



Sede Legale:
Via Lamarmora 230, 25124 Brescia
Sede direzionale e amministrativa:
Corso di Porta Vittoria 4, 20122 Milano
A2A/DGE/BGT/IMI/SII/OIC

Pratica: 10320	Intervento di miglioramento sismico della diga di Trepidò
Documento:	10320-C-OR-DTR-S-PN-211-1
Note:	Rif. M_inf.digheidrel.registro ufficiale.u.0009203.11-04-2019

**IMPIANTO IDROELETTRICO DI:
ORICHELLA**

**DIGA DI:
TREPIDO'**

**OGGETTO: Progetto Definitivo per l'intervento di miglioramento sismico della Diga di Trepidò
PIANO DELLE INDAGINI E PROVE DI LABORATORIO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEL PONTE SULLO SFIORATORE**

CONSULENTE:



Il progettista:
Dott. Ing. Marco Braghini

CONCESSIONARIO:



Visto
L'ingegnere Responsabile:
Dott. Ing. Paolo Valgoi

Visto
Il Legale Rappresentante:
Roberto Scottoni

TIPO DOCUMENTO:

PIANO

			LOMBARDI			A2A		
REV.	DATA	DESCRIZIONE DELLA REVISIONE	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
1	27/10/2023	Prima emissione	A. Cascione	G. Comaita/ C. Crèmer	M. Braghini	-	P. Valgoi	R. Castellano
0	23/01/2023	Emissione per commenti	A. Cascione	G. Comaita/ C. Crèmer	M. Braghini	-	P. Valgoi	R. Castellano

IMPIANTI IDROELETTRICI DELLA SILA DIGA DI TREPIDÒ

PROGETTO DEFINITIVO PER L'INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO



PIANO DELLE INDAGINI E PROVE DI LABORATORIO PER LA
CARATTERIZZAZIONE DEL PONTE SULLO SFIORATORE

1	27.10.2023	Casc	Cr, Com
0	23.01.2023	Casc	Cr, Com
Versione	Data	Redatto	Verificato

Lombardi SA Ingegneri Consulenti
Via del Tiglio 2, C.P. 934, CH-6512 Bellinzona-Giubiasco
Telefono +41(0)91 735 31 00
www.lombardi.group, info@lombardi.group

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	2
3.	INQUADRAMENTO DEI CORPI D'OPERA OGGETTO DI INVESTIGAZIONE	3
4.	DESCRIZIONE SINTETICA DELLE ATTIVITÀ DI INDAGINE	6
5.	RILIEVO PLANOALTIMETRICO E DEI MANUFATTI	7
6.	MURO DI SOSTEGNO DELLO SFIORATORE	9
	6.1 Indagini pregresse	9
	6.2 Nuove indagini da effettuare sul muro di sostegno	11
7.	PONTE SULLO SFIORATORE	13

1. INTRODUZIONE

La diga di Trepidò (n. di archivio 85 – RID 39) si trova sul confine dei comuni di San Giovanni in Fiore (CS) e Cotronei (KR), ed è uno sbarramento a gravità in muratura di pietrame con fondazioni in calcestruzzo, di altezza massima di circa 32.50 m, formato da un corpo principale ad asse leggermente arcuato, collegato ad uno sbarramento secondario in calcestruzzo mediante un pilone di forma poligonale presente in sponda sinistra. Lo sbarramento genera il serbatoio dell'Ampollino nell'Altopiano della Sila ed è alla testa di un importante schema di impianti idroelettrici in cascata, di cui A2A è proprietaria e gestore. La diga è stata realizzata negli anni 1923-1927 quando ancora non esisteva una normativa nazionale specifica nel campo delle dighe ed il sito non era considerato zona sismica.

Nel dicembre 2015 la società CESI ha valutato, per conto di A2A, la vulnerabilità sismica della diga, ai sensi delle Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (DM 26/06/2014). Nell'aprile 2019 la DG DIGHE ha evidenziato la necessità di prevedere interventi principalmente finalizzati al miglioramento sismico dello sbarramento.

Nel settembre 2020 A2A trasmetteva alla DG DIGHE il progetto con l'analisi della fattibilità tecnica degli interventi di miglioramento sismico, redatto dalla società Lombardi, ed approvato dalla DG DIGHE stessa nel febbraio 2021. Il progetto prevedeva sia una serie d'interventi di rinforzo del corpo diga esistente, che la realizzazione di un rilevato in terra in adiacenza al paramento di valle dello sbarramento principale in muratura. Il progetto prevedeva anche una serie di attività propedeutiche al successivo livello di progettazione, finalizzate ad approfondire la conoscenza sia della diga che della roccia di fondazione, oltre alla conferma della geometria riportata negli elaborati progettuali storici. Tali approfondimenti si sono poi concretizzati in una campagna indagine in sito (agosto – novembre 2021) e successive prove di laboratorio sui campioni di materiale prelevato.

Nel presente documento, che è parte integrante del Progetto definitivo degli interventi di miglioramento sismico della diga di Trepidò, si descrivono le indagini e le prove in laboratorio sui materiali, propedeutiche alla verifica statica e sismica del ponte sullo sfioratore in sponda destra e del muro di sostegno adiacente allo stesso sfioratore. Queste attività s'inseriscono nell'ambito degli ulteriori approfondimenti in situ in modo che gli eventuali interventi di rinforzo che si rendessero necessari sulle opere in oggetto potranno essere dimensionati direttamente nel progetto esecutivo.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] 10219-C-OR-HTR-C-RP-301-0 – Diga di Trepidò - Indagini propedeutiche alla determinazione delle possibili interazioni della casa di guardia con il muro dello scarico di superficie della diga: indagini in sito e prove di laboratorio
- [2] 10219-C-OR-HTR-C-RT-301-0 – Diga di Trepidò - Indagini propedeutiche alla determinazione delle possibili interazioni della casa di guardia con il muro dello scarico di superficie della diga: caratterizzazione geotecnica del terreno

3. INQUADRAMENTO DEI CORPI D'OPERA OGGETTO DI INVESTIGAZIONE

Le opere oggetto di indagine sono costituite dal ponte sullo sfioratore, che garantisce l'accesso al coronamento dello sbarramento dalla sponda destra, e dal muro di sostegno adiacente allo sfioratore (lato casa di guardia) ed al succitato ponte.

Le figure seguenti mostrano le suddette opere e l'inquadramento dell'area di riferimento.

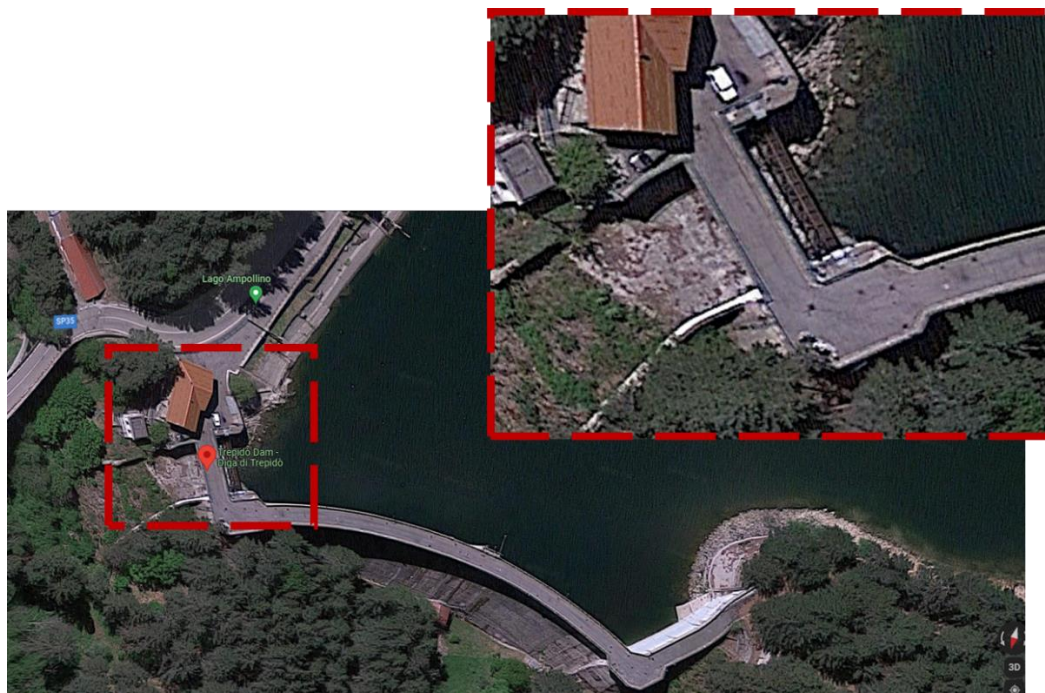


Figura 1 – Ponte sullo sfioratore e muro di sostegno – Inquadramento dell'area



Figura 2 – Ponte sullo sfioratore e muro di sostegno (a sinistra)

Il muro di sostegno è già stato indagato nell'ambito del progetto di adeguamento sismico della casa di guardia (relazione rif. [1]).

Sono note le caratteristiche di resistenza a compressione monoassiale, il modulo elastico e la massa volumica apparente del calcestruzzo, lo stato di carbonatazione, lo spessore del muro.

In adiacenza alle piastre di collegamento dello sfioratore al muro, sono presenti degli elementi in rilievo (indicati in rosso in Figura 3), di cui non sono note la tipologia del materiale, il grado di connessione al muro e le caratteristiche meccaniche; la funzione di questi elementi, sebbene sembri essere collegata all'ancoraggio della paratoia dello sfioratore al muro di sostegno, non è accertata.



Figura 3 – Muro di sostegno dello sfioratore – Elementi orizzontali in rilievo

Per quanto riguarda il ponte, l'impalcato è costituito da 3 travi in calcestruzzo armato con soletta superiore. Non si dispone di documentazione progettuale storica dell'opera, se non disegni originali che rappresentano però una struttura di forma e dimensioni differenti da quelle reali.

Alcuni rilievi preliminari sono stati eseguiti sul manufatto, la cui luce è di 16 m, mentre la distanza tra l'intradosso delle travi ed il fondo del canale dello scarico di superficie (nel tratto orizzontale a valle dello scivolo) è di circa 6.5 m.

Dei saggi eseguiti sulla pavimentazione hanno permesso di identificare la composizione e gli spessori della sovrastruttura, che presenta uno spessore di circa 18 cm fino all'estradosso della soletta dell'impalcato.

Le indagini descritte nei capitoli seguenti saranno volte alla definizione della geometria esatta dell'impalcato, alla determinazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo, del suo stato di conservazione e degli eventuali degradi (distacchi del copriferro, stato fessurativo). Inoltre, le indagini dovranno consentire di identificare lo schema di disposizione delle armature principali, la quantità ed i diametri impiegati, nonché lo stato di ossidazione, la corrosione, eventuali riduzioni di spessore e la resistenza a trazione.

Si precisa che il grado di vincolo dell'impalcato al muro di sostegno non è noto.

4. DESCRIZIONE SINTETICA DELLE ATTIVITÀ DI INDAGINE

Le attività di indagine possono sintetizzarsi secondo l'elenco seguente:

- 1) RILIEVO: rilievo plano-altimetrico dell'area in corrispondenza dello sfioratore tramite laser scanner, comprendendo il muro di sostegno e il ponte soprastante lo sfioratore stesso.
- 2) MURO DI SOSTEGNO DELLO SFIORATORE: ispezione visiva e rilievo difettologico del muro di sostegno. Indagine diagnostica elementi in rilievo.
- 3) PONTE SULLO SFIORATORE: ispezione visiva e rilievo difettologico delle parti d'opera costituenti il viadotto. Indagine diagnostica.

5. RILIEVO PLANOALTIMETRICO E DEI MANUFATTI

Il rilievo si focalizza sull'area dello scarico di superficie, del ponte soprastante e sul muro di sostegno in sponda destra.

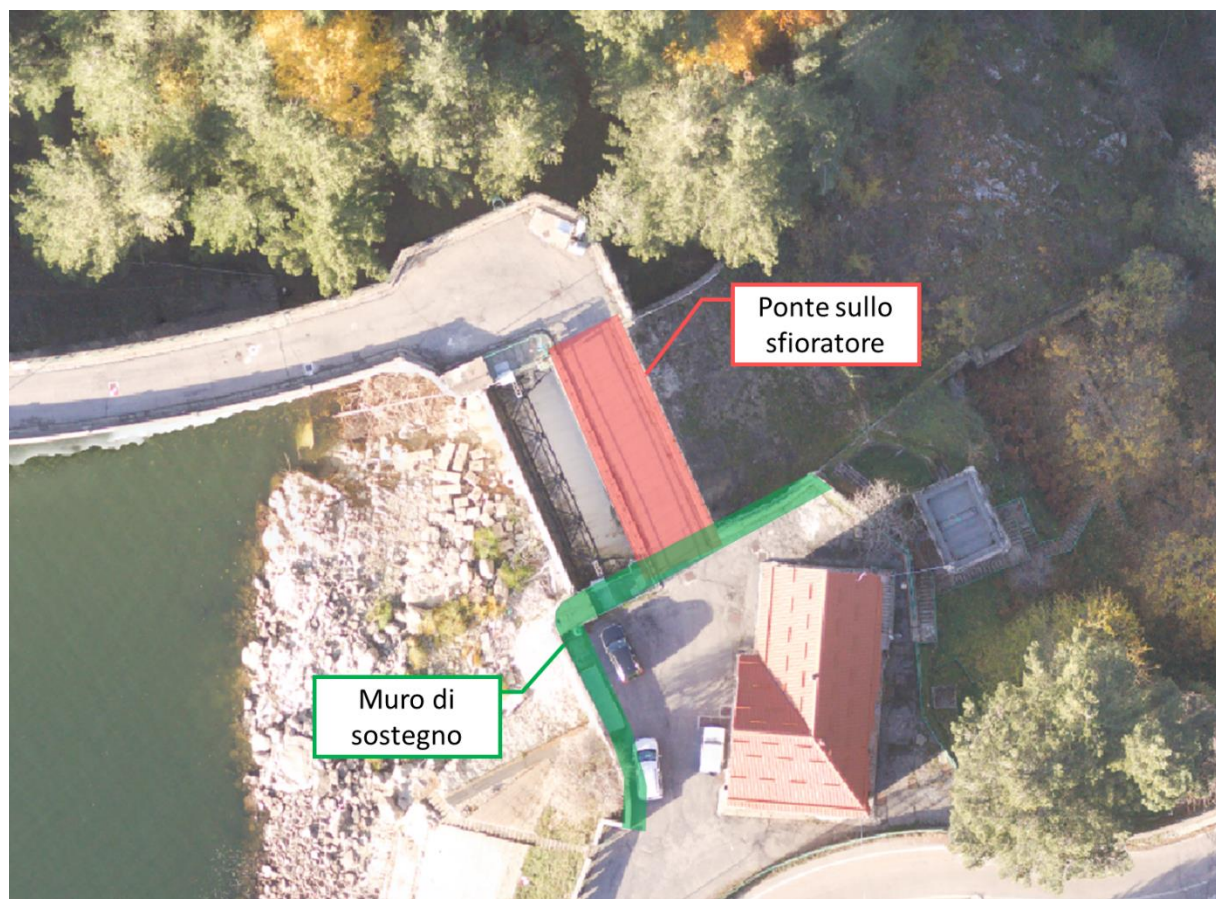


Figura 4 – Planimetria dell'area comprendente il ponte sullo sfioratore e il muro di sostegno in sponda destra

Il rilievo geometrico delle opere è da realizzarsi mediante l'utilizzo di laser scanner tridimensionale. Il rilievo verrà svolto da stazioni fisse collocate sulla strada e sulle strutture prospicienti ai manufatti di interesse.

Durante le fasi di rilievo in situ, le singole scansioni si vincoleranno a specifici target dedicati, installati nell'intorno delle strutture e successivamente georiferiti mediante i rilievi topografici e satellitari. Il risultato finale sarà un unico modello 3D delle nuvole di punti, correttamente referenziato rispetto ai suddetti target, contenente le informazioni geometriche di tutti gli elementi rilevati.

I dati digitali acquisiti in campagna saranno processati attraverso l'utilizzo di software specifici che consentiranno la gestione in ambiente CAD dell'intero modello.

Le nuvole di punti 3D saranno esportate nei formati di interesse, al fine di redigere gli elaborati grafici relativi ai rilievi in oggetto.

Costituiscono elaborati di consegna a carico dell'esecutore del rilievo:

- Relazione descrittiva dell'attività di rilievo;

- Elaborati grafici, consistenti in planimetrie e sezioni relative alle parti d'opera oggetto dell'indagine. Gli elaborati saranno restituiti in ambiente CAD, con disegni georeferenziati, estesi ai manufatti e alle aree circostanti (scala 1:50 - 1:100);
- Elaborati riportanti Viste 3D (rendering) dell'intero modello e di particolari relativi a porzioni di rilevante interesse;
- Nuvole di punti in formato LAS/E57 e relativo software di visualizzazione.

Nella seguente Tabella 1 si riporta la sintesi delle attività previste nel RILIEVO.

Attività di rilievo	U.M.	Quantità approssimative di riferimento del manufatto
Rilievo Laser Scanner del ponte sullo sfioratore e delle aree circostanti	[m]	Lunghezza viadotto = 16.0 m Larghezza viadotto circa 5.8 m
Rilievo Laser Scanner del muro di sostegno e delle aree circostanti	[m]	Lunghezza muro circa 30.0 m Altezza muro circa 8.0 m

Tabella 1 – Sintesi attività rilievo plano-altimetrico dell'area

6. MURO DI SOSTEGNO DELLO SFIORATORE

6.1 Indagini pregresse

Il programma di indagini da effettuare presso il muro di sostegno adiacente allo sfioratore è definito in considerazione delle pregresse indagini già effettuate dalla ditta *Consulting Division di CESI S.p.A – Infrastructure Engineering ISMES Unit* (rif. [1] e [2]) ad agosto 2021, e che già costituiscono un indirizzo conoscitivo della struttura.

Nell'ambito di tale campagna di indagini, sono stati eseguiti n.6 carotaggi nel muro di sostegno in destra idrografica dello scarico di superficie della diga e un sondaggio verticale nel terreno a tergo del muro, come illustrato in Figura 5.

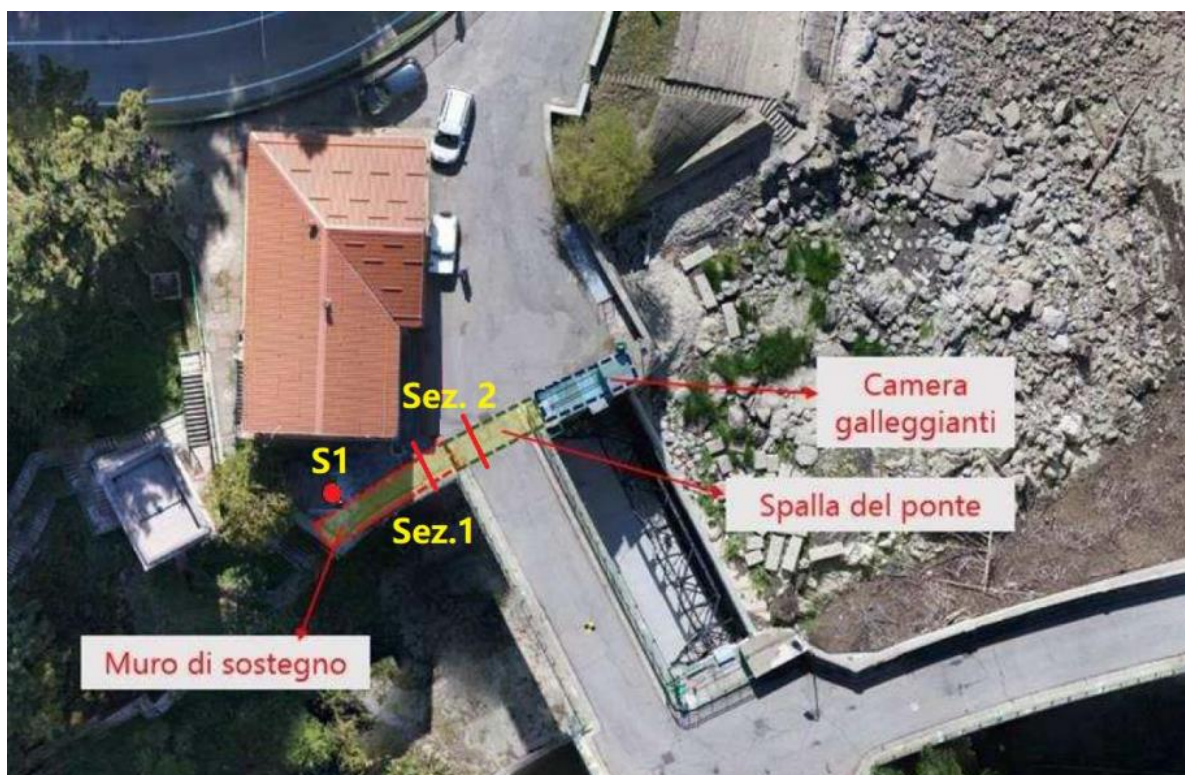


Figura 5 - Ubicazione in pianta sondaggio e sezioni corrispondenti ai carotaggi nel muro – Indagini 2021

Le figure seguenti mostrano il posizionamento dei carotaggi nel muro ed il risultato del rilievo dello spessore dello stesso.

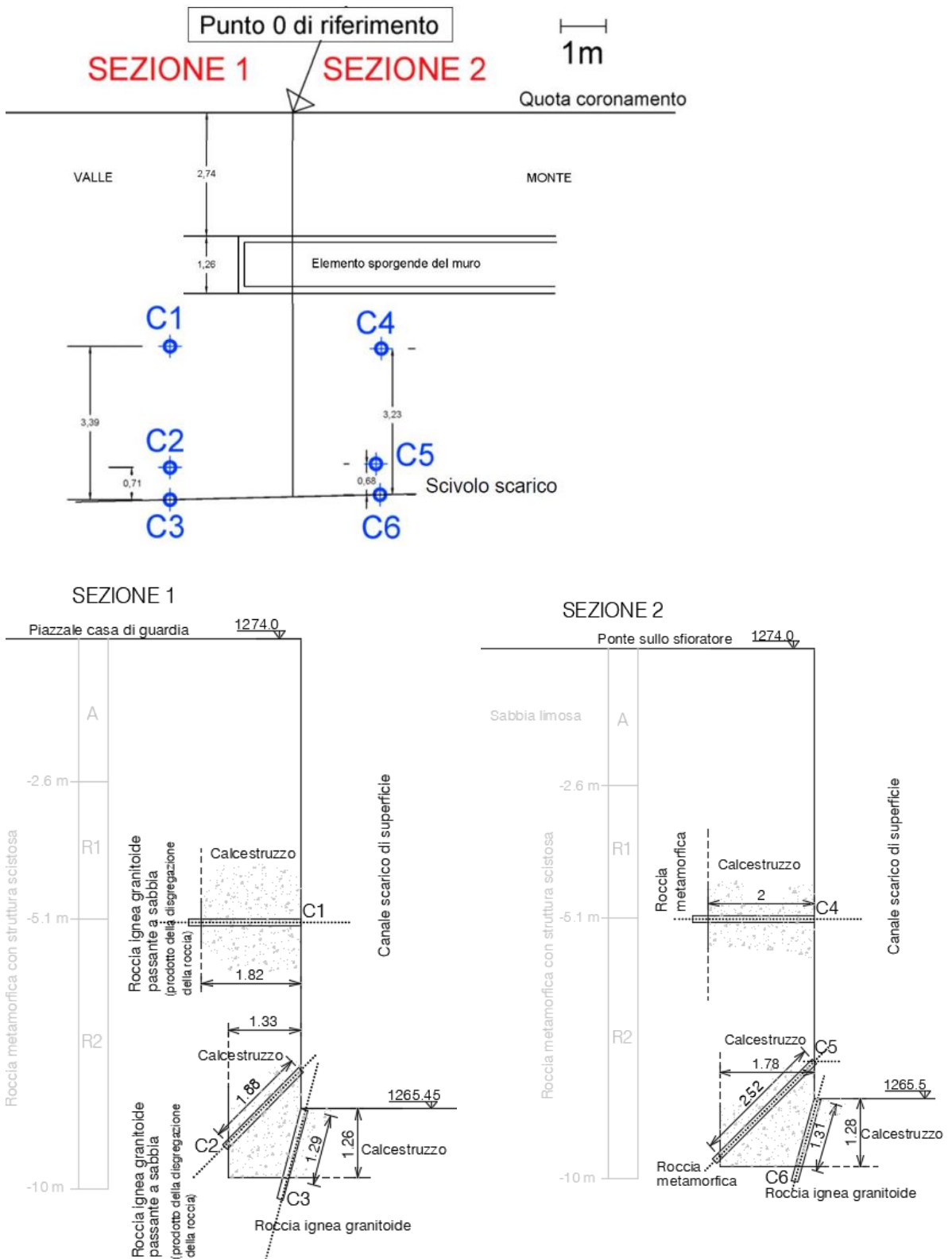


Figura 6 – Posizione punti di partenza carotaggi nel muro (in alto) e spessori rilevati (in basso)

Dagli spezzoni di calcestruzzo recuperati dai carotaggi sono state effettuate le prove in laboratorio sintetizzate nella tabella seguente. I risultati sono riportati in dettaglio all'interno della relazione [1].

Sezione	Campione	Profondità		Quota		Inclinazione	Materiale	Prove di labo			
		da	a	da	a			Des Ft	MVA	Vel. Ultrasoniche	Mono assiale
		[m]	[m]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]			1	2	3	4
C1	1	0,14	0,56	1268,94	1268,94	90	Calcestruzzo	x	x	x	x
	2	1,12	1,53	1268,94	1268,94		Calcestruzzo	x	x	x	x
C2	1	0,69	1,13	1265,76	1265,45	45	Calcestruzzo	x	x	x	x
	2	1,32	1,75	1265,32	1265,01		Calcestruzzo	x	x	x	x
C3	1	0,48	0,66	1265,09	1264,91	15	Calcestruzzo	x	x	x	x
	2	0,66	1,01	1264,91	1264,57		Calcestruzzo	x	x	x	x
C4	1	0,52	0,94	1268,90	1268,90	90	Calcestruzzo	x	x	x	x
	2	0,94	1,35	1268,90	1268,90		Calcestruzzo	x	x	x	x
C5	1	0,77	1,17	1265,71	1265,42	45	Calcestruzzo	x	x	x	x
	2	1,17	1,56	1265,42	1265,15		Calcestruzzo	x	x	x	x
C6	1	0,67	0,96	1264,90	1264,62	15	Calcestruzzo	x	x	x	x
	2	0,96	1,31	1264,62	1264,28		Calcestruzzo	x	x	x	x

Legenda

- 1 Descrizione macroscopica e fotografia (Dc-Ft)
- 2 Determinazione Peso di volume apparente (MVA)
- 3 Determinazione Velocità onde elastiche (Vp)
- 4 Prova di compressione monoassiale

Tabella 2 - Elenco dei campioni e tipologia di prova eseguite sul calcestruzzo

6.2 Nuove indagini da effettuare sul muro di sostegno

Le indagini integrative che si prevede di effettuare sul muro di sostegno in sponda destra sono quelle elencate di seguito:

- **Ispezione visiva e rilievo difettologico**

Questa indagine consiste nella presa visione del manufatto e nell'esecuzione di un rilievo difettologico, che attribuisca alle parti costituenti il corpo d'opera gli eventuali ammaloramenti, fessure, giunzioni, distacchi ed ogni altro elemento caratteristico utile per definire lo stato di consistenza dell'opera.

Tali elementi devono essere graficamente riportati su disegni sviluppati in ambiente CAD, e inseriti nel modello geometrico del muro, rilevato durante l'attività esposta al capitolo 5.

L'esito di tale attività deve esprimersi in una relazione descrittiva. I difetti oggetto di rilievo possono ricondursi alle modalità costruttive, riprese di getto e giunti tra le diverse parti, ammaloramenti quali fessure, crolli, distaccamenti di parti di rivestimento, mancanza di parti e quant'altro.

- **Carotaggi**

Si prevede di effettuare complessivi n°2 carotaggi orizzontali in corrispondenza dell'elemento in rilievo mostrato in Figura 3.

- **Prova pacometrica**

Si prevede di effettuare una prova pacometrica sulla superficie dell'elemento orizzontale in rilievo per accertarsi della presenza di eventuali barre d'armatura.

- **Trincea esplorativa in corrispondenza della connessione ponte-muro**

Si prevede di effettuare una trincea esplorativa in superficie, in corrispondenza della zona di connessione tra il muro di sostegno e il ponte soprastante lo scarico di superficie.

La trincea, di lunghezza dell'ordine di 5 m, dovrà approfondirsi quanto necessario per identificare l'eventuale presenza di giunti strutturali tra il ponte e il muro di sostegno.

A conclusione dell'intera attività, dovrà prevedersi la restituzione grafica, su disegno editabile, del manufatto rilevato con attività di cui al capitolo 5, con ubicazione di tutte le indagini svolte.

Le quantità delle diverse lavorazioni previste in fase di indagine sono riportate sinteticamente nella seguente tabella.

Attività di rilievo	U.M.	Quantità approssimative di riferimento del manufatto
Carotaggi	[cad]	N.2 carotaggi Lunghezza complessiva 0.8 m (0.4 + 0.4)
Prova pacometrica	[m ²]	2.0
Trincea esplorativa in corrispondenza della connessione ponte-muro	[m]	Lunghezza = 5 m Larghezza massima = 1 m Profondità massima = 1 m
Restituzione grafica editabile del manufatto con ubicazione delle indagini eseguite e mappatura della rete di armature rilevata	[cad]	1

Tabella 3 – Sintesi indagini muro di sostegno dello sfioratore

7. PONTE SULLO SFIORATORE

Le indagini che si prevede di effettuare sul ponte soprastante lo sfioratore sono elencate di seguito:

- **Ispezione visiva e rilievo difettologico**

Questa indagine consiste nella presa visione del manufatto e nell'esecuzione di un rilievo difettologico, che attribuisca alle parti costituenti il corpo d'opera gli eventuali ammaloramenti, fessure, giunzioni, distacchi ed ogni altro elemento caratteristico utile per definire lo stato di consistenza dell'opera.

Tali elementi devono essere graficamente riportati su disegni sviluppati in ambiente CAD, e inseriti nel modello geometrico dello sfioratore, rilevato durante l'attività esposta al capitolo 5.

L'esito di tale attività deve esprimersi in una relazione descrittiva. I difetti oggetto di rilievo possono ricondursi alle modalità costruttive, riprese di getto e giunti tra le diverse parti, ammaloramenti quali fessure, crolli, distaccamenti di parti di rivestimento, mancanza di parti e quant'altro.

- **Carotaggi**

Si prevede di effettuare complessivi n°10 carotaggi attraverso la struttura del ponte. I carotaggi saranno realizzati in due sezioni, poste ad una distanza dall'asse del ponte pari a $\frac{1}{4}$ della lunghezza totale.

In dettaglio, saranno effettuati:

- N°6 carotaggi orizzontali sulle 3 nervature del ponte;
- N.4 carotaggi sulla soletta, di cui 2 verticali e 2 obliqui.

La figura seguente mostra lo schema di disposizione dei carotaggi.

I carotaggi avranno un diametro di 100 mm e dovranno attraversare completamente le sezioni delle nervature e della soletta.

• PRELIEVO DI CAROTA PER PROVA DISTRUTTIVA SU CLS

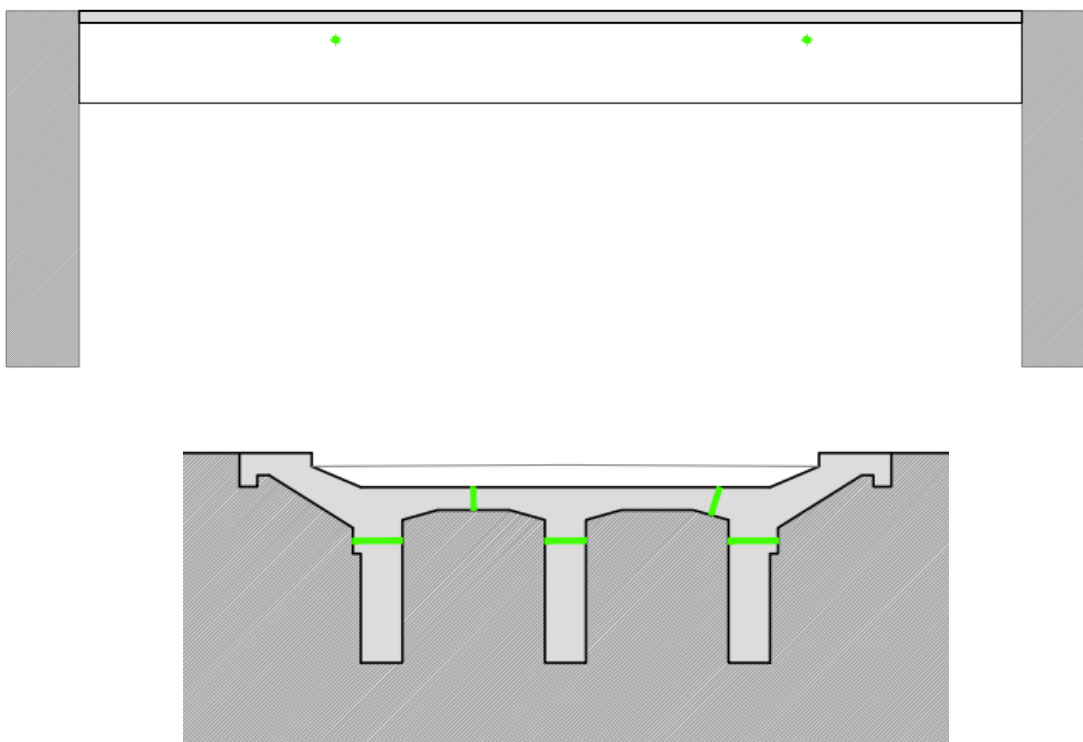


Figura 7 – Disposizione dei carotaggi - Schema

- **Prove di laboratorio su provini di calcestruzzo**

Dalle carote di cui al paragrafo precedente, saranno confezionati complessivi n° 10 provini di calcestruzzo, da sottoporsi alle seguenti prove di laboratorio autorizzato:

- Prova per la determinazione del peso dell'unità di volume reale e apparente;
- Prova per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale;
- Valutazione dello spessore dello strato di calcestruzzo carbonatato, (UNI 9944 – 1992), ricorrendo all'impiego di soluzione alcolica di fenolftaleina, all'1% in alcool etilico

- **Prove pacometriche**

Si prevede di effettuare una serie di prove pacometriche per valutare sia la disposizione dell'armatura all'interno della sezione in c.a., che i relativi diametri.

Le prove saranno effettuate su n.6 sezioni lungo lo sviluppo longitudinale del ponte, per una larghezza di 0.40 m ed uno sviluppo trasversale di 4.60 m, secondo lo schema riportato in Figura 8.

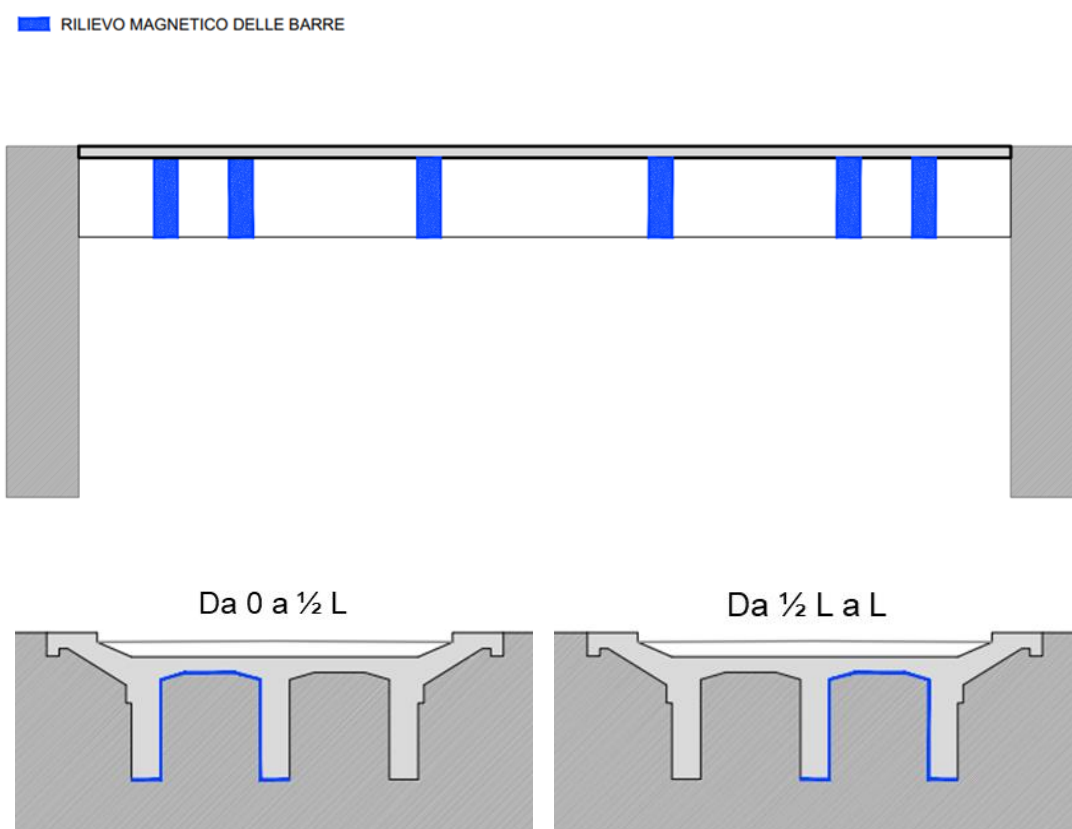


Figura 8 – Prove pacometriche – Schema della disposizione e dello sviluppo delle prove

- **Saggi localizzati**

Si prevede l'esecuzione di saggi localizzati mediante rimozione dello strato corticale di calcestruzzo. L'indagine avrà lo scopo di rilevare i dettagli di armatura e lo stato di conservazione dei materiali; in presenza di fenomeni corrosivi, sarà inoltre prevista una valutazione della riduzione sezionale delle barre interessate; gli esiti dell'attività conoscitiva saranno riportati su apposite relazioni corredate da schemi grafici.

Dopo la realizzazione dei saggi si deve prevedere un ripristino delle volumetrie di calcestruzzo rimosso mediante malte preconfezionate ad alta resistenza.

In dettaglio si prevede di effettuare i seguenti saggi:

- N.15 saggi in corrispondenza delle 3 nervature, su 5 sezioni distribuite lungo lo sviluppo longitudinale del ponte;
- N. 6 saggi all'intradosso della soletta, nei due campi situati tra le 3 nervature, su 3 sezioni distribuite lungo lo sviluppo longitudinale del ponte.
- N. 9 saggi all'estradosso della soletta, in asse e ai bordi, su 3 sezioni distribuite lungo lo sviluppo longitudinale del ponte.

La figura seguente mostra schematicamente la disposizione dei saggi localizzati.

■ SAGGI LOCALIZZATI

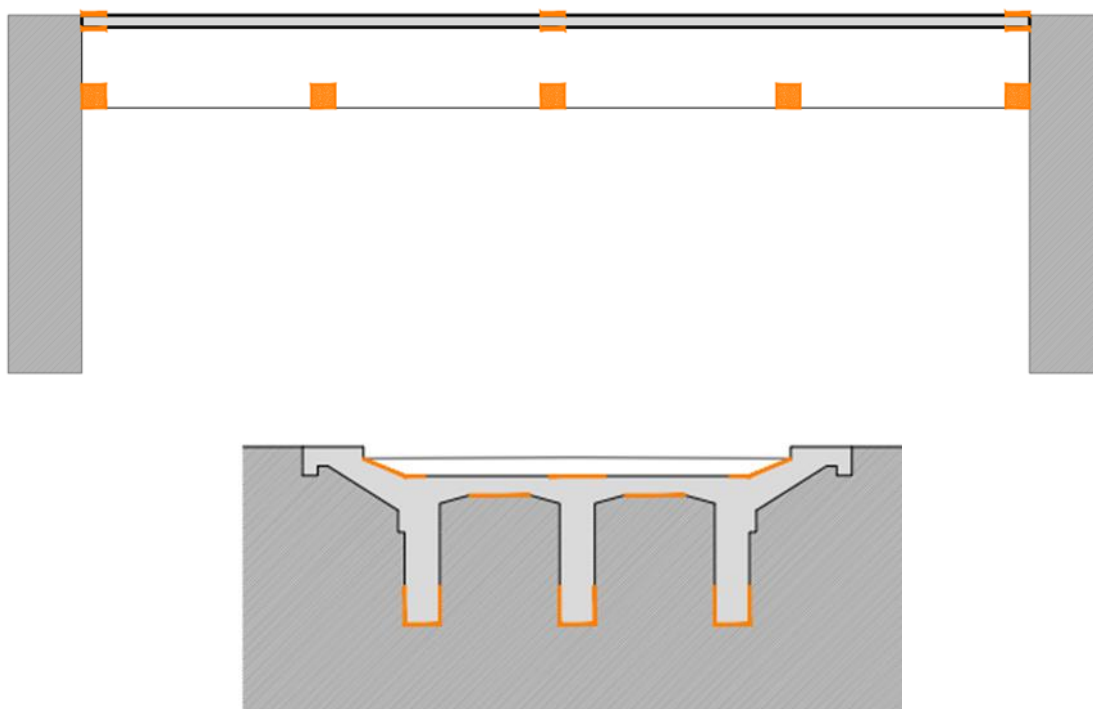


Figura 9 – Posizione saggi localizzati - Schema

- **Prelievo di barre d'armatura**

Si prevede il prelievo di n°8 spezzoni di barre d'armatura dalle pareti delle nervature e dalla soletta del ponte.

Dopo il prelievo si deve prevedere un ripristino della situazione iniziale, sostituendo lo spezzone di armatura con una nuova e applicando un nuovo copriferro.

Nello specifico, si prevede di prelevare:

- N. 3 spezzoni di barre di armatura longitudinale dalle pareti delle 3 nervature;
- N. 3 spezzoni di staffe di armatura dalle pareti delle 3 nervature;
- N. 2 spezzoni di barre di armatura trasversale dall'intradosso della soletta.

I prelievi saranno effettuati in corrispondenza della sezione in asse longitudinale del ponte, secondo lo schema mostrato nella figura seguente.

- ☀ PRELIEVO BARRE DI ARMATURA LONGITUDINALI (da pareti)
- ⊕ PRELIEVO BARRE DI ARMATURA STAFFE
- ⊖ PRELIEVO BARRE DI ARMATURA TRASVERSALI (soletta)

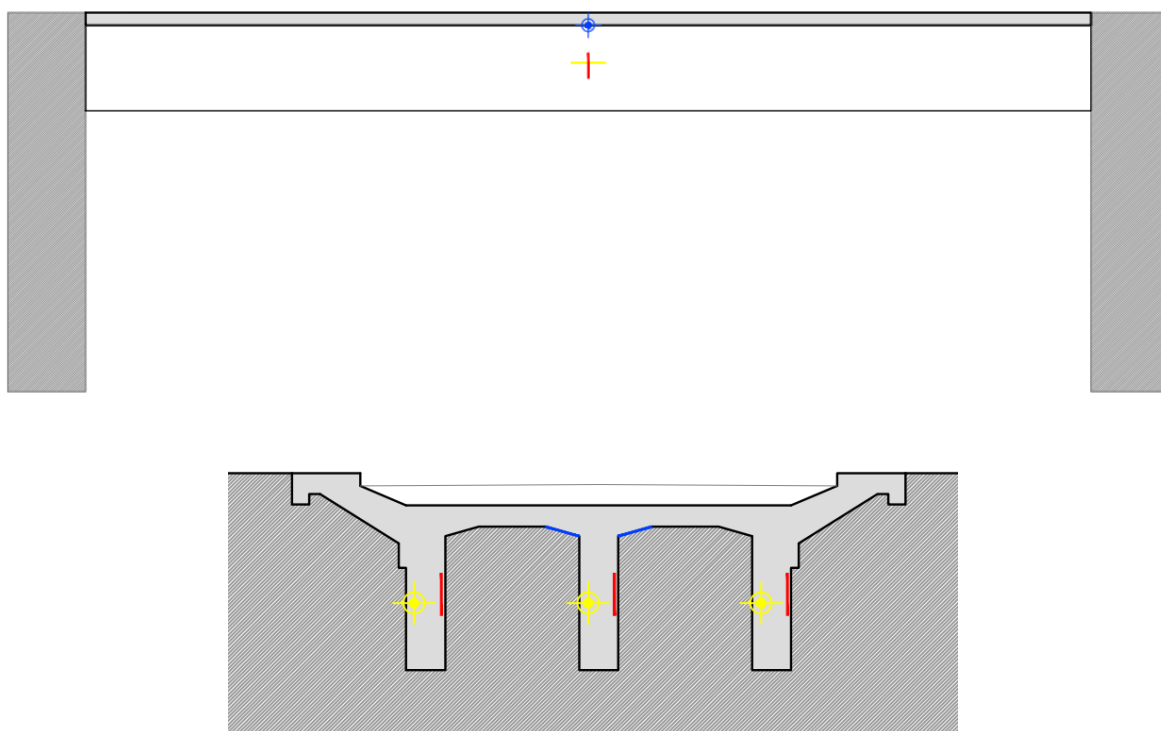


Figura 10 – Posizioni prelievo di barre di armatura - Schema

- **Prova di trazione dei provini di armatura**

Sugli spezzoni di barre prelevate, di cui al paragrafo precedente, devono condursi prove di trazione in laboratorio autorizzato.

A conclusione dell'intera attività, dovrà prevedersi la restituzione grafica, su disegno editabile, del manufatto rilevato con attività di cui al capitolo 5, con ubicazione di tutte le indagini svolte.

Le quantità delle diverse lavorazioni previste in fase di indagine sono riportate sinteticamente nella seguente tabella.

Attività di rilievo	U.M.	Quantità approssimative di riferimento del manufatto
Ispezione visiva e rilievo difettologico	[m]	Lunghezza ponte = 16.0 m Larghezza ponte circa 5.8 m
Carotaggi ed estrazione di provini di cls, con esecuzione delle seguenti prove di laboratorio: - prova per peso dell'unità di volume reale e apparente - prova per stato di carbonatazione del cls - prova di compressione monoassiale	[cad]	10
Prove pacometriche	[m ²]	11.0
Saggi localizzati e valutazione riduzione sezione barre armatura	[cad]	30
Prelievo di spezzoni di barre d'armatura, sulle quali eseguire: - prova di trazione	[cad]	8
Restituzione grafica editabile del manufatto con ubicazione delle indagini eseguite e mappatura della rete di armature rilevata	[cad]	1

Tabella 4 – Sintesi indagini ponte sullo sfioratore