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Strade all'interno dell'impianto	10/04/2021	Sonreb 3

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	28	245	20	816	3,66	12,49	5,40
2	21	193	20	1036	4,55	13,57	7,14
3	22	134	20	1493	12,55	28,23	18,32
4	24	164	20	1220	8,38	21,65	12,25
5	29	215	20	930	5,40	16,61	7,72
6	25	198	20	1010	5,44	16,08	8,07
7	26	223	20	897	4,22	13,55	6,29
8	28	176	20	1136	8,66	23,03	12,14
9	22	237	20	844	2,85	9,83	4,54
media	25,00				6,19	17,23	9,10
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 69 di 133</p>

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Strade all'interno dell'impianto	10/04/2021	Sonreb 4

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	20	111	20	1802	8,96	17,76	13,13
2	21	102	20	1961	11,95	22,07	17,00
3	22	99	20	2020	13,79	24,71	19,21
4	20	92	20	2174	14,60	25,14	20,77
5	19	109	20	1835	8,74	17,23	13,00
6	20	100	20	2000	11,75	21,54	16,94
7	22	95	20	2105	15,35	26,67	21,24
8	24	105	20	1905	13,36	24,70	18,23
9	22	97	20	2062	14,54	25,67	20,19
media	21,11				12,56	22,83	17,75
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Strade all'interno dell'impianto	10/04/2021	Sonreb 5

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	20	82	20	2439	19,69	31,10	27,53
2	18	105	20	1905	8,93	17,26	13,45
3	20	94	20	2128	13,81	24,16	19,71
4	22	92	20	2174	16,68	28,30	22,98
5	24	101	20	1980	14,78	26,54	20,05
6	20	94	20	2128	13,81	24,16	19,71
7	20	87	20	2299	16,88	27,87	23,82
8	21	103	20	1942	11,65	21,67	16,60
9	24	96	20	2083	16,87	29,16	22,70
media	21,00				14,79	25,58	20,73
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 70 di 133</p>

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Strade all'interno dell'impianto	10/04/2021	Sonreb 6

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	21	93	20	2151	15,20	26,18	21,30
2	20	95	20	2105	13,43	23,69	19,21
3	23	92	20	2174	17,75	29,92	24,09
4	19	91	20	2198	13,98	24,06	20,21
5	20	98	20	2041	12,39	22,36	17,80
6	27	94	20	2128	21,01	35,11	27,08
7	21	95	20	2105	14,38	25,17	20,22
8	23	91	20	2198	18,27	30,53	24,74
9	20	87	20	2299	16,88	27,87	23,82
media	21,56				15,92	27,21	22,05
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Strade all'interno dell'impianto	10/04/2021	Sonreb 7

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	22	78	20	2564	15,38	23,05	20,65
2	21	92	20	2174	9,38	16,03	13,13
3	25	107	20	1869	8,08	15,06	10,91
4	24	71	20	2817	22,18	30,57	28,49
5	27	85	20	2353	16,38	25,38	20,78
6	24	91	20	2198	11,63	19,31	15,53
7	26	83	20	2410	16,53	25,30	21,16
8	20	101	20	1980	6,87	12,69	9,92
9	20	97	20	2062	7,63	13,67	10,95
media	23,22				12,67	20,12	16,83
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione semidiretta						



	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 71 di 133</p>

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Strade all'interno dell'impianto	10/04/2021	Sonreb 8

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	20	124	20	1613	13,44	28,94	20,02
2	22	132	20	1515	13,05	29,03	19,00
3	19	171	20	1170	5,42	14,98	8,64
4	18	120	20	1667	12,63	26,97	19,40
5	20	154	20	1299	7,65	19,38	11,78
6	24	128	20	1563	15,97	34,25	22,47
7	20	139	20	1439	9,99	23,43	15,14
8	22	169	20	1183	6,87	18,38	10,38
9	23	147	20	1361	10,50	25,14	15,31
media	20,89				10,61	24,50	15,80
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Strade all'interno dell'impianto	10/04/2021	Sonreb 9

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	20	114	20	1754	16,72	33,81	24,59
2	22	111	20	1802	20,48	40,00	29,04
3	20	116	20	1724	15,98	32,74	23,57
4	19	130	20	1538	11,06	24,88	16,89
5	23	108	20	1852	23,40	44,48	32,54
6	22	119	20	1681	17,09	35,17	24,49
7	20	121	20	1653	14,32	30,28	21,26
8	20	128	20	1563	12,37	27,29	18,52
9	19	123	20	1626	12,77	27,56	19,34
media	20,56				16,02	32,91	23,36
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						



 II122F A-SIS-RT-201-00	<p style="text-align: center;">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	 Pag. 72 di 133
	RELAZIONE TECNICA	

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Strade all'interno dell'impianto	10/04/2021	Sonreb 10

SCLEROMETRO		ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	20	124	20	1613	13,44	28,94	20,02
2	19	108	20	1852	17,91	35,05	26,59
3	21	131	20	1527	12,47	27,78	18,43
4	20	123	20	1626	13,72	29,38	20,42
5	18	108	20	1852	16,60	32,77	25,11
6	22	119	20	1681	17,09	35,17	24,49
7	21	121	20	1653	15,33	32,18	22,38
8	20	128	20	1563	12,37	27,29	18,52
9	22	123	20	1626	15,68	33,08	22,59
media	20,33				14,96	31,29	22,06
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Strade all'interno dell'impianto	10/04/2021	Sonreb 11

	SCLEROMETRO	ULTRASUONI					
Misure	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica Vc [m/s]	R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
1	20	142	20	1408	9,45	22,52	14,37
2	21	133	20	1504	11,99	27,01	17,76
3	18	119	20	1681	12,90	27,39	19,81
4	20	111	20	1802	17,92	35,52	26,25
5	18	120	20	1667	12,63	26,97	19,40
6	20	127	20	1575	12,63	27,69	18,88
7	22	113	20	1770	19,55	38,70	27,79
8	20	129	20	1550	12,12	26,90	18,18
9	21	117	20	1709	16,73	34,24	24,30
media	20,00				13,99	29,66	20,75
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
	Misura per trasmissione indiretta						

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 73 di 133</p>

ELEMENTO	DATA	N. INDAGINE
Strade all'interno dell'impianto	10/04/2021	Sonreb12

Misure	SCLEROMETRO	ULTRASUONI			R _c (N/mm ²) (1)	R _c (N/mm ²) (2)	R _c (N/mm ²) (3)
	Indice rimbalzo S	Tempo di transito [μs]	Distanza D [cm]	Velocità ultrasonica V _c [m/s]			
1	32	84	20	2381	14,28	21,37	17,07
2	20	71	20	2817	11,45	16,24	15,66
3	36	74	20	2703	23,42	31,29	26,36
4	38	87	20	2299	16,59	24,81	18,79
5	30	81	20	2469	14,34	21,09	17,42
6	34	75	20	2667	20,88	28,42	24,01
7	35	79	20	2532	19,00	26,77	21,81
8	31	84	20	2381	13,66	20,54	16,50
9	34	76	20	2632	20,17	27,73	23,25
media	32,22				17,09	24,25	20,10
	α °=0	T _{RIF} [μs]=50,00		T ₀ [μs]=50,00			
		Misura per trasmissione indiretta					

6.4.13. Indagini magnetometriche con pacometro



Lo scopo della prova è di determinare la posizione delle armature, lo spessore del copri-ferro e, con buona approssimazione, il diametro dei ferri facendo scorrere lungo la superficie una sonda emettitrice di campo magnetico collegata ad un'unità di elaborazione digitale ed acustica.

In conseguenza della presenza d'acqua e di alta vegetazione, non è stato possibile, rispetto al piano d'indagine presentato, eseguire le prove Pacometriche e Son-Reb per la galleria scarico di fondo e per la galleria sfioratore sx. Si veda

Figura 6-1.



Figura 6-1: Diga di Gibbesi – Galleria scarico di fondo e galleria sfioratore sx - Presenza d'acqua e di alta vegetazione

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 74 di 133</p>

Il rilievo è stato eseguito mediante misure magnetiche, utilizzando uno strumento in grado di indurre nell'elemento in calcestruzzo un campo elettromagnetico e di rilevare la distorsione nelle linee di forza del campo provocata dalla presenza delle armature. A tal proposito, si fa osservare che l'individuazione delle barre è soggetta ad una serie di limitazioni che si verificano nel caso di barre profonde e/o situate in strati successivi rispetto alla superficie esterna, e/o affiancate.

Per l'esecuzione delle misure è stata utilizzata la seguente attrezzatura:



- localizzatore di armature a scansione PROFOMETER5 scanlog matricola 567594 della PROCEQ corredato di:
 - ✓ sonda per la rilevazione della posizione dei tondini, per la misurazione della profondità della copertura in due ranghi di profondità e per la determinazione dei diametri dei tondini;
 - ✓ unità display e funzione "CyberScan" per visualizzare le armature sul display;
 - ✓ carrello sonda ScanCar con odometro integrato per misurare la posizione;
 - ✓ possibilità di trasferimento dati su PC ed elaborazione con software ProVista.
- fotocamera digitale.

Le misure sono state eseguite in accordo alla Norma BS 1881-204:1988 "*Testing concrete. Recommendations on the use of electromagnetic covermeters*" con le modalità nel seguito descritte:

- per ciascun elemento investigato, individuazione puntuale delle barre su una superficie tale da evidenziare con attendibilità una griglia regolare (circa 100x100 cm) e tracciamento della posizione delle barre individuate sulla superficie dell'elemento stesso;
- per ciascun elemento investigato, esecuzione di una scansione pacometrica secondo due direzioni ortogonali, con memorizzazione del segnale acquisito su una superficie tale da comprendere tutte le barre verticali e le barre precedentemente individuate;
- documentazione fotografica della zona di prova.

Per ogni elemento sottoposto ad indagine si riporta una scheda contenente:

- identificazione dell'elemento;
- schema di esecuzione della misura;
- immagini scansionate;
- fotografica.

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 75 di 133</p>

6.4.13.1 *Risultati delle prove*

Per ogni prova viene restituita la distribuzione delle armature nella porzione di muro investigata assieme allo spessore di copriferro di ogni barra.

Per i risultati dettagliati si rimanda al documento II122F-E-STR-RT-050-00 “*Accertamento dell’effettiva consistenza dei manufatti - Ispezione tecnica delle opere - Prove Pacometriche e Son Reb*”.

6.4.14. Prove di resistenza a compressione e controllo della profondità di carbonatazione

Le prove di resistenza a compressione che si sono svolte sono state suddivise in due parti: la prima di osservazione e prelievo in sito di elementi di calcestruzzo e acciaio, la seconda, in laboratorio, consistenti nelle prove finalizzate alla caratterizzazione meccanica dei materiali.



La carbonatazione è un particolare processo chimico per il quale l’anidride carbonica presente nell’aria viene assorbita dal calcestruzzo trasformando l’idrossido di calcio (fortemente basico) in carbonato di calcio. Tale reazione determina un abbassamento del pH del calcestruzzo da valori prossimi a 12 a valori inferiori a 9 con la conseguente eliminazione della naturale barriera alcalina protettiva per le armature formata da uno strato passivante di ossido di ferro insolubile che protegge i ferri dai fenomeni ossidativi. Pertanto, nel momento in cui la carbonatazione raggiunge l’armatura, interviene un pericolo di corrosione.

I campioni sono stati prelevati dal laboratorio Metro Test srl, laboratorio provvisto dei requisiti di cui all’articolo 59 del DPR 380/2001.

I provini da sottoporre a prove meccaniche e di carbonatazione sono stati ricavati mediante taglio con sega circolare e rettifica delle basi con spianatrice elettrica. I provini sono stati confezionati rispettando le dimensioni geometriche richieste dalla UNI EN 12390/1-12; in particolare, sono stati sagomati con un rapporto tra altezza h e diametro d pari a 1.

La normativa a cui si è fatto riferimento nelle fasi d’indagini diagnostiche e in quelle di verifiche, sono le seguenti:

- NTC 2018;
- UNI EN 12504-1:2019;
- UNI EN 12390-3/19.

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 76 di 133</p>

Procedura di microcarotaggio di strutture (UNI EN 12504-1:2019; NTC 2018):

- il punto di carotaggio è stato verificato con il pacometro per evitare di tagliare armature fondamentali, cavi elettrici o telefonici (nel caso venga riscontrata la presenza di un elemento estraneo al calcestruzzo, e non individuato precedentemente, la prova va interrotta);
- il diametro del carotiere è stato scelto pari ad almeno tre volte il diametro massimo dell'inerte;
- la carotatrice è stata fissata con accuratezza e perfettamente ortogonale alla superficie di lavoro, con il tubo per l'acqua di raffreddamento e l'aspiratore del fango di taglio, ove necessario;
- terminato il prelievo è stata fotografata la carota con l'identificazione della stessa;
- la superficie cilindrica della carota è stata pulita accuratamente con uno straccio asciutto;
- controllo della profondità di carbonatazione mediante l'applicazione di una soluzione acquosa di fenolftaleina all'1% in alcool etilico al 70%. Tale soluzione vira al rosso-violetto a contatto con materiali aventi un pH superiore a 9.2, mentre rimane incolore per valori inferiori. È stato misurato lo spessore di carbonatazione che risulta non reagente e di colore inalterato, facendo la media di almeno 4 punti (la parte reagente, non carbonatata, assumerà una colorazione rosso violetto). Il controllo della profondità di carbonatazione è stato eseguito in sito sui campioni cilindrici di calcestruzzo prelevati.

Presso la sede del laboratorio i campioni prelevati sono stati fotografati ed analizzati per misurarne la lunghezza L ed evidenziare la presenza di anomalie, quali, ad esempio, barre di armatura, vuoti, nidi di ghiaia che potessero pregiudicare il loro utilizzo ai fini delle prove di compressione. Successivamente, si è provveduto a ricavare i provini da sottoporre a prove meccaniche, mediante taglio con sega circolare e rettifica delle basi con spianatrice elettrica. I provini sono stati confezionati rispettando le dimensioni geometriche richieste dalla UNI EN 12390/1-12; in particolare, sono stati sagomati con un rapporto tra altezza "h" e diametro "d" pari a 1.

Le prove di compressione sono state eseguite utilizzando una macchina universale SUNS, (scala 200 kN, matricola n. 1012001, classe 1). La verifica di taratura esterna è stata eseguita il 07/10/2019.

Le prove sono state effettuate in accordo con quanto previsto dalla Normativa UNI EN 12504/1-19, applicando il carico gradualmente, con gradiente di $0,5 \pm 0,2 \text{ N/mm}^2/\text{s}$, fino alla completa rottura. Al termine della prova è stato rilevato lo schema di rottura.

Nella tabella che segue si riportano, per ciascun prelievo, la sigla, la data e l'ubicazione.

Sigla	Data di prelievo	Ubicazione
C1	24/05/2021	Sfioratore SX
C1	24/05/2021	Sfioratore DX
C1	24/05/2021	Torrino aeroforo SX
C1	24/05/2021	Torrino aeroforo DX
C1	24/05/2021	Torre di manovra
C1	24/05/2021	Imbocco scarico di fondo
C2	24/05/2021	Imbocco scarico di fondo
C1	25/05/2021	Galleria sfioratore SX
C2	25/05/2021	Galleria sfioratore SX
C3	25/05/2021	Galleria sfioratore SX
C4	25/05/2021	Galleria sfioratore SX
C2	25/05/2021	Canale di restituzione in alveo DX
C3	25/05/2021	Canale di restituzione in alveo SX
C4	25/05/2021	Canale di restituzione in alveo SX
C1	26/05/2021	Cunicoli d'ispezione drenaggi SX
C2	26/05/2021	Cunicoli d'ispezione drenaggi DX
C3	24/05/2021	Strade all'interno dell'impianto
C4	24/05/2021	Strade all'interno dell'impianto
C1	10/04/2021	Casa di guardia
C2	10/04/2021	Torre di manovra
C3	10/04/2021	Vasca di dissipazione
C4	10/04/2021	Canale di restituzione in alveo
C5	10/04/2021	Torre accesso drenaggi
C6	10/04/2021	Strade all'interno dell'impianto
C7	10/04/2021	Strade all'interno dell'impianto

In seguito all'estrazione del campione, in laboratorio sono state determinate le caratteristiche meccaniche, geometriche e fisiche del calcestruzzo (figura sotto riportata):



- determinazione della resistenza a compressione di cilindri di calcestruzzo;
- determinazione della massa volumica di cilindri di calcestruzzo.



Di seguito, per le opere di progetto, si possono trovare le tabelle con i risultati delle prove di resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo, le schede di prelievo dei campioni con le indicazioni riguardanti l'ubicazione, la descrizione e la profondità di carbonatazione.

Per ciascun provino si riportano: m = massa del provino; \varnothing = diametro del provino; h = altezza del provino; i_{max} = dimensione massima degli inerti del provino; A_c = sezione compressa; m_v = massa volumica; F = carico massimo; f_c = resistenza a rottura, espressa con l'approssimazione di 0.1 N/mm^2 .

Sigla	DATA		Ubicazione	Massa m [g]	Dimensioni			Sezione A_c [mm ²]	Massa volumica [kg/m ³]	Carico massimo F [kN]	Resistenza a rottura f_c [N/mm ²]	Tipo di rottura
	Prelievo	Prova			Diametro d [mm]	Altezza h [mm]	Inerte i_{max} [mm]					
C1 A	24/05/21	03/06/21	Sfioratore SX	1539,8	94	94	25	6940	2360	249,732	36,0	S
C1 B	24/05/21	03/06/21	Sfioratore SX	1528,9	94	94	22	6940	2340	225,874	32,5	S
C1 A	24/05/21	03/06/21	Sfioratore DX	1449,1	94	94	24	6940	2220	177,424	25,6	S
C1 B	24/05/21	03/06/21	Sfioratore DX	1478,5	94	95	23	6940	2240	181,555	26,2	S
C1 A	24/05/21	03/06/21	Torino aeroforo SX	1469,7	94	93	34	6940	2280	197,860	28,5	S
C1 B	24/05/21	03/06/21	Torino aeroforo SX	1458,1	94	93	32	6940	2260	185,990	26,8	S
C1 A	24/05/21	03/06/21	Torino aeroforo DX	1470,2	94	93	27	6940	2280	201,293	29,0	S
C1 B	24/05/21	03/06/21	Torino aeroforo DX	1475,9	94	93	26	6940	2290	191,892	27,7	S
C1 A	24/05/21	03/06/21	Torre di manovra	1488,9	94	96	30	6940	2230	182,981	26,4	S
C1 B	24/05/21	03/06/21	Torre di manovra	1470,0	94	95	28	6940	2230	189,025	27,2	S
C1 A	24/05/21	03/06/21	Imbocco scarico di fondo	1512,9	94	93	26	6940	2340	232,410	33,5	S
C1 B	24/05/21	03/06/21	Imbocco scarico di fondo	1509,8	94	94	28	6940	2310	218,380	31,5	S
C2	24/05/21	03/06/21	Imbocco scarico di fondo	1555,5	94	95	31	6940	2360	225,352	32,5	S
C1 A	25/05/21	03/06/21	Galleria sfioratore SX	1496,9	94	95	30	6940	2270	173,350	25,0	S
C1 B	25/05/21	03/06/21	Galleria sfioratore SX	1490,7	94	95	32	6940	2260	179,840	25,9	S
C2 A	25/05/21	03/06/21	Galleria sfioratore SX	1501,8	94	97	31	6940	2230	158,596	22,9	S
C2 B	25/05/21	03/06/21	Galleria sfioratore SX	1497,0	94	95	29	6940	2270	162,008	23,3	S
C3 A	25/05/21	03/06/21	Galleria sfioratore SX	1482,0	94	97	30	6940	2200	125,879	18,1	S
C3 B	25/05/21	03/06/21	Galleria sfioratore SX	1478,9	94	96	30	6940	2220	133,541	19,2	S
C4 A	25/05/21	03/06/21	Galleria sfioratore SX	1445,3	94	95	27	6940	2190	124,233	17,9	S

	<p align="center">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 79 di 133</p>

Sigla	DATA		Ubicazione	Massa m [g]	Dimensioni			Sezione A _c [mm ²]	Massa volumica [kg/m ³]	Carico massimo F [kN]	Resistenza a rottura f _c [N/mm ²]	Tipo di rottura
	Prelievo	Prova			Diametro d [mm]	Altezza h [mm]	Inerte in max [mm]					
C4 B	25/05/21	03/06/21	Galleria sfioratore SX	1440,2	94	95	25	6940	2180	129,525	18,7	S
C2 A	25/05/21	03/06/21	Canale di restituzione in alveo DX	1447,2	94	93	26	6940	2240	197,797	28,5	S
C2 B	25/05/21	03/06/21	Canale di restituzione in alveo DX	1462,8	94	94	23	6940	2240	200,028	28,8	S
C3 A	25/05/21	03/06/21	Canale di restituzione in alveo SX	1427,4	94	93	36	6940	2210	129,460	18,7	S
C3 B	25/05/21	03/06/21	Canale di restituzione in alveo SX	1492,0	94	95	35	6940	2260	135,946	19,6	S
C4 A	25/05/21	03/06/21	Canale di restituzione in alveo SX	1509,5	94	95	30	6940	2290	189,388	27,3	S
C4 B	25/05/21	03/06/21	Canale di restituzione in alveo SX	1497,5	94	94	36	6940	2300	185,975	26,8	S
C1	26/05/21	03/06/21	Cunicoli d'ispezione drenaggi SX	1535,8	94	94	23	6940	2350	302,244	43,6	S
C2	26/05/21	03/06/21	Cunicoli d'ispezione drenaggi DX	1566,2	94	97	27	6940	2330	234,530	33,8	S
C3 A	24/05/21	03/06/21	Strade all'interno dell'impianto	1426,6	94	94	23	6940	2190	93,776	13,5	S
C3 B	24/05/21	03/06/21	Strade all'interno dell'impianto	1431,2	94	94	23	6940	2190	105,291	15,2	S
C4 A	24/05/21	03/06/21	Strade all'interno dell'impianto	1440,6	94	95	33	6940	2190	117,051	16,9	S
C4 B	24/05/21	03/06/21	Strade all'interno dell'impianto	1432,8	94	94	28	6940	2200	121,833	17,6	S
C1	10/04/21	12/04/21	Casa di guardia	1515,18	94	96	36	6940	2270	164.992	23.8	S
C2	10/04/21	12/04/21	Torre di manovra	1381,98	94	94	35	6940	2120	128.165	18.5	S
C3	10/04/21	12/04/21	Vasca di dissipazione	1514,07	94	96	28	6940	2270	214.414	30.9	S
C4	10/04/21	12/04/21	Canale di restituzione in alveo	1526,19	94	95	30	6940	2310	179.431	25.9	S
C5	10/04/21	12/04/21	Torre accesso drenaggi	1599,15	94	96	31	6940	2400	199.010	28.7	S
C6	10/04/21	12/04/21	Strade all'interno dell'impianto	1500,29	94	95	27	6940	2280	186.040	26.8	S
C7	10/04/21	12/04/21	Strade all'interno dell'impianto	1506,15	94	95	33	6940	2280	177.814	25.6	S



DIGA GIBBESI



RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE



DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO



II122F
A-SIS-RT-201-00



RELAZIONE TECNICA



Pag. 80 di 133

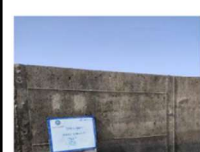

Ubicazione		Sigla	Data prelievo
Sforatore SX		C1	24/05/2021
 			
Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE – DESCRIZIONE DELLA REAZIONE		
0 - 30	Nessuna reazione		
30 - 210	Vira al rosso		
Diametro d = 94 mm	Lunghezza L = 210 mm	Altezza da terra H = / m	Direzione carotaggio: orizzontale
DESCRIZIONE	Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 3 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 25 mm.		



Ubicazione		Sigla	Data prelievo
Sforatore DX		C1	24/05/2021
 			
Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE – DESCRIZIONE DELLA REAZIONE		
0 - 30	Nessuna reazione		
30 - 230	Vira al rosso		
Diametro d = 94 mm	Lunghezza L = 230 mm	Altezza da terra H = 1,50 m	Direzione carotaggio: orizzontale
DESCRIZIONE	Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 3 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 24 mm.		



Ubicazione		Sigla	Data prelievo
Torino aeroforo SX		C1	24/05/2021
 			
Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE – DESCRIZIONE DELLA REAZIONE		
0 - 30	Nessuna reazione		
30 - 240	Vira al rosso		
Diametro d = 94 mm	Lunghezza L = 240 mm	Altezza da terra H = 1,50 m	Direzione carotaggio: orizzontale
DESCRIZIONE	Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 3 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 34 mm.		

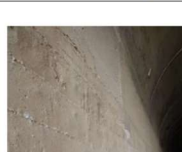

Ubicazione		Sigla	Data prelievo
Torino aeroforo DX		C1	24/05/2021
 			
Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE – DESCRIZIONE DELLA REAZIONE		
0 - 25	Nessuna reazione		
25 - 245	Vira al rosso		
Diametro d = 94 mm	Lunghezza L = 245 mm	Altezza da terra H = 1,70 m	Direzione carotaggio: orizzontale
DESCRIZIONE	Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 7 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 27 mm.		

Ubicazione		Sigla	Data prelievo
Torre di manovra (parete inferiore)		C1	24/05/2021
 			
Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE – DESCRIZIONE DELLA REAZIONE		
0 - 60	Nessuna reazione		
60 - 240	Vira al rosso		
Diametro d = 94 mm	Lunghezza L = 240 mm	Altezza da terra H = / m	Direzione carotaggio: orizzontale
DESCRIZIONE	Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 4 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 30 mm.		

Ubicazione		Sigla	Data prelievo
Imbocco scarico di fondo		C1	24/05/2021
 			
Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE – DESCRIZIONE DELLA REAZIONE		
0 - 205	Vira al rosso		
Diametro d = 94 mm	Lunghezza L = 205 mm	Altezza da terra H = / m	Direzione carotaggio: orizzontale
DESCRIZIONE	Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 6 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 28 mm.		

Ubicazione		Sigla	Data prelievo
Imbocco scarico di fondo		C2	24/05/2021
 			
Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE – DESCRIZIONE DELLA REAZIONE		
0 - 30	Nessuna reazione		
30 - 185	Vira al rosso		
Diametro d = 94 mm	Lunghezza L = 185 mm	Altezza da terra H = / m	Direzione carotaggio: orizzontale
DESCRIZIONE	Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 4 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 31 mm.		

Ubicazione		Sigla	Data prelievo
Galleria sfioratore SX		C1	25/05/2021
 			
Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE – DESCRIZIONE DELLA REAZIONE		
0 - 35	Nessuna reazione		
35 - 215	Vira al rosso		
Diametro d = 94 mm	Lunghezza L = 215 mm	Altezza da terra H = 2,00 m	Direzione carotaggio: orizzontale
DESCRIZIONE	Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 4 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 32 mm.		

Ubicazione		Sigla	Data prelievo
Galleria sfioratore SX		C2	25/05/2021
 			
Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE – DESCRIZIONE DELLA REAZIONE		
0 - 60	Nessuna reazione		
60 - 205	Vira al rosso		
Diametro d = 94 mm	Lunghezza L = 205 mm	Altezza da terra H = 2,00 m	Direzione carotaggio: orizzontale
DESCRIZIONE	Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 4 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 31 mm.		



DIGA GIBBESI

RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE

DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO

II122F
A-SIS-RT-201-00

RELAZIONE TECNICA

Pag. 81 di 133

Ubicazione		Sigla	Data prelievo
Galleria sfioratore SX		C3	25/05/2021





Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE—DESCRIZIONE DELLA REAZIONE
0 - 60	Nessuna reazione
60 - 205	Vira al rosso

Diametro d = 94 mm	Lunghezza L = 205 mm	Altezza da terra H = 1,80 m	Direzione carotaggio: orizzontale
--------------------	----------------------	-----------------------------	-----------------------------------

DESCRIZIONE Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vuoti dal diametro d_{vac} circa 5 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{vac} circa 30 mm.

 | | | | | |------------------------|--|-------|---------------| | Ubicazione | | Sigla | Data prelievo | | Galleria sfioratore SX | | C4 | 25/05/2021 | | | | |-----------------------|---| | Intervallo da mm a mm | CARBONATAZIONE—DESCRIZIONE DELLA REAZIONE | | 0 - 75 | Nessuna reazione | | 75 - 210 | Vira al rosso | | | | | | |--------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------| | Diametro d = 94 mm | Lunghezza L = 210 mm | Altezza da terra H = / m | Direzione carotaggio: orizzontale | |--------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------| DESCRIZIONE Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vuoti dal diametro d_{vac} circa 6 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{vac} circa 36 mm. | | | | | | |------------------------------------|--|-------|---------------| | Ubicazione | | Sigla | Data prelievo | | Canale di restituzione in alveo DX | | C2 | 25/05/2021 | | | | |-----------------------|---| | Intervallo da mm a mm | CARBONATAZIONE—DESCRIZIONE DELLA REAZIONE | | 0 - 215 | Vira al rosso | | | | | | |--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------| | Diametro d = 94 mm | Lunghezza L = 215 mm | Altezza da terra H = 0 m | Direzione carotaggio: verticale | |--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------| DESCRIZIONE Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vuoti dal diametro d_{vac} circa 12 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{vac} circa 26 mm. || | | | | | |------------------------------------|--|-------|---------------| | Ubicazione | | Sigla | Data prelievo | | Canale di restituzione in alveo SX | | C3 | 25/05/2021 | | | | |-----------------------|---| | Intervallo da mm a mm | CARBONATAZIONE—DESCRIZIONE DELLA REAZIONE | | 0 - 10 | Nessuna reazione | | 10 - 220 | Vira al rosso | | | | | | |--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------| | Diametro d = 94 mm | Lunghezza L = 220 mm | Altezza da terra H = 0 m | Direzione carotaggio: verticale | |--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------| DESCRIZIONE Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vuoti dal diametro d_{vac} circa 8 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{vac} circa 36 mm. | | | | | | |------------------------------------|--|-------|---------------| | Ubicazione | | Sigla | Data prelievo | | Canale di restituzione in alveo SX | | C4 | 25/05/2021 | | | | |-----------------------|---| | Intervallo da mm a mm | CARBONATAZIONE—DESCRIZIONE DELLA REAZIONE | | 0 - 215 | Vira al rosso | | | | | | |--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------| | Diametro d = 94 mm | Lunghezza L = 215 mm | Altezza da terra H = 0 m | Direzione carotaggio: verticale | |--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------| DESCRIZIONE Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vuoti dal diametro d_{vac} circa 14 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{vac} circa 36 mm. | | | | | | |----------------------------------|--|-------|---------------| | Ubicazione | | Sigla | Data prelievo | | Cunicoli d'ispezione drenaggi SX | | C1 | 26/05/2021 | | | | |-----------------------|---| | Intervallo da mm a mm | CARBONATAZIONE—DESCRIZIONE DELLA REAZIONE | | 0 - 40 | Nessuna reazione | | 40 - 160 | Vira al rosso | | | | | | |--------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------| | Diametro d = 94 mm | Lunghezza L = 160 mm | Altezza da terra H = 1,60 m | Direzione carotaggio: orizzontale | |--------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------| DESCRIZIONE Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vuoti dal diametro d_{vac} circa 3 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{vac} circa 23 mm. |
| | | | | | |----------------------------------|--|-------|---------------| | Ubicazione | | Sigla | Data prelievo | | Cunicoli d'ispezione drenaggi DX | | C2 | 26/05/2021 | | | | |-----------------------|---| | Intervallo da mm a mm | CARBONATAZIONE—DESCRIZIONE DELLA REAZIONE | | 0 - 50 | Nessuna reazione | | 50 - 160 | Vira al rosso | | | | | | |--------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------| | Diametro d = 94 mm | Lunghezza L = 160 mm | Altezza da terra H = 1,60 m | Direzione carotaggio: orizzontale | |--------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------| DESCRIZIONE Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vuoti dal diametro d_{vac} circa 5 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{vac} circa 27 mm. | | | | | | |----------------------------------|--|-------|---------------| | Ubicazione | | Sigla | Data prelievo | | Strade all'interno dell'impianto | | C3 | 24/05/2021 | | | | |-----------------------|---| | Intervallo da mm a mm | CARBONATAZIONE—DESCRIZIONE DELLA REAZIONE | | 0 - 80 | Nessuna reazione | | 80 - 270 | Vira al rosso | | | | | | |--------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------| | Diametro d = 94 mm | Lunghezza L = 270 mm | Altezza da terra H = 1,50 m | Direzione carotaggio: orizzontale | |--------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------| DESCRIZIONE Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vuoti dal diametro d_{vac} circa 5 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{vac} circa 23 mm. | | | | | | |----------------------------------|--|-------|---------------| | Ubicazione | | Sigla | Data prelievo | | Strade all'interno dell'impianto | | C4 | 24/05/2021 | | | | |-----------------------|---| | Intervallo da mm a mm | CARBONATAZIONE—DESCRIZIONE DELLA REAZIONE | | 0 - 75 | Nessuna reazione | | 75 - 275 | Vira al rosso | | | | | | |--------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------| | Diametro d = 94 mm | Lunghezza L = 275 mm | Altezza da terra H = 1,60 m | Direzione carotaggio: orizzontale | |--------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------| DESCRIZIONE Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vuoti dal diametro d_{vac} circa 4 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{vac} circa 33 mm. |

Ubicazione	Sigla	Data prelievo
Casa di guardia	C1	10/04/2021





Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE - DESCRIZIONE DELLA REAZIONE
0 - 50	Nessuna reazione
50 - 165	Vira al rosso

Diametro d = 94 mm | Lunghezza L = 165 mm | Altezza da terra H = 1,60 m | Direzione carotaggio: orizzontale

DESCRIZIONE: Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 4 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 36 mm.

Ubicazione	Sigla	Data prelievo
Vasca di dissapazione	C2	10/04/2021





Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE - DESCRIZIONE DELLA REAZIONE
0 - 55	Nessuna reazione
55 - 110	Vira al rosso

Diametro d = 94 mm | Lunghezza L = 110 mm | Altezza da terra H = 1,60 m | Direzione carotaggio: orizzontale

DESCRIZIONE: Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 6 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 35 mm.

Ubicazione	Sigla	Data prelievo
Vasca di dissapazione	C3	10/04/2021





Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE - DESCRIZIONE DELLA REAZIONE
0 - 20	Nessuna reazione
20 - 150	Vira al rosso

Diametro d = 94 mm | Lunghezza L = 150 mm | Altezza da terra H = 1,70 m | Direzione carotaggio: orizzontale

DESCRIZIONE: Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 4 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 28 mm.

Ubicazione	Sigla	Data prelievo
alveo	C5	10/04/2021





Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE - DESCRIZIONE DELLA REAZIONE
0 - 10	Nessuna reazione
10 - 40	Vira al rosso

Diametro d = 94 mm | Lunghezza L = 170 mm | Altezza da terra H = 1,25 m | Direzione carotaggio: orizzontale

DESCRIZIONE: Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 5 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 31 mm.

Ubicazione	Sigla	Data prelievo
pianto	C6	10/04/2021





Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE - DESCRIZIONE DELLA REAZIONE
0 - 35	Nessuna reazione
35 - 205	Vira al rosso

Diametro d = 94 mm | Lunghezza L = 205 mm | Altezza da terra H = 1,50 m | Direzione carotaggio: orizzontale

DESCRIZIONE: Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 6 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 27 mm.

Ubicazione	Sigla	Data prelievo
Strade all'interno dell'impianto	C7	10/04/2021



Intervallo da mm a mm	CARBONATAZIONE - DESCRIZIONE DELLA REAZIONE
0 - 40	Nessuna reazione
40 - 185	Vira al rosso



Diametro d = 94 mm | Lunghezza L = 185 mm | Altezza da terra H = 1,50 m | Direzione carotaggio: orizzontale

DESCRIZIONE: Calcestruzzo omogeneo con presenza di alcuni vucoli dal diametro d_{vu} circa 4 mm. Inerti a spigoli vivi arrotondati d_{av} circa 33 mm.

6.4.15. Prova di resistenza a trazione delle barre d'armatura

Nel presente paragrafo si riportano i risultati delle prove di trazione delle barre di acciaio prelevate nei giorni 24 - 25 e 26 maggio 2021. Le operazioni di prelievo hanno compreso le seguenti fasi:

- individuazione della barra di armatura sulla quale eseguire il prelievo mediante pa-cometro;
- demolizione locale del copriferro, con messa a nudo ed isolamento laterale della barra per una lunghezza di almeno 80 cm, taglio e piegatura delle staffe ubicate esternamente alla parte scoperta della barra oggetto del prelievo;
- saldatura di una seconda barra affiancata a quella oggetto del prelievo, di uguale diametro e di lunghezza 80 cm mediante 2 cordoni di saldatura;
- taglio di uno spezzone di barra lungo circa 60 cm mediante smerigliatrice;
- prelievo dello spezzone di barra;

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 83 di 133</p>

- siglatura dello spezzone di barra ed annotazione sul foglio di campagna delle informazioni relative a: sigla, ubicazione, tipo, diametro, lunghezza;
- ripiegatura e richiusura mediante saldatura delle staffe precedentemente tagliate;
- ripristino del copriferro demolito mediante malta tixotropica.

In laboratorio si è proceduto all'esecuzione di prove di trazione secondo le prescrizioni del D.M. 17/01/2018 e della normativa UNI EN ISO 15630/1-19, utilizzando una macchina universale SUNS, scala 1000 kN, matricola n. 1012001, classe 1.



La verifica di taratura esterna è stata eseguita il 07/10/2019. In campo elastico, per la determinazione del carico unitario di snervamento (o del carico unitario di scostamento dalla proporzionalità), la velocità di allontanamento delle teste della macchina è compresa entro i limiti corrispondenti ad una velocità di incremento del carico variabile nel campo $6 \div 30 \text{ N/mm}^2/\text{sec}$.

In campo plastico, la velocità di deformazione della parte calibrata è non maggiore dello 0.8%/sec. In caso di snervamento non visibile, il carico unitario di scostamento dalla proporzionalità R_p viene determinato sul diagramma carichi-allungamenti tracciando una retta parallela alla parte rettilinea della curva, ad una distanza da questa pari alla prescritta percentuale di allungamento non proporzionale dello 0.2%. In questo caso, per rilevare l'allungamento si impiega un estensimetro elettronico METROCOM matricola 11474.

È stato determinato il valore dell'allungamento percentuale alla forza massima A_{gt} (UNI EN ISO 15630/1-19).

Per la prova di resistenza a trazione vengono riportati i seguenti dati:

- Sigla del provino;
- Marchio di fabbrica della barra, ove identificabile;
- \varnothing_{nom} = diametro nominale della barra;
- \varnothing_{eff} = diametro effettivo della barra tonda equipesante;
- L = lunghezza del provino;
- m = massa del provino;
- f_y = tensione di snervamento;
- f_t = tensione di rottura;

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 84 di 133</p>

- f_t/f_y ;
- A_{gt} = l'allungamento percentuale alla forza massima.

Nella tabella che segue si riportano, per ciascun prelievo, la sigla, la data e l'ubicazione.

Sigla	Data di prelievo	Ubicazione
B1	24/05/2021	Casa di guardia
B2	24/05/2021	Casa di guardia
B1	24/05/2021	Sfioratore SX
B1	24/05/2021	Sfioratore DX
B1	24/05/2021	Torrino aeroforo SX
B1	24/05/2021	Torrino aeroforo DX
B1	24/05/2021	Torre di manovra
B2	24/05/2021	Torre di manovra
B1	25/05/2021	Imbocco scarico di fondo
B1	25/05/2021	Galleria sfioratore SX
B2	25/05/2021	Galleria sfioratore SX
B1	25/05/2021	Vasca di dissipazione
B2	25/05/2021	Vasca di dissipazione
B1	25/05/2021	Canale di restituzione in alveo
B2	25/05/2021	Canale di restituzione in alveo
B1	26/05/2021	Torre accesso drenaggi
B1	26/05/2021	Cunicoli d'ispezione drenaggi SX
B2	26/05/2021	Cunicoli d'ispezione drenaggi DX
B1	24/05/2021	Strade all'interno dell'impianto

Di seguito riportiamo le tabelle con i risultati delle prove di trazione delle barre d'armatura e le figure con indicata la zona di prelievo.

DIGA GIBBESI
RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE
DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO

RELAZIONE TECNICA

Pag. 85 di 133

Data di prelievo: 24 - 25 e 26 maggio 2021

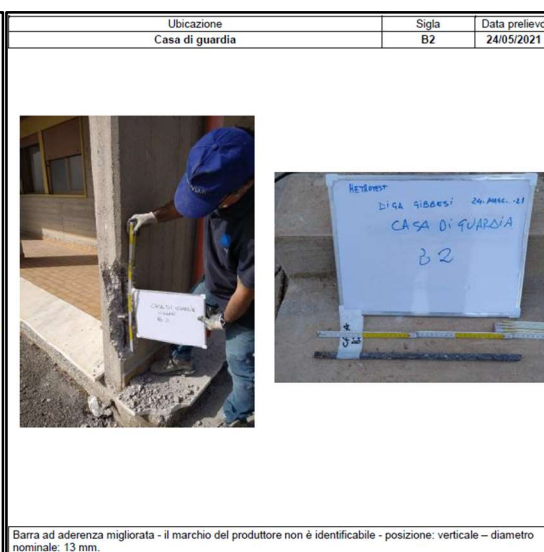
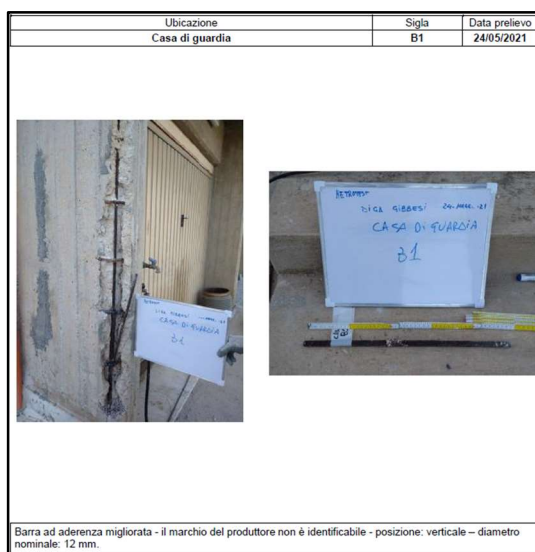
Data delle prove: 01/06/2021

Sigla	Marchio	Dimensioni			Trazione			
		Ø nom [mm]	Lunghezza [cm]	Massa [g]	Ø eff [mm]	f _t [N/mm ²]	f _y [N/mm ²]	f _t /f _y
B1	Non identificabile *)	12	48,6	401,5	11,58	551,6	387,8	1,42
B2	Non identificabile *)	13	41,9	413,2	12,65	556,6	402,7	1,38
B1	Non identificabile *)	16	45,0	731,8	15,92	669,1	446,2	1,50
B1	Non identificabile *)	16	44,3	711,3	16,14	764,8	513,4	1,49
B1	Non identificabile *)	16	54,0	842,0	15,90	647,2	427,8	1,51
B1	Acciaierie Megara - Fe B 44 k	16	54,6	916,2	16,50	724,8	486,3	1,49
B1	Non identificabile *)	16	43,8	684,3	15,92	669,1	446,2	1,50
B2	Acciaierie Megara - Fe B 44 k	12	48,6	442,3	12,15	667,1	457,8	1,46
B1	Non identificabile *)	15	60,4	835,0	14,97	873,1	552,5	1,58

Data di prelievo: 24 - 25 e 26 maggio 2021

Data delle prove: 02/06/2021

Sigla	Marchio	Dimensioni			Trazione			
		Ø nom [mm]	Lunghezza [cm]	Massa [g]	Ø eff [mm]	f _t [N/mm ²]	f _y [N/mm ²]	f _t /f _y
B1	Non identificabile *)	24	53,7	1940,8	24,21	746,1	442,1	1,69
B2	Non identificabile *)	24	54,0	1992,2	24,46	726,3	472,3	1,54
B1	Non identificabile *)	16	62,5	999,0	16,10	875,3	549,9	1,59
B2	Acciaierie Megara - Fe B 44 k	16	65,0	1032,5	16,05	868,6	537,4	1,62
B1	Non identificabile *)	11	76,4	622,4	11,49	758,7	507,2	1,50
B2	Non identificabile *)	11	59,9	468,7	11,27	702,1	472,2	1,49
B1	Acciaierie Megara - Fe B 44 k	16	52,0	859,7	16,38	828,6	552,4	1,50
B1	Non identificabile *)	18	43,3	848,3	17,83	760,1	588,3*	1,29
B1	Non identificabile *)	18	44,0	928,0	18,50	784,3	516,9	1,52
B1	Non identificabile *)	12	74,2	611,5	11,56	637,4	432,8	1,47





DIGA GIBBESI

RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO

II122F
A-SIS-RT-201-00

RELAZIONE TECNICA

Pag. 86 di 133

Ubicazione Sfioratore SX	Sigla B1	Data prelievo 24/05/2021
Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore non è identificabile - posizione: orizzontale - diametro nominale: 16 mm.		

Ubicazione Sfioratore DX	Sigla B1	Data prelievo 24/05/2021
Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore non è identificabile - posizione: orizzontale - diametro nominale: 16 mm.		

Ubicazione Torino aeroforo SX	Sigla B1	Data prelievo 24/05/2021
Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore non è identificabile - posizione: verticale - diametro nominale: 16 mm.		

Ubicazione Torino aeroforo DX	Sigla B1	Data prelievo 24/05/2021
Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore è: Acciaierie Megara S.p.A. - Fe B 44 k - posizione: verticale - diametro nominale: 16 mm.		

Ubicazione Torre di manovra	Sigla B1	Data prelievo 24/05/2021
Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore non è identificabile - posizione: verticale - diametro nominale: 16 mm.		

Ubicazione Torre di manovra	Sigla B2	Data prelievo 24/05/2021
Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore è: Acciaierie Megara S.p.A. - Fe B 44 k - posizione: verticale - diametro nominale: 12 mm.		



DIGA GIBBESI

RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE

DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO

II122F
A-SIS-RT-201-00

RELAZIONE TECNICA

Pag. 87 di 133

Ubicazione	Sigla	Data prelievo
Imbocco scarico di fondo	B1	25/05/2021



Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore non è identificabile - posizione: verticale - diametro nominale: 15 mm.

Ubicazione	Sigla	Data prelievo
Galleria sfioratore SX	B2	25/05/2021



Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore non è identificabile - posizione: orizzontale - diametro nominale: 24 mm.

Ubicazione	Sigla	Data prelievo
Galleria sfioratore SX	B1	25/05/2021



Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore non è identificabile - posizione: orizzontale - diametro nominale: 24 mm.

Ubicazione	Sigla	Data prelievo
Vasca di dissipazione	B1	25/05/2021



Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore non è identificabile - posizione: verticale - diametro nominale: 16 mm.



DIGA GIBBESI

RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE



DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO


II122F
A-SIS-RT-201-00



RELAZIONE TECNICA

Pag. 88 di 133

<table><tr><th>Ubicazione</th><th>Sigla</th><th>Data prelievo</th></tr><tr><td>Vasca di dissipazione</td><td>B2</td><td>25/05/2021</td></tr></table>  <p>Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore è: Acciaierie Megara S.p.A. - Fe B 44 k - posizione: verticale - diametro nominale: 16 mm.</p>	Ubicazione	Sigla	Data prelievo	Vasca di dissipazione	B2	25/05/2021	<table><tr><th>Ubicazione</th><th>Sigla</th><th>Data prelievo</th></tr><tr><td>Canale di restituzione in alveo</td><td>B1</td><td>25/05/2021</td></tr></table>  <p>Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore non è identificabile - posizione: orizzontale - diametro nominale: 11 mm.</p>	Ubicazione	Sigla	Data prelievo	Canale di restituzione in alveo	B1	25/05/2021
Ubicazione	Sigla	Data prelievo											
Vasca di dissipazione	B2	25/05/2021											
Ubicazione	Sigla	Data prelievo											
Canale di restituzione in alveo	B1	25/05/2021											
<table><tr><th>Ubicazione</th><th>Sigla</th><th>Data prelievo</th></tr><tr><td>Canale di restituzione in alveo</td><td>B2</td><td>25/05/2021</td></tr></table>  <p>Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore non è identificabile - posizione: orizzontale - diametro nominale: 11 mm.</p>	Ubicazione	Sigla	Data prelievo	Canale di restituzione in alveo	B2	25/05/2021	<table><tr><th>Ubicazione</th><th>Sigla</th><th>Data prelievo</th></tr><tr><td>Torre accesso drenaggi</td><td>B1</td><td>26/05/2021</td></tr></table>  <p>Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore è: Acciaierie Megara S.p.A. - Fe B 44 k - posizione: orizzontale - diametro nominale: 16 mm.</p>	Ubicazione	Sigla	Data prelievo	Torre accesso drenaggi	B1	26/05/2021
Ubicazione	Sigla	Data prelievo											
Canale di restituzione in alveo	B2	25/05/2021											
Ubicazione	Sigla	Data prelievo											
Torre accesso drenaggi	B1	26/05/2021											
<table><tr><th>Ubicazione</th><th>Sigla</th><th>Data prelievo</th></tr><tr><td>Cunicoli d'ispezione drenaggi SX</td><td>B1</td><td>26/05/2021</td></tr></table>  <p>Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore non è identificabile - posizione: verticale - diametro nominale: 18 mm.</p>	Ubicazione	Sigla	Data prelievo	Cunicoli d'ispezione drenaggi SX	B1	26/05/2021	<table><tr><th>Ubicazione</th><th>Sigla</th><th>Data prelievo</th></tr><tr><td>Cunicoli d'ispezione drenaggi DX</td><td>B2</td><td>26/05/2021</td></tr></table>  <p>Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore non è identificabile - posizione: verticale - diametro nominale: 18 mm.</p>	Ubicazione	Sigla	Data prelievo	Cunicoli d'ispezione drenaggi DX	B2	26/05/2021
Ubicazione	Sigla	Data prelievo											
Cunicoli d'ispezione drenaggi SX	B1	26/05/2021											
Ubicazione	Sigla	Data prelievo											
Cunicoli d'ispezione drenaggi DX	B2	26/05/2021											

	<p align="center"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p align="center">DIGA GIBBESI</p> <p align="center">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p align="center">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p align="center">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p align="center">RELAZIONE TECNICA</p>	<p align="right">Pag. 89 di 133</p>

Ubicazione	Sigla	Data prelievo
Strade all'interno dell'impianto	B1	24/05/2021
		
<p>Barra ad aderenza migliorata - il marchio del produttore non è identificabile - posizione: verticale - diametro nominale: 12 mm.</p>		

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 90 di 133</p>

7. LIVELLI DI CONOSCENZA

Per eseguire l'analisi di vulnerabilità sismica delle costruzioni esistenti in cemento armato, il primo passo da compiere è quello di acquisire un adeguato livello di conoscenza della struttura.

Quando si affronta l'analisi di una costruzione esistente le NTC 2018, per poter definire il modello di riferimento, prescrivono di eseguire uno studio preliminare sull'opera, che deve essere composto da:

- un'analisi storico-critica della costruzione;
- un rilievo;
- una caratterizzazione meccanica dei materiali.



Quindi, le fonti da considerare per l'acquisizione dei dati necessari sono i documenti di progetto, il rilievo strutturale e le prove in situ e laboratorio.

7.1. Analisi storico-critica

L'analisi storico-critica serve a ricostruire la storia di una costruzione a partire dall'epoca di realizzazione, risalendo alle modifiche che si sono succedute.

Il primo passo consiste nel reperire tutti i documenti disponibili sulle origini della costruzione, quali elaborati e relazioni progettuali della prima realizzazione della costruzione e di eventuali successivi interventi e relazioni di collaudo. L'attenzione va posta in particolare sui seguenti punti:

- l'epoca di costruzione;
- le tecniche, le regole costruttive e, se esistenti, le norme tecniche dell'epoca di costruzione;
- la forma originaria e le successive modifiche;
- i traumi subiti e le alterazioni delle condizioni al contorno;
- le deformazioni, i dissesti e i quadri fessurativi, con indicazioni, ove possibile, della loro evoluzione nel tempo;
- gli interventi di consolidamento pregressi;
- gli aspetti urbanistici e storici che hanno regolato lo sviluppo dell'aggregato edilizio di cui l'edificio è parte.

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 91 di 133</p>

7.2. Rilievo e indagini



Nel caso in cui siano disponibili gli elaborati grafici di progetto, dovrà essere eseguito un rilievo visivo a campione per accertare la conformità della costruzione ai disegni di progetto. In mancanza dei disegni di progetto, dovrà essere eseguito il rilievo geometrico degli elementi in modo da permettere:

- l'identificazione dell'organizzazione strutturale;
- l'individuazione della posizione e delle dimensioni di travi, pilastri, scale e setti;
- l'identificazione dei solai e della loro tipologia, orditura, sezione verticale;
- l'individuazione di tipologia e dimensioni degli elementi non strutturali quali tamponamenti, tramezzature, etc.

Il rilievo deve individuare la struttura portante della costruzione, mettendo in evidenza la posizione di eventuali dissesti e riportando i quadri fessurativi eventualmente presenti.

Particolare importanza rivestono i dettagli costruttivi di una costruzione relativi alla quantità di armatura presente, (diametro e numero di barre), e alla loro disposizione (passo delle staffe, presenza di ferri piegati etc.). Tali informazioni possono essere desunte dal progetto originale del fabbricato oppure da un progetto simulato eseguito in conformità con le normative dell'epoca. La normativa riporta il seguente elenco di dettagli costruttivi da indagare:

- quantità di armatura longitudinale in travi, pilastri, pareti e sua disposizione;
- quantità di barre di armatura piegate che contribuiscono alla resistenza a taglio, presenti nelle travi;
- quantità e dettagli di armatura trasversale nelle zone critiche e nei nodi trave-pilastro;
- quantità di armatura longitudinale che contribuisce al momento negativo di travi a T, presente nei solai;
- lunghezze di appoggio e condizioni di vincolo degli elementi orizzontali;
- spessore dei copriferri;
- lunghezza delle zone di sovrapposizione delle barre e dei loro ancoraggi.

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 92 di 133</p>

7.3. I tre livelli d'indagine

Una volta noti i dettagli costruttivi, bisogna poi verificarne la rispondenza con la realtà mediante l'esecuzione di indagini in situ. La Normativa individua tre livelli di indagine, con grado di approfondimento crescente:

- *indagini limitate*: consentono di valutare mediante saggi a campione la corrispondenza tra i dettagli costruttivi riportati negli elaborati progettuali originali o ottenute attraverso il progetto simulato e quelli effettivamente presenti;
- *indagini estese*: si effettuano quando non sono disponibili gli elaborati progettuali originali o come alternativa al progetto simulato seguito da indagini limitate, oppure quando gli elaborati progettuali originali risultano incompleti;
- *indagini esaustive*: si effettuano quando si desidera un livello di conoscenza accurata (LC3) e non sono disponibili gli elaborati progettuali originali.



7.4. Caratterizzazione meccanica dei materiali

Per l'identificazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali, i dati raccolti devono includere i seguenti parametri:

- resistenza e, ove significativo, il modulo elastico E del calcestruzzo;
- tensione di snervamento, resistenza a rottura e allungamento dell'acciaio.

Anche per le prove la normativa definisce tre livelli di approfondimento crescente:

- *Prove limitate*: prevedono un numero limitato di prove in-situ o su campioni, impiegate per completare le informazioni sulle proprietà dei materiali, siano esse ottenute dalle normative in vigore all'epoca della costruzione o dalle caratteristiche nominali riportate sui disegni costruttivi o nei certificati originali di prova.
- *Prove estese*: prevedono prove in-situ o su campioni più numerose di quelle del caso precedente e finalizzate a fornire informazioni in assenza sia dei disegni costruttivi, sia dei certificati originali di prova o quando i valori ottenuti con le prove limitate risultino inferiori a quelli riportati nei disegni o sui certificati originali.
- *Prove esaustive*: prevedono prove in-situ o su campioni più numerose di quelle del caso precedente e finalizzate a ottenere informazioni in mancanza sia dei disegni costruttivi, sia dei certificati originali di prova, o quando i valori ottenuti dalle prove, limitate o estese, risultino inferiori a quelli riportati sui disegni o nei certificati

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 93 di 133</p>

originali, oppure nei casi in cui si desideri una conoscenza particolarmente accurata.

Per ottenere la resistenza a compressione del calcestruzzo si procede all'estrazione mediante carotaggio di provini da sottoporre alla prova di compressione. Per l'acciaio di armatura la misura delle caratteristiche meccaniche si ottiene mediante l'estrazione di campioni di barre di armatura ed esecuzione di prove a trazione fino a rottura con determinazione della tensione di snervamento, della resistenza a rottura e dell'allungamento, salvo nel caso in cui siano disponibili certificati di prova conformi a quanto richiesto per le nuove costruzioni nella normativa dell'epoca di costruzione.

La normativa consente di utilizzare metodi di indagine non distruttiva di documentata affidabilità ad integrazione dei metodi sopra descritti, purché i risultati siano tarati su quelli ottenuti con prove distruttive. Per il calcestruzzo le prove non distruttive più comuni per ottenere la resistenza meccanica a compressione sono la prova sclerometrica, la prova ad ultrasuoni e la prova Windsor. La normativa consente di sostituire una parte delle prove distruttive (carotaggi ed estrazione di provini di armatura), in misura non maggiore del 50%, con almeno il triplo di prove non distruttive.



7.5. Analisi preliminare e progetto delle indagini e delle prove

Per determinare il numero e la localizzazione delle indagini in-situ e delle prove sui materiali, la normativa prescrive di eseguire, a seguito del rilievo geometrico, un'analisi preliminare della sicurezza statica e della vulnerabilità sismica dell'edificio basata sui risultati di una campagna preliminare d'indagini in-situ volta alla conoscenza dei dettagli costruttivi ritenuti più significativi. Dai risultati dell'analisi preliminare in termini di impegno statico si può valutare la necessità di approfondimenti in termini di numero, tipologia e localizzazione delle indagini in-situ e delle prove.

7.6. Costruzioni esistenti in calcestruzzo armato: livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Nel capitolo 8 delle NTC2018 sono definiti tre livelli di conoscenza per le costruzioni esistenti:

- **LC1:** richiede l'esecuzione di indagini limitate e prove limitate. Il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1.35$

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 94 di 133</p>



- **LC2:** richiede l'esecuzione di indagini estese e prove estese. Il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1.20$
- **LC3:** richiede l'esecuzione di indagini esaustive e prove esaustive. Il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1.00$

Per tutti i Livelli di Conoscenza dovranno essere eseguiti l'analisi storico-critica e il rilievo geometrico completo.

LC1 (Conoscenza Limitata):

- **Geometria:** la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso un rilievo visivo a campione dovrà essere effettuato per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare.
- **Dettagli costruttivi:** i dettagli non sono disponibili da disegni costruttivi e devono venire ricavati sulla base di un progetto simulato eseguito secondo la pratica dell'epoca della costruzione. È richiesta una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire verifiche locali di resistenza.
- **Proprietà dei materiali:** non sono disponibili informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, né da disegni costruttivi né da certificati di prova. Si adotteranno valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca convalidati da limitate prove in-situ sugli elementi più importanti.

Tale livello s'intende raggiunto quando sia stata effettuata l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato (con riferimento al § C8.5.1), la geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o a un rilievo, poiché non si dispone dei disegni costruttivi i dettagli costruttivi siano stati ricavati sulla base di un progetto simulato (con riferimento al § C8.5.2) e con indagini limitate in-situ sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti (i dati raccolti devono essere tali da consentire verifiche locali di resistenza), poiché non si dispone di informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali (provenienti dai disegni costruttivi o dai certificati di prova) si siano adottati i valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca,



	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 95 di 133</p>

convalidati da prove limitate in-situ sugli elementi più importanti (con riferimento al § C8.5.3); il corrispondente fattore di confidenza è **FC=1.35**. La valutazione della sicurezza è, in genere, eseguita mediante analisi lineare, statica o dinamica; le informazioni raccolte devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo.

LC2 (Conoscenza Adeguata):

- Geometria: la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso un rilievo visivo a campione dovrà essere effettuato per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.
- Dettagli costruttivi: i dettagli sono noti da un'estesa verifica in-situ oppure parzialmente noti dai disegni costruttivi originali incompleti. In quest'ultimo caso è richiesta una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti.
- Proprietà dei materiali: informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali sono disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali di prova, o da estese verifiche in-situ. Nel primo caso dovranno anche essere eseguite limitate prove in-situ; se i valori ottenuti dalle prove in-situ sono minori di quelli disponibili dai disegni o dai certificati originali, dovranno essere eseguite estese prove in-situ.

Tale livello s'intende raggiunto quando sia stata effettuata l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato (con riferimento al § C8.5.1), la geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o a un rilievo, i dettagli costruttivi siano noti, o parzialmente dai disegni costruttivi originali integrati da indagini limitate in situ sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti, o (con riferimento al § C8.5.2) a seguito di una indagine estesa in situ (i dati raccolti devono essere tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare), le caratteristiche meccaniche dei materiali siano note in base ai disegni costruttivi, integrati da prove limitate in situ (se i valori ottenuti dalle prove in situ sono minori dei corrispondenti valori indicati nei disegni di progetto, si eseguono prove estese in situ), o con prove estese



	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 96 di 133</p>

in situ (con riferimento al § C8.5.3); il corrispondente fattore di confidenza è **FC=1.20**. La valutazione della sicurezza è eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici; le informazioni raccolte sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelle riguardanti i dettagli strutturali, devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo.

LC3 (Conoscenza Accurata):

- **Geometria:** la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso un rilievo visivo a campione dovrà essere effettuato per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.
- **Dettagli costruttivi:** i dettagli sono noti o da un'esaustiva verifica in-situ oppure dai disegni costruttivi originali. In quest'ultimo caso è comunque richiesta una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti.
- **Proprietà dei materiali:** informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali sono disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali, o da esaustive verifiche in-situ. Nel primo caso dovranno anche essere eseguite estese prove in-situ; se i valori ottenuti dalle prove in-situ sono minori di quelli disponibili dai disegni o dai certificati originali, dovranno essere eseguite esaustive prove in-situ.

Tale livello s'intende raggiunto quando sia stata effettuata l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato (con riferimento al § C8.5.1), la geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o a un rilievo, i dettagli costruttivi siano noti, o dai disegni costruttivi originali integrati da indagini limitate in situ sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti, o (con riferimento al § C8.5.2) a seguito di una indagine esaustiva in situ (i dati raccolti devono essere tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare), le caratteristiche meccaniche dei materiali siano note in base ai disegni costruttivi e ai certificati originali di prova, integrati da prove limitate in situ (se i valori ottenuti dalle prove in situ sono minori dei cor-

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità</i> <i>Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 97 di 133</p>

rispondenti valori indicati nei certificati originali di prova, si eseguono prove esaustive in situ), o con prove esaustive in situ (con riferimento al § C8.5.3); il corrispondente fattore di confidenza è **FC=1.00**. La valutazione della sicurezza è eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici; le informazioni raccolte sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelle riguardanti i dettagli strutturali, devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo.

Le resistenze dei materiali cui riferirsi nelle formule di capacità degli elementi sono ricavate dalle resistenze medie, ottenute dalle informazioni disponibili e dalle prove in situ aggiuntive, dividendole per gli FC indicati nella Tabella C8.5.IV.



Gli FC possono essere valutati anche in modo differenziato per i diversi materiali, sulla base di considerazioni statistiche condotte su un insieme di dati significativo per gli elementi in esame e di metodi di comprovata validità.

7.7. Livelli di conoscenza: le informazioni necessarie e i metodi di analisi

Il livello di Conoscenza dipende dalle informazioni sulla struttura in nostro possesso e da quelle che andremo a reperire grazie alla campagna di indagini e prove in situ. La Circolare 2019 riporta una tabella riepilogativa delle indagini e prove da eseguire per raggiungere ciascun livello di conoscenza. Per ogni livello di conoscenza viene specificato il fattore di confidenza da adottare e i metodi di analisi ammessi. Per quanto riguarda i fattori di confidenza da utilizzare per i materiali si fa riferimento alla Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 del C.S.LL.PP., riportata di seguito in Tabella 7-1.

Tabella 7-1: Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio (Tabella C8.5.IV – Circolare 21/01/2019)

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1.20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1.00

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 98 di 133</p>

(*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

7.8. Livelli di conoscenza: quante indagini e prove eseguire

La Circolare 2019 utilizza due tabelle per legare il livello (limitato, esteso, esaustivo) delle indagini alla quantità di rilievi dei dettagli costruttivi e di prove per la valutazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali. Riportiamo di seguito la tabella della Circolare 2019 che riporta la definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per le strutture in calcestruzzo armato. Per entrambe le colonne della tabella vale la precisazione: “Per ogni elemento primario (trave, pilastro)“. Per questo motivo le indicazioni riportate in Tabella 7-2 sono da intendersi riferite separatamente alle travi e ai pilastri.



Tabella 7-2: Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di c.a. (Tabella C.8.5.V – Circolare 21/01/2019)

Livello di Indagini e Prove	Rilievo dei dettagli costruttivi	Prove sui materiali
	Per ogni elemento “primario” (trave, pilastro)	
<i>Limitato</i>	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m ² di piano dell’edificio, 1 campione di armatura per piano dell’edificio
<i>Esteso</i>	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provino di cls. per 300 m ² di piano dell’edificio, 2 campione di armatura per piano dell’edificio
<i>Esaustivo</i>	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provino di cls. per 300 m ² di piano dell’edificio, 3 campione di armatura per piano dell’edificio

7.9. Livello di conoscenza adottati per le opere in calcestruzzo armato

Per determinare il giusto livello di conoscenza, funzionale alla documentazione recuperata del progetto originale, dei rilievi geometrici e difettologici condotti e delle prove sui materiali eseguite, è stata condotta, in fase preliminare, dove la completezza dei documenti recuperati lo consentiva, una pre-analisi, secondo la normativa vigente, per individuare il grado di vulnerabilità sismica delle principali parti strutturali delle opere, che sono state modellate adottando la geometria e le caratteristiche meccaniche dei materiali assunti nel progetto esecutivo originale.

La fase preliminare, dove applicabile, ha quindi permesso di ottenere una prima valutazione sul grado di sensibilità sismica delle opere. Questo ha consentito di ottimizzare i

	<p><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 99 di 133</p>

rilievi geometrici, le indagini difettologiche e la campagna d'indagini sui materiali in funzione dei risultati ottenuti.



Nella seguente tabella si riassumono i livelli di conoscenza LC e i relativi fattori di confidenza FC, che sono stati assunti nelle verifiche di vulnerabilità sismica per le varie opere accessorie della diga di Gibbesi.

Nella tabella sotto riportata i valori di LC e FC per una stessa opera sono stati distinti tra elevazione e fondazione. I valori sottolineati sono quelli relativi alle opere di fondazione.

LIVELLI DI CONOSCENZA

OPERE	CEMENTI ARMATI				GEOMETRIA	DETTAGLI STRUTTURALI	MATERIALI
	CLS		BARRE				
	LC	FC	LC	FC			
SCARICO DI SUPERFICIE DX (Sfiatore a calice)	LC3 LC1	1.00 1.35	LC3 LC1	1.00 1.35	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>ESEGUITO SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>ESEGUITA SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base alla campagna d'indagini pregresse → <u>DISPONIBILI</u> Estese prove in-situ → <u>ESEGUITE SOLO PER L'ELEVAZIONE</u> Valori ottenuti dalle estese prove distruttive in-situ → <u>MINORI DI QUELLI USATI NEL PROGETTO ORIGINALE</u>
SCARICO DI SUPERFICIE SX (Sfiatore a calice)	LC3 LC1	1.00 1.35	LC3 LC1	1.00 1.35	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>ESEGUITO SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>ESEGUITA SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base alla campagna d'indagini pregresse → <u>DISPONIBILI</u> Estese prove in-situ → <u>ESEGUITE SOLO PER L'ELEVAZIONE</u> Valori ottenuti dalle estese prove distruttive in-situ → <u>MINORI DI QUELLI USATI NEL PROGETTO ORIGINALE</u>
GALLERIA SCARICO DI SUPERFICIE DX (GALLERIA SCARICO DI FONDO da sfioratore fino a vasca di dissipazione)	LC1	1.35	LC1	1.35	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>NON ESEGUITO</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>NON ESEGUITA</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base alla campagna d'indagini pregresse → <u>DISPONIBILI</u> Limitate prove in-situ → <u>NON ESEGUITE</u> Estese/Esaustive prove in-situ → <u>NON ESEGUITE</u>
GALLERIA SCARICO DI SUPERFICIE SX	LC3	1.00	LC3	1.00	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>ESEGUITO</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>ESEGUITA</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base alla campagna d'indagini pregresse → <u>DISPONIBILI</u> Estese prove in-situ → <u>ESEGUITE</u> Valori ottenuti dalle estese prove distruttive in-situ → <u>MINORI DI QUELLI USATI NEL PROGETTO ORIGINALE</u>
TORRINO AEROFORO DX	LC2 LC1	1.20 1.35	LC2 LC1	1.20 1.35	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>ESEGUITO SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>ESEGUITA SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base alla campagna d'indagini pregresse → <u>DISPONIBILI</u> Estese prove in-situ → <u>ESEGUITE SOLO PER L'ELEVAZIONE</u> Valori ottenuti dalle estese prove distruttive in-situ → <u>MINORI DI QUELLI USATI NEL PROGETTO ORIGINALE</u>
TORRINO AEROFORO SX	LC2 LC1	1.20 1.35	LC2 LC1	1.20 1.35	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>ESEGUITO SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>ESEGUITA SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base alla campagna d'indagini pregresse → <u>DISPONIBILI</u> Estese prove in-situ → <u>ESEGUITE SOLO PER L'ELEVAZIONE</u> Valori ottenuti dalle estese prove distruttive in-situ → <u>MINORI DI QUELLI USATI NEL PROGETTO ORIGINALE</u>
IMBOCCO GALLERIA SCARICO DI FONDO	LC3 LC1	1.00 1.35	LC3 LC1	1.00 1.35	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>ESEGUITO SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>ESEGUITA SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base alla campagna d'indagini pregresse → <u>DISPONIBILI</u> Estese prove in-situ → <u>ESEGUITE SOLO PER L'ELEVAZIONE</u> Valori ottenuti dalle estese prove distruttive in-situ → <u>MAGGIORI DI QUELLI USATI NEL PROGETTO ORIGINALE</u>
GALLERIA SCARICO DI FONDO (Da imbocco fino alla torre di manovra)	LC1	1.35	LC1	1.35	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>NON ESEGUITO</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NON NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>NON ESEGUITA</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base alla campagna d'indagini pregresse → <u>DISPONIBILI</u> Limitate prove in-situ → <u>NON ESEGUITE</u> Estese/Esaustive prove in-situ → <u>NON ESEGUITE</u>
GALLERIA SCARICO DI FONDO (Da torre di manovra fino a sfioratore)	LC1	1.35	LC1	1.35	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>NON ESEGUITO</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NON NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>NON ESEGUITA</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base alla campagna d'indagini pregresse → <u>DISPONIBILI</u> Limitate prove in-situ → <u>NON ESEGUITE</u> Estese/Esaustive prove in-situ → <u>NON ESEGUITE</u>
TORRE E POZZO DI MANOVRA PARATOIE	LC2	1.20	LC2	1.20	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>ESEGUITO SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>ESEGUITA SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base alla campagna d'indagini pregresse → <u>DISPONIBILI</u> Estese prove in-situ → <u>ESEGUITE SOLO PER L'ELEVAZIONE</u> Valori ottenuti dalle estese prove distruttive in-situ → <u>MINORI DI QUELLI USATI NEL PROGETTO ORIGINALE</u>
TORRE DISCENDERIA AI CANALI DI RACCOLTA DELLE ACQUE DI DRENAGGIO	LC1	1.35	LC1	1.35	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>ESEGUITO SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>ESEGUITA SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base alla campagna d'indagini pregresse → <u>NON DISPONIBILI</u> Limitate prove in-situ → <u>ESEGUITE SOLO PER L'ELEVAZIONE</u> Estese/Esaustive prove in-situ → <u>NON ESEGUITE</u>
CUNICOLI D'ISPEZIONE DEI DRENAGGI	LC1	1.35	LC1	1.35	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>ESEGUITO</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NON NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>ESEGUITA</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base alla campagna d'indagini pregresse → <u>NON DISPONIBILI</u> Limitate prove in-situ → <u>ESEGUITE</u> Estese/Esaustive prove in-situ → <u>NON ESEGUITE</u>

CASA DI GUARDIA	LC3 LC1	1.00 1.35	LC3 LC1	1.00 1.35	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>ESEGUITO SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>ESEGUITO SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base alla campagna d'indagini pregresse → <u>DISPONIBILI</u> Limitate prove in-situ → <u>ESEGUITO SOLO PER L'ELEVAZIONE</u> Valori ottenuti dalle limitate prove distruttive in-situ → <u>MINORI DI QUELLI USATI NEL PROGETTO ORIGINALE</u> Estese/Esaustive prove in-situ → <u>NON ESEGUITE</u>
VASCA DI DISSIPAZIONE	LC3 LC3	1.00 1.00	LC3 LC3	1.00 1.00	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>ESEGUITO SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>ESEGUITA SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base a campagna indagini eseguita in passato → <u>DISPONIBILI</u> Limitate prove in-situ → <u>ESEGUITO SOLO PER L'ELEVAZIONE</u> Valori ottenuti dalle limitate prove distruttive in-situ → <u>MINORI DI QUELLI USATI NEL PROGETTO ORIGINALE</u> Estese/Esaustive prove in-situ → <u>NON ESEGUITE</u>
CANALE DI RESTITUZIONE	LC3	1.00	LC3	1.00	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>ESEGUITO</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>ESEGUITA</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base a campagna indagini eseguita in passato → <u>NON DISPONIBILI</u> Estese prove in-situ → <u>ESEGUITE</u> Valori ottenuti dalle estese prove distruttive in-situ → <u>MINORI DI QUELLI USATI NEL PROGETTO ORIGINALE</u>
MURI DI SOSTEGNO ASSERVITI ALLA STRADA DI ACCESSO AL CORONAMENTO	LC2 LC1	1.20 1.35	LC2 LC1	1.20 1.35	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>ESEGUITO SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NON NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>ESEGUITA SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base a campagna indagini eseguita in passato → <u>NON DISPONIBILI</u> Limitate prove in-situ → <u>ESEGUITE</u> (solo per l'elevazione) Estese/Esaustive prove in-situ → <u>NON ESEGUITE</u>
MURI/TOMBINI STRADA DI COLLEGAMENTO TRA PIAZZALE CASA DI GUARDIA E PIAZZALE TORRE DI PRESA	LC2 LC1	1.20 1.35	LC2 LC1	1.20 1.35	Geometria in base ai disegni originali dell'epoca → <u>NOTA</u> Rilievo visivo a campione per verificata corrispondenza del costruito ai disegni → <u>ESEGUITO SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Dettagli strutturali dai disegni costruttivi originali → <u>NON NOTI</u> Integrazione con limitate verifiche in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti → <u>ESEGUITA SOLO PER L'ELEVAZIONE</u>	Proprietà dei materiali in base ai disegni costruttivi → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base ai certificati originali di prova → <u>NON DISPONIBILI</u> Proprietà dei materiali in base a campagna indagini eseguita in passato → <u>NON DISPONIBILI</u> Limitate prove in-situ → <u>ESEGUITE</u> (solo per l'elevazione) Estese/Esaustive prove in-situ → <u>NON ESEGUITE</u>

 II122F A-SIS-RT-201-00	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO RELAZIONE TECNICA	 Pag. 102 di 133
---	---	---

8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I risultati delle prove distruttive a compressione condotte sui provini cilindrici di calcestruzzo delle opere accessorie, sono stati analizzati considerando che la resistenza misurata in laboratorio sulle carote, mediante prove di compressione, risente di alcuni fattori, che la differenziano da quella del calcestruzzo in-situ. Tali fattori dipendono:



- dalla posizione del prelievo nell'ambito dell'elemento strutturale;
- le dimensioni delle carote, (in particolare del rapporto altezza/diametro se diverso da 2);
- la presenza di armature incluse.

Tali fattori tendono, in generale, a far sottostimare la resistenza misurata sulle carote. Per ottenere la resistenza in situ del calcestruzzo si è quindi fatto ricorso ad alcuni coefficienti correttivi opportunamente calibrati adoperando la seguente relazione:

$$f_{cis,i} = (C_{h/D} \cdot C_{dia} \cdot C_a \cdot C_d) \cdot f_{car}$$

dove:

- $C_{h/D}$ è il coefficiente correttivo per rapporti h/D diversi da 2. Esso risulta pari a:
 $C_{h/D} = 2 / (1.5 + D/h)$;
- C_{dia} è il coefficiente correttivo relativo al diametro, da assumere pari a 1.06, 1.00 e 0.98 per D pari, rispettivamente, a 50, 100 e 150 mm;
- C_a è il coefficiente correttivo relativo alla presenza di armature incluse, variabile tra 1.03 per barre di piccolo diametro, ($\Phi 10$), e 1.13 per barre di diametro elevato, ($\Phi 20$);
- C_d è il coefficiente correttivo per tener conto del disturbo arrecato alla carota durante le operazioni di estrazione e preparazione, secondo quanto riportato in “Collepari 2002”, da assumere pari a $C_d = 1.20$ per $f_{car} < 20$ MPa, e $C_d = 1.10$ per $f_{car} > 20$ MPa.

 II122F A-SIS-RT-201-00	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO RELAZIONE TECNICA	 Pag. 103 di 133
---	---	---

8.1. Caratteristiche dei materiali assunti nel progetto esecutivo originale

Dai documenti originali dell'epoca non risultano note le caratteristiche dei materiali assunti nel progetto esecutivo originale per le seguenti opere:

- torrino aeroforo dx;
- torrino aeroforo dx;
- cunicoli d'ispezione dei drenaggi;
- torrino discenderia ai canali di raccolte delle acque di drenaggio;
- muri di sostegno asserviti alla strada di accesso al coronamento;
- muri/tombini strada di collegamento tra piazzale casa di guardia e piazzale torre di presa;
- galleria scarico di superficie dx (galleria scarico di fondo da sfioratore fino a vasca di dissipazione);
- galleria scarico di superficie sx;
- galleria scarico di fondo (da imbocco fino alla torre di manovra);
- galleria scarico di fondo (da torre di manovra fino a sfioratore).

Per tali opere si assumono, come proprietà di riferimento dei materiali, i valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca.



8.2. Caratteristiche dei materiali per la valutazione di vulnerabilità sismica

Per i calcestruzzi, nelle verifiche si assumerà una resistenza caratteristica cubica a compressione $R_{ck,p}$ pari a:

$$R_{ck,p} = \frac{f_{cls}}{F_c}$$

dove:

f_{cls} = resistenza cubica a compressione, che sarà determinata, come media o come valor minimo, a partire dai valori ottenuti dalle prove eseguire sia attualmente che in passato. Dove non saranno disponibili i valori di f_{cls} , (es. impossibilità di accedere all'opera), si adotteranno i dati disponibili sui materiali assunti nel progetto originale. Dove, invece, non saranno disponibili i valori di f_{cls} , (es. impossibilità di accedere all'opera) e non saranno disponibili i dati sui materiali adot-

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: center;">Pag. 104 di 133</p>

tati nel progetto originale, si adotterà un valore di R_{ck} consono con quanto usuale per la pratica costruttiva dell'epoca, (si assumeranno i valori usuali adottati nella pratica costruttiva dell'epoca). In ogni caso, non si assumerà un valore di $R_{ck,p}$ superiore a quello adottato nel progetto originale o, se mancante, con quanto generalmente usato nella pratica costruttiva dell'epoca.

F_c = fattori di confidenza.

Per le armature dei calcestruzzi, nelle verifiche, si assumerà una tensione di snervamento $f_{yk,p}$ pari a:



$$f_{yk,p} = \frac{f_{yk,0}}{F_c}$$

dove:

$f_{yk,0}$ = tensione di snervamento ottenuta dalle prove distruttive eseguite sulle barre d'armatura prelevate. Dove non saranno disponibili i valori di $f_{yk,0}$, (es. impossibilità di accedere all'opera) si adotteranno i dati disponibili sui materiali assunti nel progetto originale. Dove, invece, non saranno disponibili i valori di $f_{yk,0}$, (es. impossibilità di accedere all'opera) e non saranno disponibili i dati sui materiali adottati nel progetto originale, si adotterà un valore di f_{yk} , consono con quanto usuale per la pratica costruttiva dell'epoca, (si assumono i valori usuali adottati nella pratica costruttiva dell'epoca). In ogni caso, non si assumerà un valore di $f_{yk,p}$ superiore a quello adottato nel progetto originale o, se mancante, con quanto generalmente usato nella pratica costruttiva dell'epoca.

F_c = fattori di confidenza.

Nella tabella di seguito riportata, si riassumono le caratteristiche meccaniche assunte per le verifiche dei calcestruzzi armati delle opere accessori.



	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 105 di 133</p>

OPERE		Calcestruzzo			Armatura		
		F_c	f_{cls} [daN/cm ²]	$R_{ck,p}$ [daN/cm ²]	F_c	$f_{yk,o}$ [daN/cm ²]	$f_{yk,p}$ [daN/cm ²]
SCARICO DI SUPERFICIE DX (Sfioratore a calice)	Elevazione	1.00	225	225	1.00	4400	4400
	Fondazione	1.35	250	185	1.35	4400	3259
SCARICO DI SUPERFICIE SX (Sfioratore a calice)	Elevazione	1.00	286	286	1.00	4400	4400
	Fondazione	1.35	250	185	1.35	4400	3259
GALLERIA SCARICO DI SUPERFICIE DX (GALLERIA SCARICO DI FONDO da sfioratore fino a vasca di dissipazione)		1.35	181	134	1.35	4400	3259
GALLERIA SCARICO DI SUPERFICIE SX		1.00	155	155	1.00		
TORRINO AEROFORO DX	Elevazione	1.20	249	207.5	1.20	4400	3665
	Fondazione	1.35	250	185	1.35	4400	3259
TORRINO AEROFORO SX	Elevazione	1.20	235	195	1.20	4400	3665
	Fondazione	1.35	250	185	1.35	4400	3259
IMBOCCO GALLERIA SCARICO DI FONDO	Elevazione	1.00	243	243	1.00	4400	4400
	Fondazione	1.35	250	185	1.35	3200	2370
GALLERIA SCARICO DI FONDO (Da imbocco fino alla torre di manovra)		1.35	181	134	1.35	4400	3259
GALLERIA SCARICO DI FONDO (Da torre di manovra fino a sfioratore)		1.35	181	134	1.35	4400	3259
TORRE E POZZO DI MANOVRA PARATOIE		1.20	210	175	1.20	4400	3665
TORRE DISCENDERIA AI CANALI DI RACCOLTA ACQUE DI DRENAGGIO		1.35	250	185	1.35	4400	3259
CUNICOLI D'ISPEZIONE DEI DRENAGGI		1.35	297	220	1.35	4400	3259
CANALE DI RESTITUZIONE IN ALVEO		1.00	164	164	1.00	4400	4400
MURI DI SOSTEGNO ASSERVITI ALLA STRADA DI ACCESSO AL CORONAMENTO	Elevazione	1.20	169	140	1.20	4400	3665
	Fondazione	1.35	200	148	1.35	4400	3259
MURI/TOMBINI STRADA DI COLLEGAMENTO TRA PIAZZALE CASA DI GUARDIA E PIAZZALE TORRE DI PRESA	Elevazione	1.20	169	140	1.20	4400	3665
	Fondazione	1.35	200	148	1.35	4400	3259
CASA DI GUARDIA	Elevazione	1.00	210	210	1.00	3800	3800
	Fondazioni	1.35	250	185	1.35	3800	2814
VASCA DI DISSIPAZIONE	Elevazione Solettone	1.00	300	300	1.00	4400	4400
	Diaframmi	1.00	250	250	1.00	3200	3200

8.3. Modulo elastico del calcestruzzo assunto per la valutazione di vulnerabilità sismica



Il modulo elastico "E" si determina in funzione di $R_{ck,p}$ (resistenza cubica a compressione). Le NTC 2018 stabiliscono che il modulo elastico del calcestruzzo vale [N/mm²]:

$$E = 22000 \cdot \left[\frac{(R_{ck,p} + 8)}{10} \right]^{0.3} \quad \text{dove } R_{ck,p} = \frac{f_{cls}}{F_c}$$

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 106 di 133</p>

Nella seguente tabella si riassumono i moduli elastici delle varie opere.

OPERE		Calcestruzzo			
		F_c	f_{cls} [daN/cm ²]	$R_{ck,p}$ [daN/cm ²]	E [daN/cm ²]
SCARICO DI SUPERFICIE DX (Sfiatore a calice)	Elevazione	1.00	225	225	307400
	Fondazione	1.35	250	185	294710
SCARICO DI SUPERFICIE SX (Sfiatore a calice)	Elevazione	1.00	286	286	324680
	Fondazione	1.35	250	185	294710
GALLERIA SCARICO DI SUPERFICIE DX (GALLERIA SCARICO DI FONDO da sfioratore fino a vasca di dissipazione)		1.35	181	134	276400
GALLERIA SCARICO DI SUPERFICIE SX		1.00	155	155	284270
TORRINO AEROFORO DX	Elevazione	1.20	249	207.5	302000
	Fondazione	1.35	250	185	294710
TORRINO AEROFORO SX	Elevazione	1.20	235	195	298000
	Fondazione	1.35	250	185	294710
IMBOCCO GALLERIA SCARICO DI FONDO	Elevazione	1.00	243	243	312740
	Fondazione	1.35	250	185	294710
GALLERIA SCARICO DI FONDO (Da imbocco fino alla torre di manovra)		1.35	181	134	276400
GALLERIA SCARICO DI FONDO (Da torre di manovra fino a sfioratore)		1.35	181	134	276400
TORRE E POZZO DI MANOVRA PARATOIE		1.20	210	175	291329
TORRE DISCENDERIA AI CANALI DI RACCOLTA ACQUE DI DRENAGGIO		1.35	250	185	294710
CUNICOLI D'ISPEZIONE DEI DRENAGGI		1.35	297	220	305880
CANALE DI RESTITUZIONE		1.00	164	164	287500
MURI DI SOSTEGNO ASSERVITI ALLA STRADA DI ACCESSO AL CORONAMENTO	Elevazione	1.20	169	140	278700
	Fondazione	1.35	200	148	281710
MURI/TOMBINI STRADA DI COLLEGAMEN- TO TRA PIAZZALE CASA DI GUARDIA E PIAZZALE TORRE DI PRESA	Elevazione	1.20	169	140	278700
	Fondazione	1.35	200	148	281710
CASA DI GUARDIA	Elevazione	1.00	210	175	291329
	Fondazioni	1.35	250	185	294710
VASCA DI DISSIPAZIONE	Elevazione Solettone	1.00	300	300	328366
	Fondazioni	1.00	250	250	314758

 II122F A-SIS-RT-201-00	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO RELAZIONE TECNICA	 Pag. 107 di 133
---	---	---

9. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Quanto riportato nel seguente capitolo riguarda le opere accessorie ad eccezione delle gallerie dello scarico di fondo e di superficie. Per la trattazione di tale argomento si rimanda alle specifiche relazioni di calcolo strutturale.

9.1. Caratterizzazione geotecnica del sito

Ai fini della caratterizzazione sismica del sito, il terreno viene classificato come appartenente alla categoria di sottosuolo tipo B, mentre per le caratteristiche morfologiche, esse sono tali da poterlo classificare nella categoria topografica tipo T1.



9.2. Parametri per la definizione dell'azione sismica

Le NTD14 riportano una classifica delle dighe rispetto ad altezza/volume d'invaso:

- Dighe di dimensioni contenute: dighe che non superano i 15 metri di altezza e che determinano un volume di invaso non superiore a 1.000.000 di metri cubi;
- Grandi dighe: dighe che superano i 15 metri di altezza o che determinano un volume di invaso superiore a 1.000.000 di metri cubi.

Inoltre, ai fini della determinazione del periodo di riferimento per l'azione sismica si definiscono:

- Dighe di importanza strategica (o strategiche): dighe la cui funzionalità durante e a seguito di eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile: le dighe così classificate in base ai Decreti del Dipartimento della protezione civile; le dighe così classificate in base a regolamenti regionali; per queste ultime, in assenza di specifica individuazione o classificazione si definiscono strategiche le dighe che realizzano serbatoi a prevalente utilizzazione idroelettrica o potabile.
- Dighe rilevanti per le conseguenze di un eventuale collasso: tutte le grandi dighe; le dighe così classificate in base a regolamenti regionali.
- Dighe di importanza normale: tutte le dighe non appartenenti alle fattispecie A e B (si tratta solo di dighe di dimensioni contenute).

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 108 di 133</p>

La diga Gibbesi, con i suoi 45 m di altezza e un volume d'invaso con una capacità di 1,700,000 di m³, si classifica come "grande diga". Inoltre, avendo utilizzazione di tipo irriguo, è classificabile come diga" di tipo B ("diga rilevante").

9.3. Stati limite e relative probabilità di superamento



Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

	<p style="text-align: center;">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 109 di 133</p>

Come specificato nella Circolare D.G. Dighe 3 luglio 2019, la verifica degli scarichi agli stati limite ultimi si effettua con riferimento al solo SLV. Quindi, in questa sede, si prende in considerazione solamente il suddetto Stato Limite.

Il periodo di riferimento, V_R , per l'azione sismica è definito in funzione della vita nominale, V_N , e del coefficiente d'uso, C_U , dalla relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Per le dighe esistenti viene prescritta una V_N pari a 50 anni, mentre il coefficiente d'uso è riportato in Tabella 9-1.

Tabella 9-1: Tab. H1 – NTD14

Dighe:	V_N (anni)	C_U	V_R (anni)
Strategiche	≥ 50	2.0	100
Rilevanti		1.5	75

Conseguentemente, i periodi di riferimento minimi sono riportati in Tabella 9-2.

Tabella 9-2: Tab. H2 – NTD14

Dighe:	V_R (anni)
Strategiche	100
Rilevanti	75
Importanza normale	50



e, con riferimento alle prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} definite nelle NTC18, i periodi di ritorno dell'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite sono riportati in Tabella 9-3.

Tabella 9-3: Tab. H3 – NTD14

Dighe:	SLO $P_{VR} = 81\%$	SLD $P_{VR} = 63\%$	SLV $P_{VR} = 10\%$	SLC $P_{VR} = 5\%$
Strategiche	60	100	950	1946
Rilevanti	45	75	710	1460
Importanza normale	30	50	475	975

Nel caso di Gibbesi, quindi, si avrà che:

- $V_N = 50$ anni;
- $C_U = 1.5$;

	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p style="text-align: center;">II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA</p>	<p style="text-align: center;">Pag. 110 di 133</p>

- $V_R = 50 \cdot 1.5 = 75$ anni;
- $T_R = 710$ anni, allo SLV.

9.3.1. Parametri di pericolosità sismica

In generale l'azione sismica è definita sul sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali valori sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Per il calcolo dei parametri sismici è stato utilizzato il foglio di calcolo "Spettri di Risposta" ver. 1.0.3 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici inserendo i seguenti parametri riportati in Tabella 9-4.

Tabella 9-4: Parametri in input per il calcolo dello spettro sismico

Parametro	Input
Longitudine	13.984139 °
Latitudine	37.315170 °
Stato Limite	SLV
Classe d'uso	IV ($C_U = 1.5$)
Vita nominale	$V_N = 50$ anni
Tipo di spettro	Componente Orizzontale e Verticale di progetto
Categoria di sottosuolo	B
Categoria topografica	T1
Rapporto h/H	0 (costruzione non in cima al pendio)
Fattore di comportamento (q)	1.50

La categoria topografica viene valutata secondo la seguente tabella (da NTC18):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Ne consegue la scelta degli appropriati coefficienti di amplificazione stratigrafica (S_S), amplificazione topografica (S_T) e C_C .

Tab. 3.2.IV – *Espressioni di S_S e di C_C*

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Il fattore di comportamento q , tranne che per le gallerie, viene preso pari a 1.5 in quanto la struttura ha un comportamento non dissipativo e non è stata a suo tempo progettata in duttilità. Quindi, per quanto riguarda lo spettro sismico in direzione orizzontale, si trovano le quantità riportate in Tabella 9-5 e quanto di seguito riportato.

Tabella 9-5: Parametri dello spettro di risposta orizzontale per SLV

Parametri indipendenti	
a_g	0.073
F_0	2.659
T_C^*	0.485
S_S	1.200
C_C	1.271
S_T	1.000
q	1.500
Parametri dipendenti	
S	1.200
η	0.667
T_B	0.206
T_C	0.617
T_D	1.894

Per lo spettro di risposta verticale si veda Tabella 9-6.

Tabella 9-6: Parametri dello spettro di risposta verticale per SLV

Parametri indipendenti	
a_{gv}	0.027
S_S	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050
T_C	0.150
T_D	1.000
Parametri dipendenti	
F_V	0.973
S	1.000
η	0.667

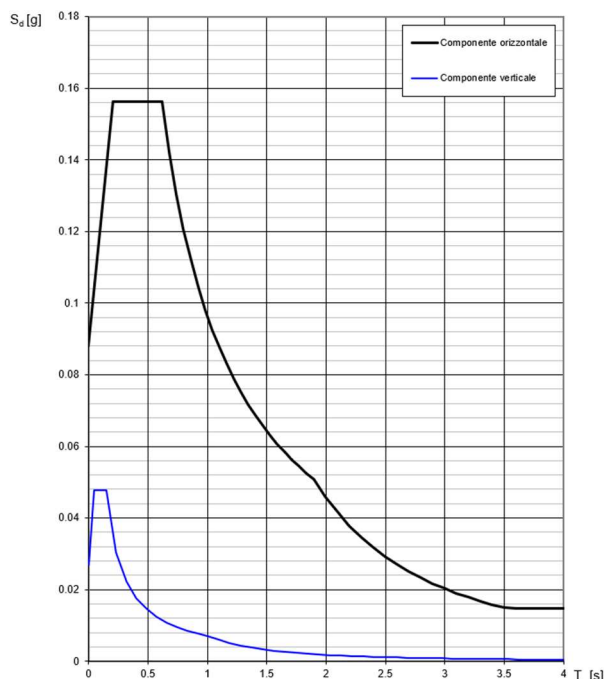


Figura 9-1: Diga di Gibbesi – Spettri di risposta SLV in direzione orizzontale (nero) e verticale (blu)

9.4. Azioni sismiche agenti sulle strutture

9.4.1. Azioni sismiche dovute all'inerzia della struttura

Sulla base dei parametri sismici e delle accelerazioni riportate in precedenza, si è considerata un'azione sismica di tipo modale con spettro di risposta.

Per controllare la bontà dei risultati ottenuti con l'analisi modale, inoltre, si è svolta un'analisi lineare statica applicando forze statiche equivalenti alle forze d'inerzia indotte dall'azione sismica.



La forza da applicare a ciascuna massa della costruzione è pari a:

$$F_E = W \cdot S_d(T_1)$$

Dove:

W = massa sismica;

$S_d(T_1)$ = ordinata dello spettro di risposta di progetto. Si considera, a favore di sicurezza, l'accelerazione massima (plateau).

 II122F A-SIS-RT-201-00	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO RELAZIONE TECNICA	 Pag. 114 di 133
---	---	---

9.4.2. Azioni sismiche dovute all'inerzia dell'acqua

Per il calcolo della massa aggiunta di acqua trascinata dai manufatti immersi ci si riferisce all'Eurocodice EN 1998-2:2005 Annex F intitolato *Added mass of entrained water for immersed piers*.

Nell'Annesso in questione si afferma che la massa totale effettiva, in direzione orizzontale, di una pila immersa si può assumere pari alla somma dei seguenti contributi:

- la massa reale della pila stessa, senza detrarre il galleggiamento (già considerata al paragrafo precedente);
- la massa d'acqua possibilmente racchiusa all'interno della pila (nel caso di pile cave);
- la massa aggiunta m_a di acqua trascinata esternamente per unità di lunghezza della pila immersa.

Massa aggiunta m_a

Vengono fornite le formule per il calcolo di m_a per le forme di pila più classiche. Nel caso di una forma rettangolare:

$$m_a = k \rho \pi a_y^2$$

dove:

k = valore reperibile alla Tabella F.1 di EN 1998-2:2005, (riportata nel seguito per comodità). È consentita l'interpolazione lineare;

$\rho = 1000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$ = densità dell'acqua;

$2a_x$ e $2a_y$ sono le dimensioni della sezione rettangolare per un sisma agente lungo la direzione x .

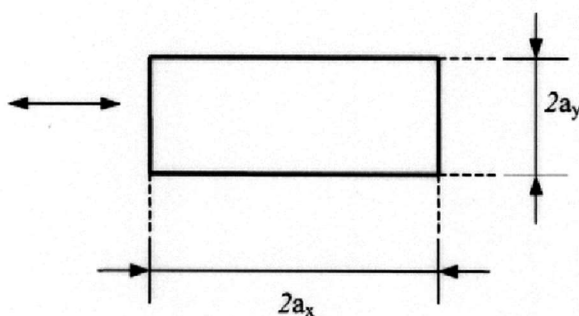


Figura 9-2: Dimensioni della sezione rettangolare immersa in acqua per un sisma agente lungo la direzione x

Tabella 9-7: Coefficiente k al variare del rapporto a_y/a_x



a_y/a_x	k
0.1	2.23
0.2	1.98
0.5	1.70
1.0	1.51
2.0	1.36
5.0	1.21
10.0	1.14
∞	1.00

Nel caso di una forma circolare si ha:

$$m_a = \rho \pi R^2$$

Dove:

- R = raggio massimo;
- $\rho = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$ = peso specifico dell'acqua.

 II122F A-SIS-RT-201-00	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO RELAZIONE TECNICA	 Pag. 116 di 133
---	---	---

10. ANALISI DEI CARICHI

I carichi considerati, oltre a quelli permanenti dovuti al peso proprio e al carico sismico descritto nel precedente capitolo 9, sono i seguenti:

- spinta delle terre;
- azione del vento;
- azione della neve;
- azioni variabili da carichi mobili;
- azioni dovute alle variazioni termiche.

10.1. Spinta delle terre

Nel caso di muri per i quali si possano accettare significative deformazioni è possibile assumere, sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche, un regime di spinte attive. Altrimenti è in genere necessario assumere condizioni di spinta a riposo.

In presenza di sisma, è consentito l'approccio pseudo-statico, secondo il quale il complesso muro + terreno mobilitato è pensato soggetto ad un'accelerazione sismica uniforme avente le seguenti componenti:

- Orizzontale: $k_h \cdot g$
- Verticale: $k_v \cdot g = \pm 0.5 k_h \cdot g$



Come nel caso statico, anche in condizioni sismiche è necessario distinguere tra:

- muri indeformabili;
- muri deformabili;
- muri molto deformabili.

Tra i muri indeformabili possono essere inclusi i manufatti aventi pareti adeguatamente contrastate, quali, ad esempio, gli scatolari. In questo caso è opportuno adottare spinte sismiche secondo la teoria di Wood (1973) assumendo per lo SLV:

$$k_h = \frac{a_{max}}{g}$$

Tra i muri deformabili si possono includere le pareti sufficientemente deformabili grazie alla loro snellezza ma tuttavia sostanzialmente vincolate, in qualche modo, ad altre

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 117 di 133</p>

strutture, come ad esempio le pareti di manufatti a U. In questo caso potranno essere considerate spinte comprese tra valori a riposo e attive, in ragione della deformabilità. Queste ultime (sismiche attive) saranno valutate assumendo per lo SLV:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} , \text{ con } \beta_m = 1$$

Nella categoria dei muri molto deformabili, per i quali possono essere ipotizzati significativi spostamenti relativi tra muro e terreno, si possono includere, ad esempio, i muri di sostegno fondati su fondazioni dirette. In questo caso si assumeranno certamente spinte attive, da valutarsi introducendo nel caso sismico un coefficiente β_m (come per i muri deformabili) da valutarsi prendendo a riferimento il diagramma di figura 7.11.3 delle NTC18. Per lo SLV:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} , \text{ con } \beta_m \text{ (da figura 7.11.3 delle NTC18)}$$

Seguono ora i criteri generali di valutazione delle spinte.

10.1.1. Spinte attive in condizioni statiche

Ad una generica profondità z , nel caso di terreno puramente granulare, lo sforzo orizzontale totale $\sigma_A(z)$ sulla parete è dato da:

$$\sigma_A(z) = K_A \cdot [\sigma_V(z) - u(z)] + u(z)$$

Dove:

$\sigma_V(z)$ = sforzo verticale totale alla generica profondità, ossia il peso della colonna di terreno e di acqua soprastante la quota z ;

$u(z)$ = pressione dell'acqua alla generica profondità z .

K_A = coefficiente di spinta attiva. In genere, può essere assunto pari a:

$$K_A = \tan^2 \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\phi}{2} \right)$$

È possibile, tuttavia, mettere in conto l'angolo d'attrito δ tra terra e muro, assumendo quindi che la spinta sia inclinata, rispetto alla normale alla superficie di contatto tra muro e terreno, di un angolo δ . In questo caso il coefficiente di spinta attiva può essere va-

DIGA GIBBESI

RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE

DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO

II122F
A-SIS-RT-201-00

RELAZIONE TECNICA

Pag. 118 di 133

lutato con le note formule derivate dalla teoria di Coulomb e sviluppate da Muller-Breslau.

$$K_A = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta) \cdot \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)} \right]^2}$$

Dove:

α = inclinazione lato terreno del muro;

β = inclinazione del pendio sostenuto dal muro rispetto all'orizzontale;

ϕ = angolo d'attrito del terreno.

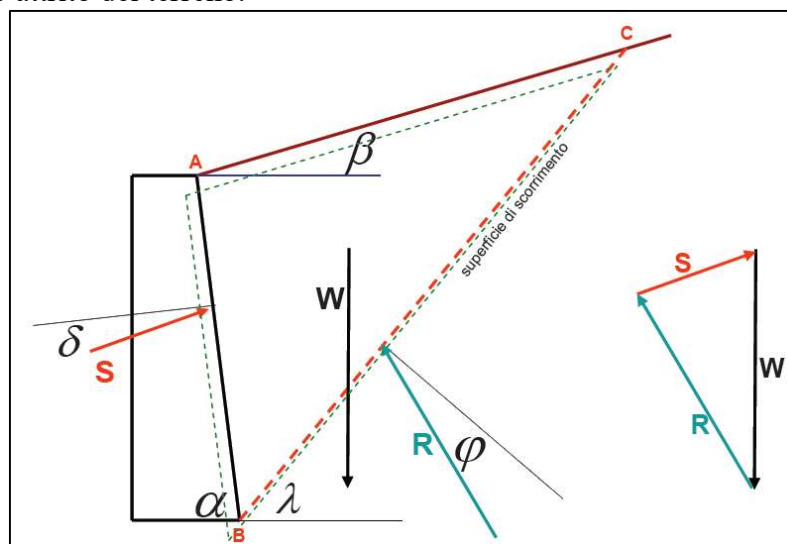


Figura 10-1: Cuneo di spinta

Quindi la spinta attiva in condizioni statiche può essere espressa come:

$$S_{a,S} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_A$$

Dove:



γ = è il peso specifico del terreno;

H = altezza del muro

A questa va aggiunta la spinta statica dell'acqua nel caso in cui il muro sia sottofalda:

$$E_{ws} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H^2$$

Dove γ_w è il peso specifico dell'acqua, pari a 10 kN/m³.

 II122F A-SIS-RT-201-00	<p style="text-align: center;">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	 Pag. 119 di 133
	RELAZIONE TECNICA	

10.1.2. Spinte a riposo in condizioni statiche

Ad una generica profondità z , nel caso di terreno puramente granulare, lo sforzo orizzontale totale $\sigma_0(z)$ sulla parete è dato da:

$$\sigma_0(z) = K_0 \cdot [\sigma_v(z) - u(z)] + u(z)$$

In cui, nel caso di piano campagna orizzontale, il coefficiente di spinta a riposo K_0 se non diversamente definito, può essere assunto pari a:

$$K_0 = (1 - \sin \theta) \cdot \sqrt{OCR}$$

Dove OCR è il grado di sovraconsolidazione.

10.1.3. Spinte attive in condizioni sismiche

La spinta totale attiva su un paramento di altezza pari ad H è data da:

$$E_d = S_{a,E} + E_{ws} + E_{wd}$$

Dove:

$S_{a,E}$ = spinta attiva dovuta allo scheletro solido;

E_{ws} = risultante delle pressioni idrostatiche;

E_{wd} = risultante della sovraspinta dinamica dell'acqua.

La spinta attiva dovuta allo scheletro solido è un'estensione della teoria di Coulomb al caso dinamico sviluppata da Mononobe & Okabe (M-O):

$$S_{a,E} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot H^2 \cdot K_{a,E}$$



Dove $K_{a,E}$ è il coefficiente di spinta attiva secondo M-O, che si calcola nel seguente modo:

se $\beta \leq \phi - \theta$ allora:

$$K_{a,E} = \frac{\sin^2(\alpha + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta - \theta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\alpha - \delta - \theta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

se $\beta > \phi - \theta$ allora:

$$K_{a,E} = \frac{\sin^2(\alpha + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta - \theta)}$$

 II122F A-SIS-RT-201-00	<p style="text-align: center;"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità</i> <i>Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	 Pag. 120 di 133
	RELAZIONE TECNICA	

A seconda della definizione del peso specifico γ^* del cuneo e dell'angolo θ definito come l'angolo, rispetto alla verticale, fra le azioni esterne orizzontali e quelle verticali agenti sul cuneo di spinta, l'espressione generale può essere utilizzata per tre diverse condizioni nelle quali può trovarsi il rilevato.

Condizione 1: Rilevato asciutto

Nel caso di rilevato asciutto non c'è alcuna azione dovuta all'acqua. Esso corrisponde alla configurazione originale ipotizzata da M-O. Come peso specifico si deve assumere $\gamma^* = \gamma_{dry}$, ovvero il peso secco. La forza orizzontale F_h è pari alla massa del terreno moltiplicata per l'accelerazione orizzontale mentre la forza verticale F_v è il peso del cuneo incrementato o decrementato dall'accelerazione sismica verticale. Quindi, riassumendo:

$$\begin{cases} \gamma^* = \gamma_{dry} \\ \theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right) \\ E_{ws} = E_{wd} = 0 \end{cases}$$



Condizione 2: Rilevato saturo a grana fine (dinamicamente impervio: $k < 5 \cdot 10^{-4}$ [m/s])

Nel caso che la permeabilità del rilevato sia bassa, si assume che l'acqua, imprigionata negli interstizi, si muova insieme con il terreno: l'accelerazione sismica agirà quindi sulla massa complessiva (terreno + acqua) del cuneo.

Si ammette che le pressioni interstiziali non subiscano variazioni ai fini del calcolo delle azioni sulla parete. In questo caso l'equilibrio limite del cuneo è fatto al netto della risultante delle azioni idrostatiche e quindi, nelle formule generali, si assumerà:

$$\begin{cases} \gamma^* = \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_{dry} \\ \theta = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma'} \cdot \arctan\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right) \\ E_{ws} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H^2 \\ E_{wd} = 0 \end{cases}$$

Alla spinta efficace dovrà essere aggiunta la spinta idrostatica dell'acqua, mentre, per ipotesi, la componente idrodinamica non può svilupparsi.

 II122F A-SIS-RT-201-00	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO RELAZIONE TECNICA	 Pag. 121 di 133
---	--	---

Condizione 3: Rilevato saturo a grana grossa (dinamicamente permeabile:
 $k \geq 5 \cdot 10^{-4}$ [m/s])

Nel caso in cui il rilevato abbia permeabilità alta, si ammette che l'acqua negli interstizi possa muoversi liberamente, indipendentemente dalle deformazioni subite dal terreno: l'accelerazione sismica agirà quindi sulla massa della sola parte solida del cuneo. L'equilibrio limite del cuneo è fatto al netto della risultante delle pressioni interstiziali e quindi, nelle formule generali, si assumerà:

$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma^* = \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_{dry} \\ \theta = \frac{\gamma_{dry}}{\gamma'} \cdot \arctan\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right) \\ E_{ws} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H^2 \\ E_{wd} = \frac{7}{12} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot (H')^2 \end{array} \right.$$

In questo caso dovranno essere aggiunte sia la spinta idrostatica sia la sovraspinta idrodinamica della stessa acqua di falda. H' è l'altezza della freatica dal piede del muro.

Condizione 4: Rilevato parzialmente immerso

Ebeling e Morrison (1992) indicano il modo per utilizzare, anche in questo caso, le equazioni di M-O. Sostanzialmente questo caso può essere assimilato a quello di un terrapieno completamente immerso omogeneo, avente un peso specifico equivalente. Per calcolare la risultante delle spinte, si potrà operare come segue. Si definiscono i pesi specifici medi da associare rispettivamente alla componente efficace verticale ed alla componente laterale

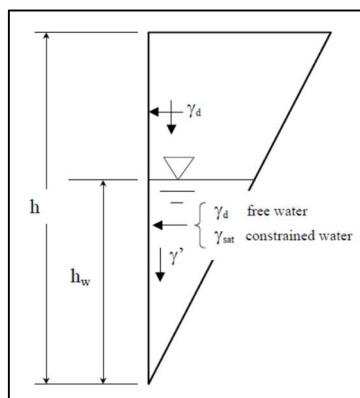




Figura 10-2: Cuneo di spinta nel caso di rilevato parzialmente immerso

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 122 di 133</p>

$$\gamma_V^* = \left(\frac{h_w}{h}\right)^2 \cdot \gamma' + \left[1 - \left(\frac{h_w}{h}\right)^2\right] \cdot \gamma_{dry}$$

$$\gamma_H^* = \begin{cases} \gamma_{dry} & \text{se terreno din. permeabile} \\ \left(\frac{h_w}{h}\right)^2 \cdot \gamma_{sat} + \left[1 - \left(\frac{h_w}{h}\right)^2\right] \cdot \gamma_{dry} & \text{se terreno din. impervio} \end{cases}$$

Definendo:

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_H^*}{\gamma_V^*} \cdot \frac{k_h}{1 - k_v}\right)$$

Si può risolvere il problema utilizzando la definizione di E_d ponendo $\gamma^* = \gamma_V^*$ e calcolando il coefficiente di spinta attiva K_A con le classiche formule di M-O.

10.1.4. Punto di applicazione delle spinte attive sismiche

La spinta attiva complessiva è, in generale, composta da tre termini: occorre calcolare il punto di applicazione di ognuno di essi.

Componente associata allo scheletro solido



Si opera come segue:

- Si calcola la spinta attiva in condizioni statiche $S_{a,S}$;
- Si calcola la quota parte efficace di spinta sismica E_d dovuta alla terra ($S_{a,E}$);
- Si calcola l'incremento di spinta dovuto alla terra in caso di sisma (componente efficace):

$$\Delta S_{a,E} = S_{a,E} - S_{a,S}$$

Nel caso di muri che possano ruotare alla base, si può considerare che tale incremento $\Delta S_{a,E}$ abbia una risultante nello stesso punto della risultante delle spinte statiche, ovvero ad un'altezza $H/3$ dal piede del muro;

Negli altri casi si può assumere che tale azione si distribuisca uniformemente sulla parete, il che equivale ad applicare un carico concentrato pari a $\Delta S_{a,E}$ ad un'altezza $H/2$.

 II122F A-SIS-RT-201-00	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO RELAZIONE TECNICA	 Pag. 123 di 133
---	---	---

Componente idrostatica

È applicata come nel caso statico, ovvero E_{ws} è applicato ad un'altezza $H/3$ dal piede del muro.

Componente idrodinamica

Se esiste, allora E_{wd} è applicata considerando la seguente distribuzione:

$$q_{wd}(z) = \pm \frac{7}{8} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{H' \cdot z}$$

Dove z è la quota del generico punto rispetto alla base della parete.

Alternativamente si può direttamente applicare la forza E_{wd} ad un'altezza di $0.4 h_w$ dal piede del muro, dove h_w è l'altezza della falda.

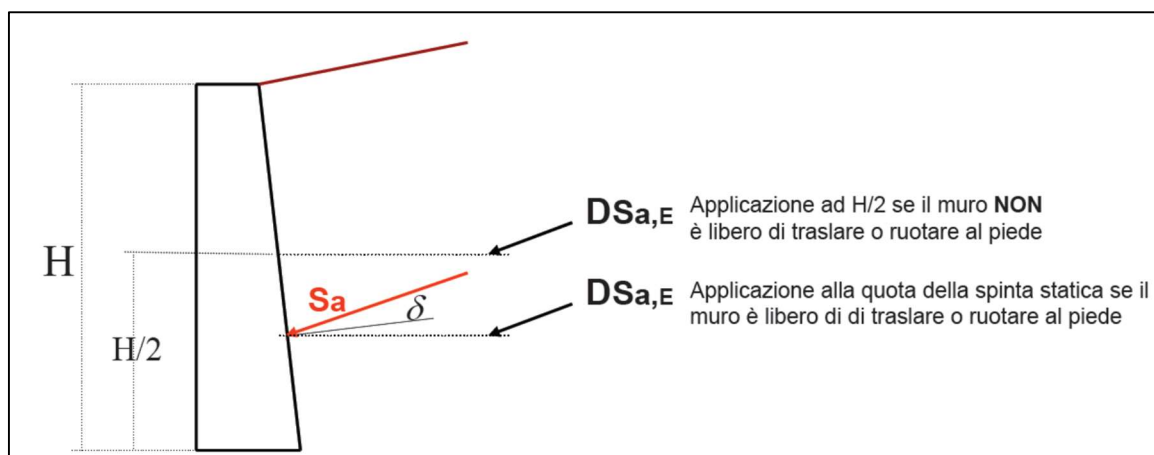


Figura 10-3: Punto di applicazione delle spinte del terreno

Spinte su muri non in grado di spostarsi

Nel caso di muri non in grado di spostarsi, l'utilizzo delle equazioni di M-O non è raccomandato. Le spinte delle terre sono, infatti, calcolate in regime di spinta a riposo.



Spinta statica delle terre

Si può calcolare la spinta statica delle terre con il metodo del fluido equivalente:

$$\sigma_h = K_0 \cdot \sigma'_v$$

dove:

$\sigma'_v = \gamma \cdot z + q$ è la spinta delle terre effettiva;

 II122F A-SIS-RT-201-00	<p style="text-align: center;">Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p style="text-align: center;">DIGA GIBBESI</p> <p style="text-align: center;">RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p style="text-align: center;">DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	 Pag. 124 di 133
	RELAZIONE TECNICA	

K_0 è il coefficiente di spinta a riposo;
 q è il carico applicato superiormente al terreno.

Spinta statica dell'acqua

Alla spinta statica delle terre va aggiunta quella dell'acqua, calcolata come E_{ws} .

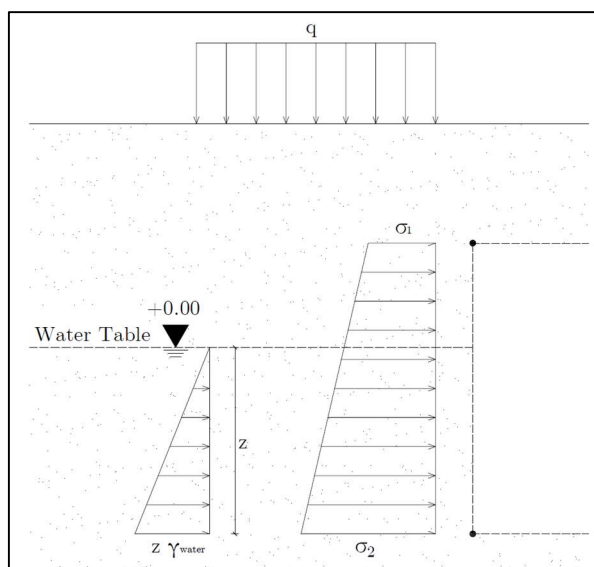


Figura 10-4: Spinta su muri non in grado di spostarsi

Incremento dinamico di spinta del terreno

L'incremento dinamico di spinta del terreno può essere calcolato attraverso la nota formulazione di Wood (1973):

$$\Delta P_d = \frac{a_{max}}{g} \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$



Dove:

$$a_{max} = a_g \cdot S;$$

$S = S_S \cdot S_T$ così come definiti dalle NTC18;

h_{tot} = altezza del muro.

Questa spinta è applicata come una distribuzione uniforme lungo l'altezza h_{tot} del muro, quindi il suo punto di applicazione è a $H/2$.

 II122F A-SIS-RT-201-00	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO RELAZIONE TECNICA	 Pag. 125 di 133
---	---	---

10.2. Vento

Per il calcolo dell'azione del vento sulla struttura si fa riferimento al §3.3 delle NTC 2018.

Le azioni del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici degli elementi che compongono la costruzione. L'azione del vento sui singoli elementi che compongono la costruzione va determinata considerando la combinazione più gravosa delle pressioni agenti sulle due facce di ogni elemento.

Velocità base di riferimento

La velocità base di riferimento v_b è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno $T_R = 50$ anni. In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche, v_b è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

Dove:

- $v_{b,0}$ = velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Figura 10-5);
- c_a = coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:
$$c_a = \begin{cases} 1, & \text{per } a_s \leq a_0 \\ 1 + k_s \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right), & \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \end{cases}$$
- a_0, k_s = parametri forniti nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Figura 10-5);
- a_s = altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32





Figura 10-5: Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Velocità di riferimento

La velocità di riferimento v_r è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), riferito al periodo di ritorno di progetto T_R . Tale velocità è definita dalla relazione:

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

 II122F A-SIS-RT-201-00	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti DIGA GIBBESI RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO RELAZIONE TECNICA	 Pag. 127 di 133
---	--	---

Dove:

- v_b = velocità base di riferimento;
- c_r = coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto T_R . In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, il coefficiente di ritorno è fornito dalla relazione:

$$c_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

- T_R = periodo di ritorno espresso in anni.

Ove non specificato diversamente, si assumerà $T_R = 50$ anni, cui corrisponde $c_r = 1$.

Pressione del vento

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Dove:

- q_r = pressione cinetica di riferimento;
- c_e = coefficiente di esposizione;
- c_p = coefficiente di pressione;
- c_d = coefficiente dinamico.

Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento q_r è data dall'espressione:



$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

Dove:

- v_r = velocità di riferimento del vento;
- ρ = densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m^3 .

Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200 \text{ m}$, esso è dato dalla formula:

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 128 di 133</p>

$$c_e(z) = \begin{cases} k_r^2 c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right], & \text{per } z \geq z_{min} \\ c_e(z_{min}), & \text{per } z < z_{min} \end{cases}$$

Dove:

- k_r, z_0, z_{min} = sono assegnati in Tab. 3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;
- c_t = coefficiente di topografia.

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

La categoria di esposizione è assegnata nella Figura 10-6 in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno definita in Tab. 3.3.III. Nelle fasce entro 40 km dalla costa, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

Il coefficiente di topografia c_t è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane. In questo caso, la Figura 10-7 riporta le leggi di variazione di c_e per le diverse categorie di esposizione.



DIGA GIBBESI

RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE

DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO

II122F
A-SIS-RT-201-00

RELAZIONE TECNICA

Pag. 129 di 133

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate,)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

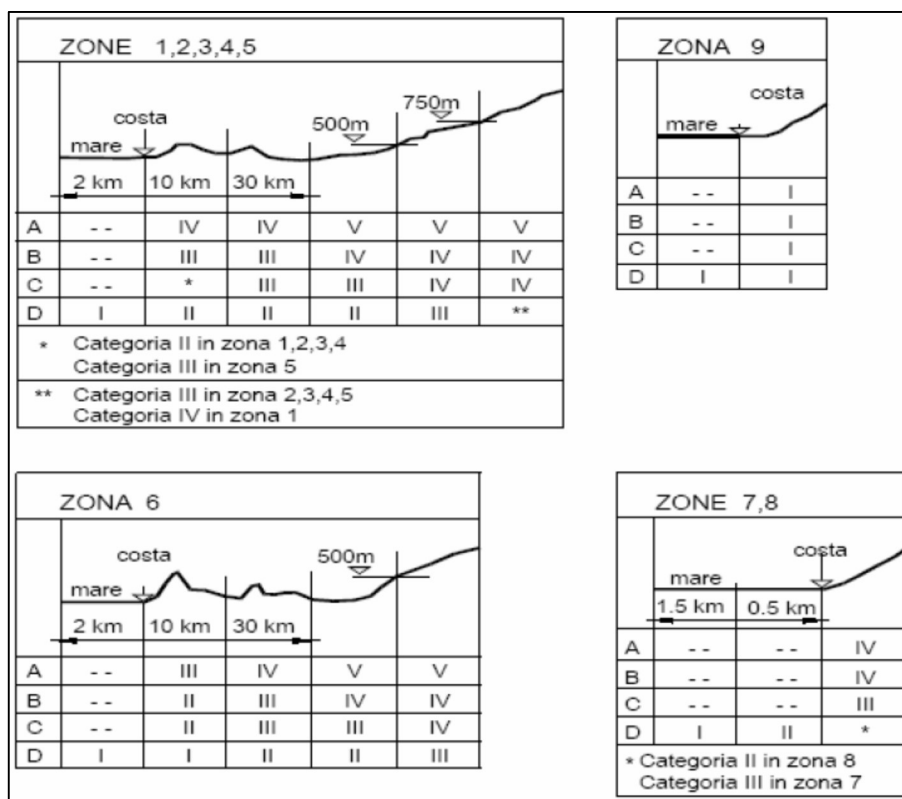




Figura 10-6: Definizione delle categorie di esposizione

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 130 di 133</p>

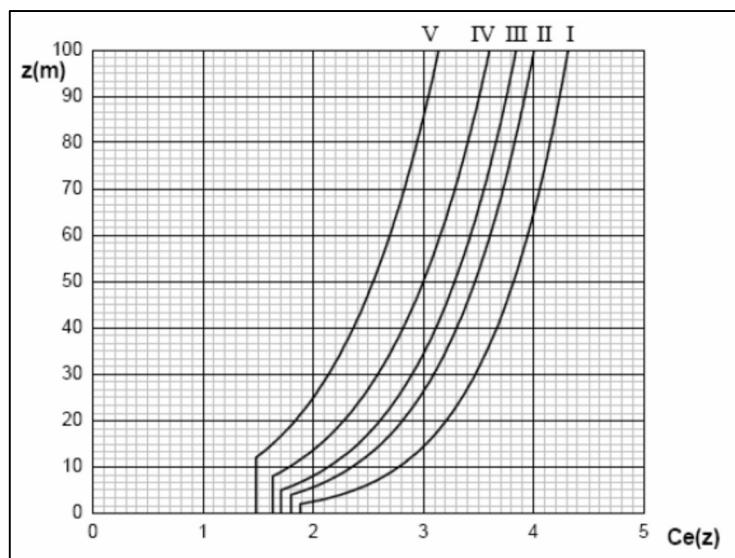


Figura 10-7: Andamento del coefficiente di esposizione c_e in funzione dell'altezza sul suolo (per $c_t = 1$)

Coefficiente di pressione e coefficiente dinamico

Considerando quanto riportato nell'Eurocodice 1, in condizioni normali si può considerare che $c_p \cdot c_d = 1$.

10.3. Neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture è valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t$$



Dove:

- q_{sk} = valore di riferimento del carico della neve al suolo;
- μ_i = coefficiente di forma della copertura;
- C_E = coefficiente di esposizione
- C_t = coefficiente termico.

Si assume che il carico della neve agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

Valore di riferimento del carico della neve al suolo

Il carico della neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona. In mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto sia dell'altezza

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 131 di 133</p>

del manto nevoso che della sua densità, il carico di riferimento della neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello calcolato in base alle espressioni riportate nel seguito, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni per le varie zone indicate nella FIGURA 10-8. Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, devono essere definiti singolarmente.

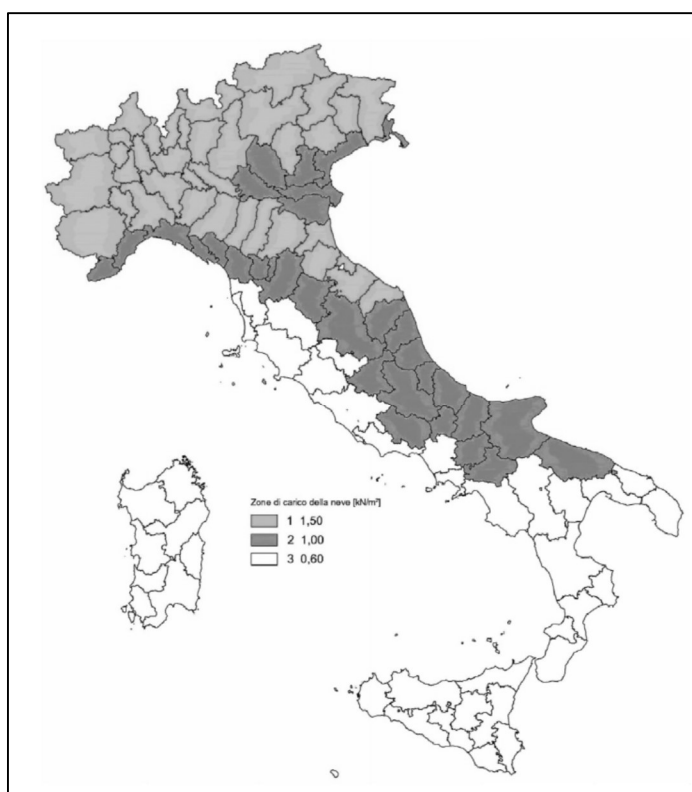


Figura 10-8: Zone di carico della neve

La Sicilia si trova in zona III, quindi:

$$q_{sk} = \begin{cases} 0.60 \text{ kN/m}^2, & a_s \leq 200 \text{ m} \\ 0.51 \left[1 + \left(\frac{a_s}{481} \right)^2 \right], & a_s > 200 \text{ m} \end{cases}$$

Coefficiente di forma della copertura

I coefficienti di forma delle coperture dipendono dalla forma stessa della copertura e dall'inclinazione sull'orizzontale delle sue parti componenti e dalle condizioni climatiche locali del sito ove sorge la costruzione. In assenza di dati suffragati da opportuna documentazione, i valori nominali del coefficiente di forma μ_i delle coperture ad una o

a due falde possono essere ricavati dalla Tab. 3.4.II, essendo α , espresso in gradi sessagesimali, l'angolo formato dalla falda con l'orizzontale.

Tab. 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Si assume che alla neve non sia impedito di scivolare. Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0.8 indipendentemente dall'angolo α . Per coperture a più falde, per coperture con forme diverse, così come per coperture contigue a edifici più alti o per accumulo di neve contro parapetti o più in generale per altre situazioni ritenute significative dal progettista si deve fare riferimento a normative o documenti di comprovata validità.

Coefficiente di esposizione



Il coefficiente di esposizione C_E tiene conto delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori consigliati di questo coefficiente sono forniti in Tab. 3.4.I per diverse classi di esposizione. Se non diversamente indicato, si assumerà $C_E = 1$.

Tab. 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di esposizione

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Coefficiente termico

Il coefficiente termico tiene conto della riduzione del carico della neve, a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente dipende dalle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere posto $C_t = 1$.

	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p>DIGA GIBBESI</p> <p>RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLE OPERE ACCESSORIE</p> <p>DATI GENERALI E CRITERI DI PROGETTO</p>	
<p>II122F A-SIS-RT-201-00</p>	<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<p>Pag. 133 di 133</p>

10.4. Azioni variabili dovute ai carichi mobili

Su piazzali e aree direttamente accessibili e nelle zone transitabili, di passaggio agli addetti al controllo e alla manutenzione, si considera un carico pari a 10 kN/m².

Per la passerella d'accesso alla torre di presa, a favore di sicurezza, sull'impalcato si considera agente il carico dovuto alla folla compatta (5.00 kN/m²), che, per le pile e le spalle, equivale ad assumere mezzi da 300 kN transitanti sull'impalcato e non agenti in contemporanea su di una singola campata (non più di 1 mezzo per campata).

10.5. Azioni dovute alle variazioni termiche

Secondo le NTC 2018, nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente ΔT_u , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.II delle stesse norme (sotto riportata).

Tab. 3.5.II – Valori di ΔT_u per gli edifici

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$

La componente uniforme $\Delta T_u = T - T_0$, pari alla differenza tra la temperatura media attuale T e quella iniziale alla data della costruzione T_0 .