

Via Garibaldi 75 – 43121 PARMA

**(PR-E-1071) – LAVORI URGENTI DI MESSA IN SICUREZZA DEL
MANUFATTO LIMITATORE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DI MONTE DEL
FIUME ENZA NEI COMUNI DI MONTECCHIO EMILIA (RE) E
MONTECHIARUGOLO (PR)**

PROGETTO ESECUTIVO

**RELAZIONE INTEPRETATIVA DEI RISULTATI DELLE INDAGINI
STRUTTURALI**

Ø	01/07/2020	Prima emissione	L. D'Antonio	A. De Paola	E. Baldovin
REV.	DATA	MODIFICHE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Ezio Baldovin

IL R.U.P.:

Dott. Ing. Mirella Vergnani



GEOTECNA PROGETTI
Milano - Roma

3	6	4	4	0	3	0	Ø
N. COMMESSA				PROGR.		REV.	

INDICE

1.	PREMESSA.....	1
2.	NORME DI RIFERIMENTO.....	1
3.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	2
4.	RISULTATI DI LABORATORIO	2
4.1	CALCESTRUZZI ESISTENTI	2
4.2	ACCIAI.....	2
5.	DEGRADO RILEVATO	3
5.1	TRAVE LAMINATRICE: DEGRADO DOVUTO ALLA CARBONATAZIONE	3
5.2	VASCA: ABRASIONE/EROSIONE SUPERFICIALE DEL CALCESTRUZZO	3
6.	PROVE PACOMETRICHE.....	4
7.	INDAGINI SUPPLEMENTARI	5
8.	ANALISI DELLE ACQUE	6

INDICE FIGURE

<i>Fig.4.1 – Tabella sinottica dei risultati ottenuti</i>	<i>2</i>
<i>Fig.4.2 – Risultati di laboratorio sulle armature metalliche.....</i>	<i>3</i>
<i>Fig.5.1 – Simbologia cromatica assunta per la carbonatazione.....</i>	<i>3</i>
<i>Fig.5.2 – Manufatto limitatode di monte : Vasca - Abrasione in Alveo</i>	<i>4</i>
<i>Fig.6.1 – Misurazioni dirette dei diametri e dei copriferri delle armature</i>	<i>4</i>
<i>Fig.7.1-Indagini supplementari sulle armature della vasca da ripristinare/sostituire.</i>	<i>6</i>

1.PREMESSA

Nell'ambito della progettazione degli interventi denominati *“(PR-E-1059) LAVORI URGENTI DI MESSA IN SICUREZZA DEL MANUFATTO LIMITATORE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DI MONTE DEL FIUME ENZA NEI COMUNI DI MONTECCHIO EMILIA (RE) E MONTECHIARUGOLO (PR)”*, la presente relazione riporta i risultati e l'interpretazione delle indagini e prove di laboratorio eseguite sulla vasca e sulla trave laminatrice del Manufatto Limitatore di Monte (tratta in alveo).

Le opere indagate risultano realizzate nel periodo compreso tra il 1996 e il 2003.

2.NORME DI RIFERIMENTO

Il progetto sarà eseguito in osservanza di tutte le seguenti Leggi, Decreti, Norme e Direttive (comprese eventuali varianti, completamenti o integrazioni alle stesse) attualmente vigenti e precisamente:

- LEGGE 5 NOVEMBRE 1971 N. 1086 G.U. N. 321 DEL 21 DICEMBRE 1971
“Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- LEGGE 2 FEBBRAIO 1974, N. 64 G.U. N. 076 DEL 21/03/1974
“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- D.M. INFRASTRUTTURE TRASPORTI 17 GENNAIO 2018
“Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- CIRCOLARE MINISTERO INFRASTRUTTURE TRASPORTI 21 GENNAIO 2019, N. 7;
“Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”;
- UNI EN 206:2016 ;
“Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI 11104:2016;
” Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206”;
- UNI EN 1504
“Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo. Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione di conformità”.
- CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI SERVIZIO TECNICO CENTRALE

“Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera”. Sett. 2017

3. **DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

Per i dettagli delle prove si rimanda alla seguente relazione, allegata al presente documento:

REPORT INDAGINI DIAGNOSTICHE - LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA MANUFATTI CASSE D'ESPANSIONE TORRENTE ENZA FASE 1

Ingresso n° 349-2019

Redatta dal laboratorio: Studio MM S.r.l

4. **RISULTATI DI LABORATORIO**

4.1 **Calcestruzzi esistenti**

I risultati delle indagini svolte sono riassunti nella seguente tabella.

LAVORI DI MANUTENZIONE CASSE DI ESPANSIONE TORRENTE ENZA - PIANO DELLE INDAGINI STRUTTURALI						
IDENTIFICATIVO CAROTA	OPERA	DETTAGLI	CARBONATAZIONE MISURATA (mm)	COPRIFER-RI (mm)	fcarote (Mpa)	media fcarote (Mpa)
C51	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - fondazione	18	98/105	32,1	
C52	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - fondazione	20		35,2	33,65
C18	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - protezione	4	120/150	61,7	
C19	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - trave laminatrice	10		48,2	
C20	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - trave laminatrice	12	50 da progetto	53,3	
C21	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - trave laminatrice	10		48,9	50,13

Fig.4.1 – Tabella sinottica dei risultati ottenuti

Nell'ultima colonna della tabella sono riportati i valori medi delle tensioni di rottura necessarie per la caratterizzazione delle proprietà meccaniche.

4.2 **Acciai**

Gli acciai sono catalogati sia in funzione della tensione di rottura/snervamento che della loro categoria commerciale relativa al periodo di costruzione dei manufatti. Gli acciai prelevati, sono stati soggetti a prove di trazione da un laboratorio autorizzato e i risultati sono riportati nella tabella successiva.

RISULTATI DELLE PROVE A TRAZIONE							
N° Identificativo L.T.M	Contrassegno	Ø nominale effettivo (mm)	Sezione effettiva So (mm²)	Tensione di snervamento f _y (MPa)*	Tensione di rottura f _t (MPa)*	A _{gt} (%)	Data di prova
1	F4 - Fondazione - Manufatto limitatore di monte	12	113,0	617,0	715,7	11,6	18/06/19
2	F5 - Fondazione - Manufatto limitatore di monte	14	153,9	508,5	596,6	12,1	18/06/19
3	F6 - Fondazione - Manufatto limitatore di monte	12	113,0	636,8	740,9	12,3	18/06/19

Fig.4.2 – Risultati di laboratorio sulle armature metalliche.

5. DEGRADO RILEVATO

Dalle indagini visive è stato riscontrato uno stato di degrado dei materiali delle strutture indotte da diverse cause.

5.1 Trave Laminatrice: degrado dovuto alla carbonatazione

Si tratta di una delle forme di degrado più comuni di natura corrosiva. L'anidride carbonica presente nell'aria tende a penetrare, attraverso il copriferro, all'interno degli elementi strutturali evidentemente esposti all'aria.

I risultati delle prove di carbonatazione sono riportati nella quarta colonna della tabella sinottica in fig. 3.1.

Le colorazioni adottate nella colonna denotano le progressive profondità dello strato carbonatato secondo la seguente simbologia:

	prof.di carbon. 0-9 mm
	prof.di carbon. 10-19 mm
	prof.di carbon. >20 mm

Fig.5.1 – Simbologia cromatica assunta per la carbonatazione.

La carbonatazione segue una legge temporale nota che consente la valutazione della (**Vnres**) Vita nominale residua. Per i dettagli delle analisi si rimanda alla Relazione Tecnica Generale.

5.2 Vasca: Abrasione/erosione superficiale del calcestruzzo

Per i calcestruzzi della vasca, nel tratto in alveo, sono stati rilevati fenomeni di abrasione/erosione superficiale. E' un attacco di natura fisica.



Fig.5.2 – *Manufatto limitatode di monte : Vasca - Abrasione in Alveo*

L'abrasione e l'usura meccanica sono rilevabili da un'indagine visiva e registrabili dal rilievo fotografico. Le armature esposte risultano abraste e spezzate ma non corrose.

6.PROVE PACOMETRICHE

Le prove pacometriche consentono di stimare la posizione delle armature, la loro profondità (copriferri) e il diametro, senza la necessità di scarificare il calcestruzzo.

Si tratta di una prova non distruttiva.

I valori registrati sono riportati nella quinta colonna della tabella sinottica riassuntiva (Fig.3.1).



Fig.6.1 – *Misurazioni dirette dei diametri e dei copriferri delle armature*

Si sottolinea che alcune armature sono state portate a vista e misurate direttamente. Il confronto tra le misurazioni dirette dei diametri e dei copriferri

con i valori registrati tramite le indagini pacometriche mostrano una buona corrispondenza.

Si è trovato anche una discreta corrispondenza tra i copriferri misurati e quelli previsti in progetto che sono risultati generalmente inferiori a quelli reali.

Questo consente di assumere, a vantaggio di sicurezza, i valori dei copriferri di progetto nei punti dove non sono state realizzate le misurazioni dirette o indirette (pacometriche).

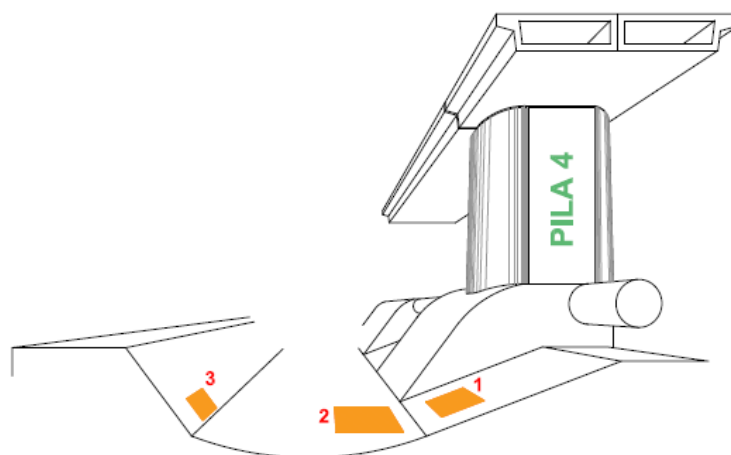
7.INDAGINI SUPPLEMENTARI

A seguito del sopralluogo svolto dopo la messa in asciutto del cantiere sono state organizzate indagini supplementari sulle armature della vasca del manufatto limitatore nel tratto in alveo (fig. 6.1).

I risultati hanno mostrato la presenza di armature con copriferri di 10 cm disposte a maglie.

Il profilo della vasca è stato analizzato in tre punti.

- Scivolo a monte : sono presenti armature costituite da ferri ϕ 16 disposti a maglia con passo 25x25;
- Fondo vasca : sono presenti armature costituite da ferri ϕ 20 disposti a maglia con passo 25x25;
- Lato di valle : sono presenti armature costituite da ferri ϕ 20 disposti a maglia con passo 25x25.



▪

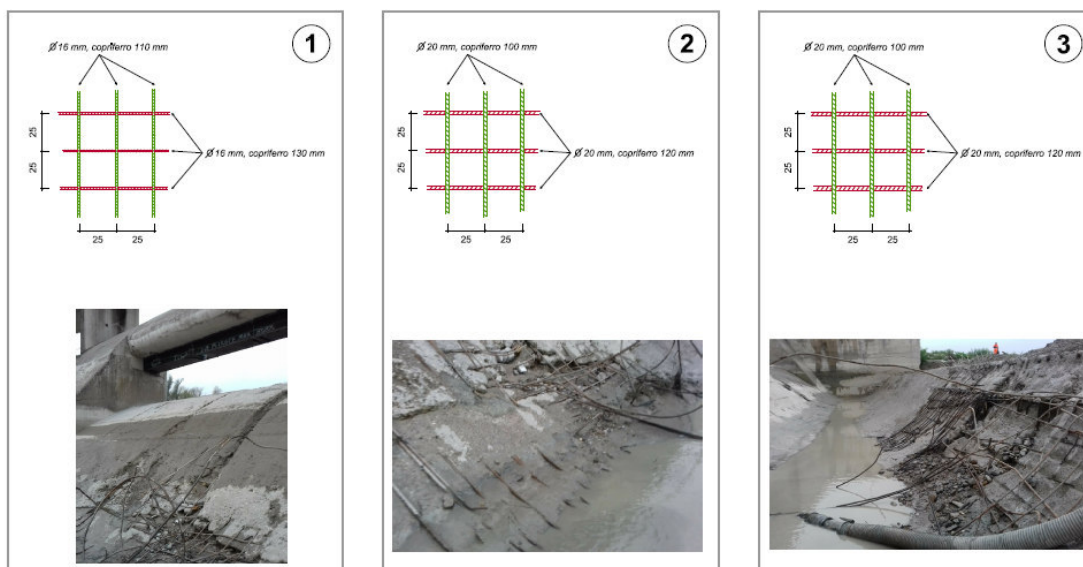


Fig.7.1–Indagini supplementari sulle armature della vasca da ripristinare/sostituire.

8.ANALISI DELLE ACQUE

Le analisi chimiche svolte sulle acque del torrente mostrano la quasi assenza dei fluoruri, ma una concentrazione minima di cloruri.

I cloruri sono composti inorganici contenenti cloro. Numerosi cloruri si trovano in natura come minerali. Il più noto è il sale da cucina (cloruro di sodio NaCl) ma nell'acqua ne sono presenti molti altri tra cui i cloruri di alluminio (AlCl₃), calcio (CaCl₂) e potassio (KCl). Lo ione cloruro costituisce lo 0,045% della crosta terrestre, mentre l'acqua di mare contiene mediamente 19,4 g Cl/L. Quindi, la presenza di cloruri nell'acqua ha generalmente origine minerale, poiché le acque se ne arricchiscono durante il passaggio attraverso le rocce sedimentarie. Tuttavia i cloruri possono avere anche origine organica e in tal caso hanno elevate concentrazioni e sono indicatori di inquinamento provocato da scarichi civili e industriali o pratiche zootecniche.

La concentrazione di cloruri registrata è pari a 0,016 g/L.

*Allegato - REPORT INDAGINI DIAGNOSTICHE - LAVORI DI MANUTENZIONE
STRAORDINARIA MANUFATTI CASSE D'ESPANSIONE TORRENTE ENZA FASE 1*

REPORT INDAGINI DIAGNOSTICHE



LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA **MANUFATTI CASSE D'ESPANSIONE TORRENTE** **ENZA FASE 1**

CUP B72H19000150002 - CIG Z2B2876461

Ingresso n° 349-2019

SOMMARIO

A. PREMESSA	3
B. CAROTAGGI	7
B.1 METODOLOGIA DELLA PROVA	7
B.1.1 DETERMINAZIONE DELLA CONSISTENZA DEL CALCESTRUZZO	7
B.1.2 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA	7
B.2 RESOCONTO INDAGINI.....	8
C. PRELIEVO FERRI DI ARMATURA.....	31
D. INDAGINE PACOMETRICA.....	34
D.1 METODOLOGIA DELLA PROVA	34
D.2 RESOCONTO INDAGINI.....	37
E. CARBONTEST	45
E.1 METODOLOGIA DELLA PROVA	45
E.2 RESOCONTO INDAGINI.....	49
F. INDAGINI VISIVE TRAVI C.A.P.....	57
G. SAGGI CON ESCAVATORE.....	60
H. ANALISI CHIMICA DELLE ACQUE.....	68

A. PREMESSA

Durante il mese di Giugno 2019, nell'ambito dei lavori di manutenzione straordinaria dei manufatti casse di espansione torrente Enza, è stata condotta una campagna di prove strumentali e di laboratorio.

Le indagini hanno riguardato la Traversa di Monte, il Manufatto limitatore di Monte e il Manufatto limitatore di Valle.

Le indagini sono state eseguite nei punti indicati dallo strutturista Ing. Luigi D'Antonio e secondo le modalità concordate.

Le prove eseguite sono:

- N° 57 Prelievi di carote da sottoporre a prova di compressione
- N° 57 Prove di carbonatazione su carote prelevate
- N° 9 Prelievi di spezzoni di barre di armatura da sottoporre a prova di trazione
- N° 18 Indagini pacometriche
- N° 9 Carbontest su travi C.A.P.
- N° 3 Indagini visive su travi C.A.P.
- N° 10 Saggi conoscitivi mediante escavatore
- N° 2 Analisi chimica delle acque



Foto 01. Manufatti oggetto di indagine



Foto 02. Vista aerea satellitare Traversa di Monte



Foto 03. Traversa di Monte



Foto 04. Traversa di Monte



Foto 05. Vista aerea satellitare Manufatto limitatore di Monte



Foto 06. Manufatto limitatore di Monte



Studio MM S.r.l.
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



Foto 07. Vista aerea satellitare Manufatto limitatore di Valle



Foto 08. Manufatto limitatore di Valle

B. CAROTAGGI

B.1 METODOLOGIA DELLA PROVA

B.1.1 DETERMINAZIONE DELLA CONSISTENZA DEL CALCESTRUZZO

È stata determinata la resistenza a compressione dei provini cilindrici di alcuni elementi in calcestruzzo prelevati in opera tramite carotaggio. La determinazione della resistenza a compressione è stata determinata secondo UNI EN 12390/3.

B.1.2 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA

La strumentazione di estrazione consiste in una carotatrice portatile montata su un supporto. Il diametro scelto per il foro è di 100 mm. I provini sono stati preventivamente sottoposti a rettifica meccanica con mola diamantata prima dell'esecuzione della prova a compressione. La resistenza a compressione è stata determinata utilizzando la pressa idraulica motorizzata "CONTROLS" da 3000 KN mod. C50/51.



Foto 09. Carotatrice portatile

B.2 RESOCONTO INDAGINI

Vengono di seguito riportato l'elenco delle carote prelevate con relativa carbonatazione.

NUMERO IDENTIFICATIVO CAROTA	OPERA	DETTAGLI	CARBONATAZIONE MISURATA (mm)
C1	Traversa di Monte	Dente	8
C2	Traversa di Monte	Spalla destra	16
C3	Traversa di Monte	Spalla destra	14
C4	Traversa di Monte	Spalla destra	18
C5	Traversa di Monte	Protezione (destra)	8
C6	Traversa di Monte	Protezione (sinistra)	8
C7	Traversa di Monte	Spalla sinistra	12
C8	Traversa di Monte	Spalla sinistra	16
C9	Traversa di Monte	Spalla sinistra	10
C10	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla destra	22
C11	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla destra	20
C12	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla destra	20
C13	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla sinistra	16
C14	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla sinistra	18
C15	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla sinistra	20
C16	Manufatto limitatore di monte	sfioro di ingresso cassa - protezione	20
C17	Manufatto limitatore di monte	sfioro di ingresso cassa - pila	18
C18	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - protezione	4
C19	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - trave laminatrice	10
C20	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - trave laminatrice	12
C21	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - trave laminatrice	10
C22	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - pile	26
C23	Traversa di Monte	Fondazione	5
C24	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - pile	16
C25	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - impalcato - soletta	10
C26	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - impalcato - soletta	10
C27	Manufatto limitatore di monte	sfioro di ingresso cassa - impalcato - soletta	12
C28	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (sinistra)	38
C29	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (sinistra)	40
C30	Traversa di Monte	Fondazione	6
C31	Traversa di Monte	Fondazione	5
C32	Manufatto limitatore di monte	Sfioro troppo pieno - protezione	14
C33	Manufatto limitatore di monte	Sfioro troppo pieno - fondazione	8
C34	Manufatto limitatore di monte	Sfioro troppo pieno - fondazione	8
C35	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (sinistra)	35



Studio MM S.r.l.

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

C36	Manufatto limitatore di valle	Sfioro troppo pieno - fondazione	6
C37	Manufatto limitatore di valle	Sfioro troppo pieno - fondazione	8
C38	Manufatto limitatore di valle	Sfioro troppo pieno - protezione	22
C39	Manufatto limitatore di valle	sfioro ingresso cassa - protezione	18
C40	Manufatto limitatore di valle	sfioro ingresso cassa - fondazione	12
C41	Manufatto limitatore di valle	sfioro ingresso cassa - fondazione	12
C42	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - fondazione	8
C43	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - fondazione	10
C44	Manufatto limitatore di valle	sfioro ingresso cassa - protezione	8
C45	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - trave laminatrice	14
C46	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - trave laminatrice	20
C47	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - trave laminatrice	22
C48	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (destra)	40
C49	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (destra)	36
C50	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (destra)	34
C51	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - fondazione	18
C52	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - fondazione	20
C53	Manufatto limitatore di monte	sfioro ingresso cassa - fondazione	10
C54	Manufatto limitatore di monte	sfioro ingresso cassa - fondazione	8
C55	Traversa di Monte	Fondazione	8
C56	Traversa di Monte	Fondazione	10
C57	Traversa di Monte	Fondazione	10



Traversa di Monte
Manufatto limitatore di Monte
Manufatto limitatore di Valle

Figura 01. Tabella riassuntiva carotaggi

Vengono di seguito riportate le foto dei manufatti con l'ubicazione dei carotaggi.



Foto 10. Traversa di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



Foto 11. Traversa di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote

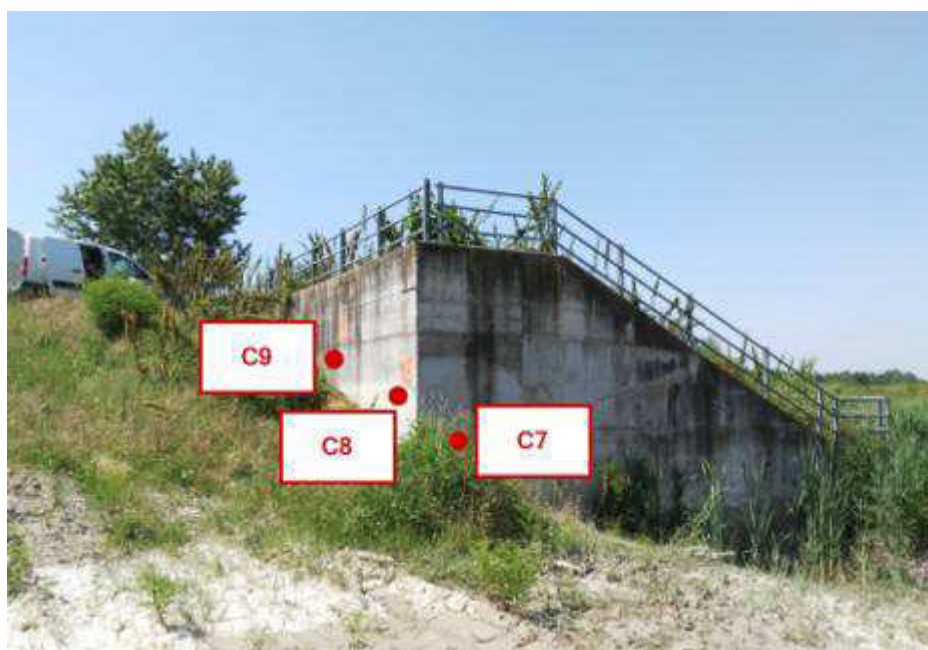


Foto 12. *Traversa di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote*



Foto 13. *Traversa di Monte. Esecuzione prelievi carote in fondazione*

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



Foto 14. Manufatto limitatore di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote

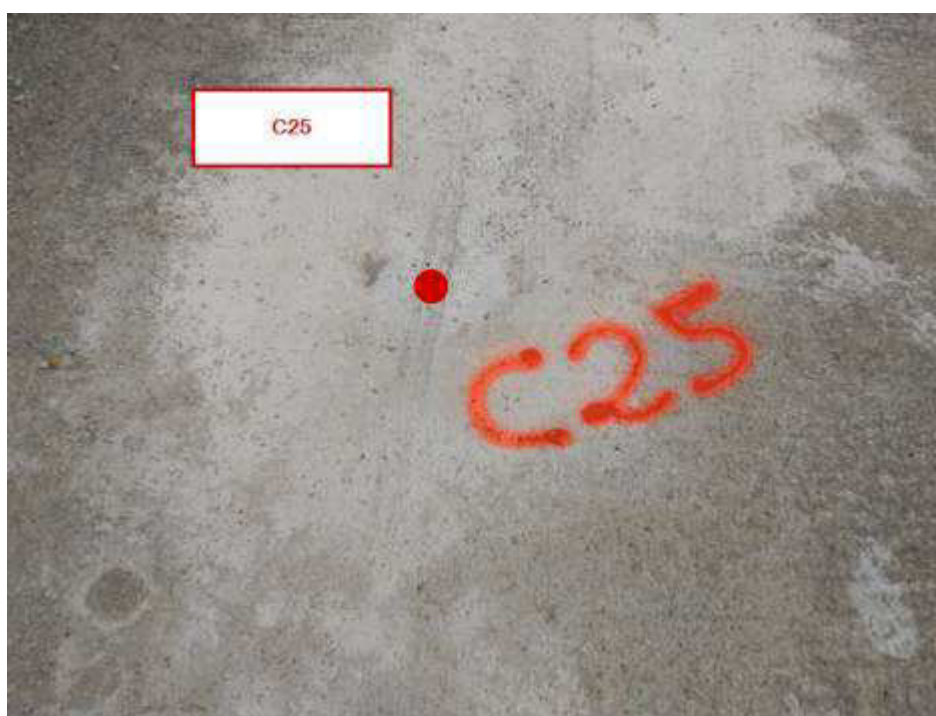


Foto 15. Manufatto limitatore di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



Foto 16. Manufatto limitatore di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



Foto 17. Manufatto limitatore di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



Foto 18. Manufatto limitatore di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote

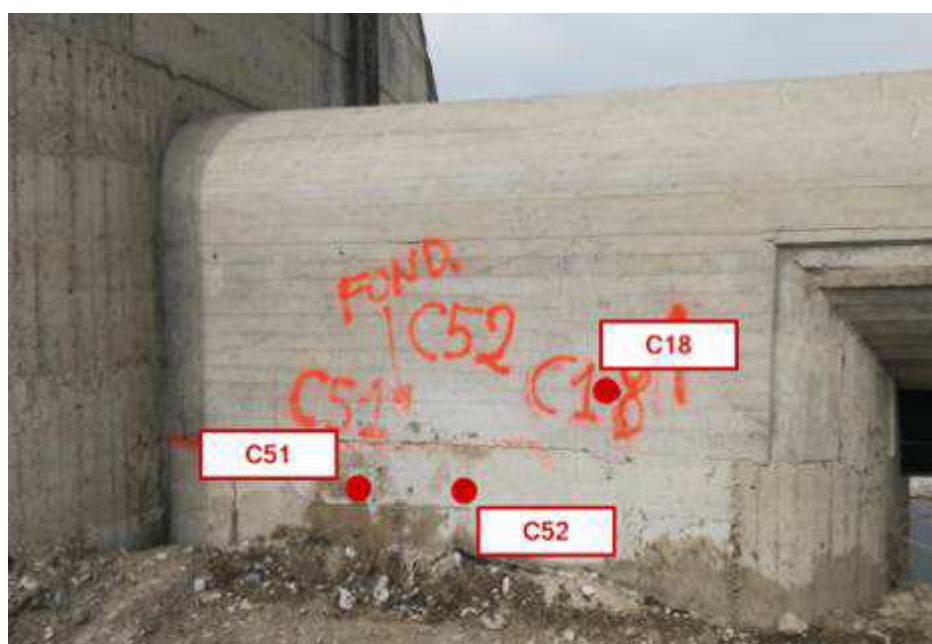


Foto 19. Manufatto limitatore di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



Foto 20. Manufatto limitatore di Monte. Esecuzione prelievi carote in fondazione



Foto 21. Manufatto limitatore di Valle. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



Foto 22. Manufatto limitatore di Valle. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



Foto 23. Manufatto limitatore di Valle. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



Foto 24. Manufatto limitatore di Valle. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



Foto 25. Manufatto limitatore di Valle. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



Foto 26. Manufatto limitatore di Valle. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



Foto 27. Manufatto limitatore di Monte. Sfioro troppo pieno. Esecuzione carotaggi in fondazione



Foto 28. *Traversa di Monte. Esecuzione carotaggi*



Foto 29. *Traversa di Monte. Esecuzione carotaggi spalla destra*



Foto 30. *Traversa di Monte. Esecuzione carotaggi protezione*



Foto 31. *Manufatto limitatore di Monte. Esecuzione carotaggi spalla sinistra*



Foto 32. *Manufatto limitatore di Monte. Esecuzione carotaggi sull'impalcato*



Foto 33. *Manufatto limitatore di Monte. Esecuzione carotaggi su pile*



Foto 34. *Manufatto limitatore di Monte. Fase di ripristino fori*

La tabella di seguito riportata è un estratto dei risultati di prova. Il report completo viene allegato (**ALLEGATO 1**).



RISULTATI DELLE PROVE								
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)		Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m ³)	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f_c	Data di prelievo	Data prova
1	C1-Traversa di monte - Dente dissipatore	102	x 101	0,99	2183	31,6	04/06/2018	17/06/2019
2	C2- Traversa di monte - Spalla destra	102	x 103	1,01	2232	49,0	04/06/2018	17/06/2019
3	C3- Traversa di monte - Spalla destra	102	x 102	1,00	2250	44,7	04/06/2018	17/06/2019
4	C4- Traversa di monte - Spalla destra	102	x 103	1,01	2242	46,0	04/06/2018	17/06/2019
5	C5 - Traversa di monte - Protezione (Lato destro)	102	x 102	1,00	2235	40,2	04/06/2018	17/06/2019
6	C6 - Traversa di monte - Protezione (Lato sinistro)	102	x 105	1,03	2240	45,0	05/06/2018	17/06/2019
7	C7 Traversa di monte - Spalla sinistra	102	x 103	1,01	2311	61,9	05/06/2018	17/06/2019
8	C8 Traversa di monte - Spalla sinistra	102	x 103	1,01	2315	53,8	05/06/2018	17/06/2019
9	C9 Traversa di monte - Spalla sinistra	102	x 102	1,00	2252	52,4	05/06/2018	17/06/2019
10	C10 -Limitatore di monte - Spalla manufatto in alveo	102	x 102	1,00	2260	33,4	06/06/2018	17/06/2019
11	C11 -Limitatore di monte - Spalla manufatto in alveo	102	x 104	1,02	2215	28,2	06/06/2018	17/06/2019
12	C12 -Limitatore di monte - Spalla manufatto in alveo	102	x 103	1,01	2224	31,1	06/06/2018	17/06/2019

Figura 02a. Tabella riassuntiva resistenza a compressione provini



RISULTATI DELLE PROVE								
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)		Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m ³)	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f_c	Data di prelievo	Data prova
13	C13 Limitatore di monte - Spalla sfioro ingresso cassa	102	x 103	1,01	2260	38,6	06/06/2018	17/06/2019
14	C14 Limitatore di monte - Spalla sfioro ingresso cassa	102	x 104	1,02	2225	36,6	06/06/2018	17/06/2019
15	C15 Limitatore di monte - Spalla sfioro ingresso cassa	102	x 101	0,99	2300	49,3	06/06/2018	17/06/2019
16	C16 Limitatore di monte - Protezione sfioro ingresso cassa	102	x 103	1,01	2305	68,0	06/06/2018	17/06/2019
17	C17 Limitatore di monte - Pila sfioro ingresso cassa	102	x 104	1,02	2218	31,1	07/06/2018	17/06/2019
18	C18 Limitatore di monte - Protezione manufatto in alveo	102	x 100	0,98	2313	61,7	07/06/2018	17/06/2019
19	C22 Limitatore di monte - Pila centrale manufatto in alveo	102	x 104	1,02	2138	28,8	07/06/2018	17/06/2019

Figura 02b. Tabella riassuntiva resistenza a compressione provini



RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m ³)	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f _c	Data di prelievo	Data prova
1	C19-Manufatto limitatore monte- Trave laminatrice	102 x 103	1,01	2411	48,2	11/06/2018	19/06/2019
2	C20-Manufatto limitatore monte- Trave laminatrice	102 x 102	1,00	2322	55,3	11/06/2018	19/06/2019
3	C21-Manufatto limitatore monte- Trave laminatrice	102 x 101	0,99	2348	48,9	11/06/2018	19/06/2019
4	C23-Traversa di monte- Fondazione	102 x 105	1,03	2259	38,5	11/06/2018	19/06/2019
5	C24-Manufatto limitatore monte- Pila manif.alveo	102 x 105	1,03	2291	35,3	11/06/2018	19/06/2019
6	C25-Manuf.limit.monte-Soletta impalc.-Manufatto alveo	102 x 105	1,03	2219	28,4	12/06/2018	19/06/2019
7	C26-Manuf.limit.monte-Soletta impalc.-Manufatto alveo	102 x 104	1,02	2215	29,8	12/06/2018	19/06/2019
8	C27-Manuf.limit.monte-Soletta impalc.-Ingresso cassa	102 x 101	0,99	2272	29,6	12/06/2018	19/06/2019
9	C28-Manuf.limit.valle -Spalla Ingresso cassa	102 x 103	1,01	2166	18,8	11/06/2018	19/06/2019
10	C29-Manuf.limit.valle -Spalla Ingresso cassa	102 x 102	1,00	2246	20,7	11/06/2018	19/06/2019
11	C30-Traversa di monte- Fondazione	102 x 100	0,98	2321	26,0	11/06/2018	19/06/2019
12	C31-Traversa di monte- Fondazione	102 x 104	1,02	2222	25,4	11/06/2018	19/06/2019

Figura 02c. Tabella riassuntiva resistenza a compressione provini



Studio MM S.r.l.

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m ³)	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f_c	Data di prelievo	Data prova
13	C32-Manuf.limit.monte-Sfioro troppo pieno-Protezione	102 x 104	1,02	2268	38,4	12/06/2018	19/06/2019
14	C33-Manuf.limit.monte-Sfioro troppo pieno-Fondazione	102 x 101	0,99	2295	52,1	12/06/2018	19/06/2019
15	C34-Manuf.limit.monte-Sfioro troppo pieno-Fondazione	102 x 99	0,97	2236	50,4	12/06/2018	19/06/2019
16	C35-Manuf.limit.valle -Spalla Ingresso cassa	102 x 102	1,00	1967	10,0	11/06/2018	19/06/2019
17	C36-Manuf.limit.valle -Sfioro troppo pieno-Fondazione	102 x 105	1,03	2202	22,0	13/06/2018	19/06/2019
18	C37-Manuf.limit.valle -Sfioro troppo pieno-Fondazione	102 x 103	1,01	2260	21,9	13/06/2018	19/06/2019
19	C38-Manuf.limit.valle -Sfioro troppo pieno-Protezione	102 x 104	1,02	2272	20,5	13/06/2018	19/06/2019
20	C39-Manuf.limit.valle -Sfioro ingr.cassa-Protezione	102 x 103	1,01	2241	25,5	13/06/2018	19/06/2019
21	C40-Manuf.limit.valle - Fondazione ingresso cassa	102 x 102	1,00	2277	22,6	13/06/2018	19/06/2019
22	C41-Manuf.limit.valle - Fondazione ingresso cassa	102 x 104	1,02	2246	24,2	13/06/2018	19/06/2019
23	C42-Manuf.limit.valle - Fondazione manufatto alveo	102 x 102	1,00	2251	21,1	13/06/2018	19/06/2019
24	C43-Manuf.limit.valle - Fondazione manufatto alveo	102 x 105	1,03	2272	27,7	13/06/2018	19/06/2019

Figura 02d. Tabella riassuntiva resistenza a compressione provini



RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m ³)	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f_c	Data di prelievo	Data prova
25	C44-Manuf.limit.valle - Protezione manufatto alveo	102 x 101	0,99	2305	48,9	13/06/2018	19/06/2019
26	C45-Manuf.limit.valle -Trave laminatrice	102 x 103	1,01	2261	44,7	14/06/2018	19/06/2019
27	C46-Manuf.limit.valle -Trave laminatrice	102 x 104	1,02	2262	39,9	14/06/2018	19/06/2019
28	C47-Manuf.limit.valle -Trave laminatrice	102 x 105	1,03	2261	37,5	14/06/2018	19/06/2019
29	C48-Manuf.limit.valle -Spalla destra manuf. Alveo	102 x 105	1,03	2248	18,1	15/06/2018	19/06/2019
30	C49-Manuf.limit.valle -Spalla destra manuf. Alveo	102 x 104	1,02	2284	16,5	15/06/2018	19/06/2019
31	C50-Manuf.limit.valle -Spalla destra manuf. Alveo	102 x 106	1,04	2284	28,9	15/06/2018	19/06/2019
32	C51-Manuf.limit.monte- Fondazione-Manufatto alveo	102 x 103	1,01	2231	32,1	13/06/2018	19/06/2019
33	C52-Manuf.limit.monte- Fondazione-Manufatto alveo	102 x 102	1,00	2286	35,2	13/06/2018	19/06/2019
34	C53-Manuf.limit.monte- Fondazione-Ingresso cassa	102 x 103	1,01	2344	40,8	13/06/2018	19/06/2019
35	C54-Manuf.limit.monte- Fondazione-Ingresso cassa	102 x 103	1,01	2276	35,7	13/06/2018	19/06/2019
36	C55- Traversa di monte - Fondazione	102 x 103	1,01	2236	23,8	14/06/2018	19/06/2019

Figura 02e. Tabella riassuntiva resistenza a compressione provini



RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m ³)	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f_c	Data di prelievo	Data prova
37	C56- Traversa di monte - Fondazione	102 x 103	1,01	2295	32,4	14/06/2018	19/06/2019
38	C57- Traversa di monte - Fondazione	102 x 104	1,02	2324	25,7	14/06/2018	19/06/2019

Figura 02f. Tabella riassuntiva resistenza a compressione provini

Nelle foto sottostanti si vedono alcuni dei provini cilindrici estratti mediante carotaggio sui quali è stata applicata la fenoltaleina per determinare la profondità di carbonatazione.



Foto 35. Carota C51



Foto 36. Carota C52



Foto 37. Carota C24



Foto 38. Carota C21



Foto 39. Carota C20

C. PRELIEVO FERRI DI ARMATURA

Sono stati eseguiti nove prelievi di spezzoni di barre di armatura da sottoporre a prova di trazione.

NUMERO IDENTIFICATIVO FERRO	OPERA	DETTAGLI	Diametro misurato (mm)
F1	Traversa di Monte	Fondazione	12
F2	Traversa di Monte	Fondazione	14
F3	Traversa di Monte	Fondazione	20
F4	Manufatto limitatore di monte	Fondazione	12
F5	Manufatto limitatore di monte	Fondazione	14
F6	Manufatto limitatore di monte	Fondazione	12
F7	Manufatto limitatore di valle	Fondazione	14
F8	Manufatto limitatore di valle	Fondazione	14
F9	Manufatto limitatore di valle	Fondazione	20




	Traversa di Monte
	Manufatto limitatore di Monte
	Manufatto limitatore di Valle

Figura 03. Tabella riassuntiva prelievo spezzoni di armatura



Foto 40. *Prelievo ferri esposti. Manufatto limitatore di Monte*



Foto 41. *Prelievo ferri esposti. Manufatto limitatore di Valle*



Studio MM S.r.l.

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

La tabella di seguito riportata è un estratto dei risultati di prova. Il report completo viene allegato (**ALLEGATO 2**).

RISULTATI DELLE PROVE A TRAZIONE

N° identificativo L.T.M	Contrassegno	Ø nominale effettivo (mm)	Sezione effettiva S_o (mm ²)	Tensione di snervamento f_y (MPa)*	Tensione di rottura f_t (MPa)*	$A_{gt}(\%)$	Data di prova
1	F1 - Fondazione - Traversa di monte	12	113,0	527,2	639,5	11,8	18/06/19
2	F2 - Fondazione - Traversa di monte	14	153,9	504,1	592,9	12,5	18/06/19
3	F3 - Fondazione - Traversa di monte	20	314,0	454,5	668,4	13,4	18/06/19
4	F4 - Fondazione - Manufatto limitatore di monte	12	113,0	617,0	715,7	11,6	18/06/19
5	F5 - Fondazione - Manufatto limitatore di monte	14	153,9	508,5	596,6	12,1	18/06/19
6	F6 - Fondazione - Manufatto limitatore di monte	12	113,0	636,8	740,9	12,3	18/06/19
7	F7 - Fondazione - Manufatto limitatore di valle	14	153,9	497,7	593,3	12,7	18/06/19
8	F8 - Fondazione - Manufatto limitatore di valle	14	153,9	493,6	583,5	12,2	18/06/19
9	F9 - Fondazione - Manufatto limitatore di valle	20	314,0	457,4	633,7	13,5	18/06/19

Figura 04. Tabella riassuntiva resistenza a trazione ferri

D. INDAGINE PACOMETRICA

D.1 METODOLOGIA DELLA PROVA

È stata condotta una campagna pacometrica per verificare i ferri di armatura. Di seguito si riporta la descrizione della strumentazione e della metodologia utilizzata.

Strumentazione e metodologia

Sono state eseguite indagini diagnostiche mediante pacometro portatile modello “Profoscope”.



Figura 05. Strumento utilizzato per le indagini (pacometro modello “Profoscope Proceq”).

Tale strumento utilizza l’induzione ad impulsi elettromagnetici per rilevare elementi di metallo. Le bobine della sonda vengono periodicamente caricate di impulsi di corrente generando così un campo magnetico. Sulla superficie dei materiali che conducono elettricità, all’interno del campo magnetico, si producono correnti a vortice. Esse inducono un campo magnetico nella direzione contraria. La differenza di tensione viene sfruttata per la misurazione.

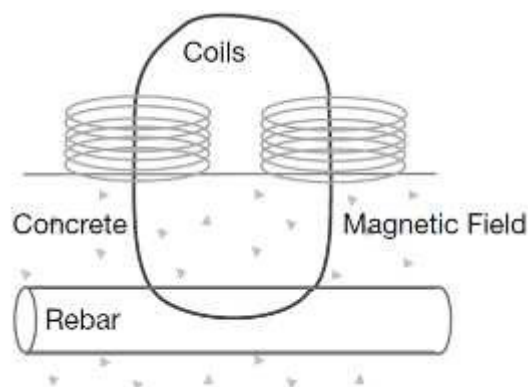


Figura 06. Schema di funzionamento del pacometro nell'individuazione dei ferri di armatura.

“Profoscope” usa diverse configurazioni di bobine per generare vari campi magnetici. L'elaborazione avanzata del segnale consente la:

- localizzazione di una armatura;
- localizzazione del punto medio tra le armature;
- determinazione della copertura;
- stima del diametro dell'armatura;
- verifica dell'orientamento di una armatura.

Il pacometro ha la capacità di rilevare il diametro di ferri compresi tra i 5 e i 57 mm e di analizzare la profondità delle coperture fino ad un massimo di 180 mm.



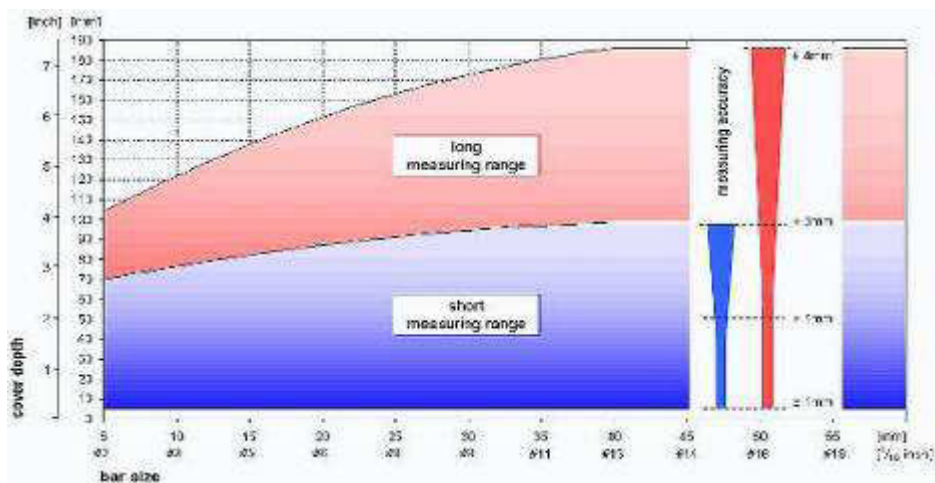
Studio MM S.r.l.
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



E' molto importante tenere presente che:

Il pacometro fornisce misure piuttosto attendibili sulla localizzazione dei ferri anche se è influenzato da vari fattori quali diametro e profondità dei ferri e presenza di disturbi di materiali metallici nelle vicinanze.

Risulta invece poco attendibile nella stima del diametro dei ferri specialmente se il copriferro è consistente.

D.2 RESOCONTO INDAGINI

Sono state eseguite 18 prove pacometriche su altrettanti elementi strutturali per verificare presenza ed ubicazione dei ferri di armatura fornendo anche una stima del diametro.

Denominazione: **PACOMETRIA P1**

Ubicazione prova: **Traversa di Monte - Fondazione (Spalla destra, al di sotto del carotaggio C2)**

Area indagata: **80cm (altezza) - 120cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 12/14 - passo 220/260 mm - - copriferro 35/38 mm	Rilevate 3 staffe Ø 12/14 - passo 200/240 mm - copriferro 32/35 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P2**

Ubicazione prova: **Traversa di Monte - Fondazione (Spalla sinistra, al di sotto del carotaggio C7)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 12/14 - passo 240/260 mm - - copriferro 45/50 mm	Rilevate 4 staffe Ø 12/14 - passo 230/250 mm - copriferro 38/45 mm



Studio MM S.r.l.

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

Denominazione: **PACOMETRIA P3**

Ubicazione prova: **Traversa di Monte - Fondazione (in corrispondenza dei carotaggi eseguiti in fondazione - paramento verticale)**

Area indagata: **90cm (altezza) - 140cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 5 correnti Ø 20/22 - passo 210/240 mm - - copriferro 50/55 mm	Rilevate 3 staffe Ø 14/16 - passo 200/220 mm - copriferro 40/48 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P4**

Ubicazione prova: **Traversa di Monte - Fondazione (in corrispondenza dei carotaggi eseguiti in fondazione - paramento orizzontale)**

Area indagata: **80cm (altezza) - 140cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Orizzontale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 20/22 - passo 200/220 mm - - copriferro medio 70/75 mm	Rilevate 3 staffe Ø 18/20 - passo 200/220 mm - copriferro medio 80/90 mm

Note: **il copriferro in alcuni punti risulta essere circa 120/130 mm**

Denominazione: **PACOMETRIA P5**

Ubicazione prova: **Traversa di Monte - Protezione (in corrispondenza del carotaggio C5)**

Area indagata: **150cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Diagonale (seguendo il profilo della protezione)**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 5 correnti Ø 8/10 - passo 180/200 mm - - copriferro 70/80 mm	Rilevate 7 staffe Ø 8/10 - passo 180/200 mm - copriferro 70/80 mm

Note: **il copriferro in alcuni punti risulta essere maggiore di 180 mm**



Studio MM S.r.l.

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

Denominazione: **PACOMETRIA P6**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Monte - manufatto in Alveo (in corrispondenza dei carotaggi C51 - C52)**

Area indagata: **60cm (altezza) - 130cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 5 correnti Ø 18/22 - passo 220/260 mm - - copriferro 98/105 mm	Rilevate 3 staffe Ø 10/14 - passo 220/260 mm - copriferro 105/110 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P7**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Monte - sfioro di ingresso cassa (in corrispondenza dei carotaggi C53 - C54)**

Area indagata: **80cm (altezza) - 130cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 5 correnti Ø 18/22 - passo 200/240 mm - - copriferro 92/110 mm	Rilevate 3 staffe Ø 10/14 - passo 230/260 mm - copriferro 80/95 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P8**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Monte - sfioro di troppo pieno - fondazione (in corrispondenza dei carotaggi C33)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 20/22 - passo 220/250 mm - - copriferro 50/55 mm	Rilevate 4 staffe Ø 18/22 - passo 210/230 mm - copriferro 38/42 mm



Studio MM S.r.l.

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

Denominazione: **PACOMETRIA P9**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Monte - sfioro di troppo pieno - fondazione (in corrispondenza dei carotaggi C34)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 20/22 - passo 210/230 mm - - copriferro 75/85 mm	Rilevate 4 staffe Ø 18/20 - passo 200/220 mm - copriferro 70/75 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P10**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Monte - manufatto in Alveo - Spalla destra (in corrispondenza dei carotaggi C10 - C11 - C12)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 14/18 - passo 230/250 mm - - copriferro 68/80 mm	Rilevate 4 staffe Ø 12/16 - passo 220/240 mm - copriferro 70/75 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P11**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Monte - sfioro di ingresso cassa - Spalla sinistra (in corrispondenza dei carotaggi C13 - C14 - C15)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 14/18 - passo 230/250 mm - - copriferro 88/100 mm	Rilevate 4 staffe Ø 12/16 - passo 220/240 mm - copriferro 79/85 mm



Denominazione: **PACOMETRIA P12**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Monte - sfioro di ingresso cassa - Pila (in corrispondenza del carotaggio C22)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 16/20 - passo 240/260 mm - - copriferro 55/62 mm	Rilevate 4 staffe Ø 12/14 - passo 230/260 mm - copriferro 50/55 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P13**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Valle - Spalla sinistra (in corrispondenza dei carotaggi C28 - C29 - C35)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 18/20 - passo 220/250 mm - - copriferro 94/106 mm	Rilevate 4 staffe Ø 12/14 - passo 220/260 mm - copriferro 90/101 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P14**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Valle - Sfioro di ingresso cassa - Fondazione (in corrispondenza dei carotaggi C40 - C41)**

Area indagata: **90cm (altezza) - 120cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 5 correnti Ø 16/18 - passo 220/240 mm - - copriferro 45/49 mm	Rilevate 3 staffe Ø 12/14 - passo 220/250 mm - copriferro 40/49 mm

Denominazione: PACOMETRIA P15

Ubicazione prova: Manufatto limitatore di Valle - Manufatto in alveo - Fondazione (in corrispondenza dei carotaggi C42 - C43)

Area indagata: 100cm (altezza) - 100cm (larghezza)

Tipologia scansione: Verticale

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 18/20 - passo 200/220 mm - - copriferro 80/92 mm	Rilevate 4 staffe Ø 12/14 - passo 220/240 mm - copriferro 82/88 mm

Denominazione: PACOMETRIA P16

Ubicazione prova: Manufatto limitatore di Valle - Manufatto in alveo - Trave laminatrice (in corrispondenza dei carotaggi C20 – C22)

Area indagata: 100cm (altezza) - 100cm (larghezza)

Tipologia scansione: Verticale

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 18/20 - passo 220/240 mm - - copriferro 95/100 mm	Rilevate 4 staffe Ø 14/16 - passo 240/260 mm - copriferro 89/96 mm

Denominazione: PACOMETRIA P17

Ubicazione prova: Manufatto limitatore di Valle - Sfioro di ingresso cassa - Protezione

Area indagata: 150cm (altezza) - 100cm (larghezza)

Tipologia scansione: Diagonale (seguendo il profilo della protezione)

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 5 correnti Ø 8/10 - passo 180/200 mm - - copriferro 82/108 mm	Rilevate 7 staffe Ø 8/10 - passo 180/200 mm - copriferro 80/109 mm

Note: il copriferro in alcuni punti risulta essere maggiore di 180 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P18**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Valle - Sfiore di troppo pieno - Fondazione**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 18/20 - passo 220/240 mm - - copriferro 45/52 mm	Rilevate 4 staffe Ø 14/16 - passo 230/250 mm - copriferro 42/48 mm



Foto 42. *Manufatto limitatore di Valle. Spalla destra. Misura copriferro reale*



Foto 43. Manufatto limitatore di Valle. Spalla sinistra. Misura, mediante calibro digitale, diametro corrente. Precedentemente è stato misurato il copriferro reale.

E. CARBONTEST

E.1 METODOLOGIA DELLA PROVA

La prova di carbonatazione, effettuata mediante Kit Carbontest, ha lo scopo di determinare le caratteristiche dello stato di conservazione delle armature mediante prelievo di polveri in situ.

Normativa di riferimento: Norma UNI 9944 - 1992

Strumentazione e metodologia

Viene di seguito riportata la procedura di prova per la determinazione della profondità di carbonatazione e la strumentazione utilizzata.



Figura 07. Kit Carbontest



Studio MM S.r.l.

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

1

SCELTA DEL PUNTO DI PROVA

Scegliere il punto di prova cercando di individuare la porzione di superficie in grado di fornire i risultati più significativi e rappresentativi dello stato generale.



La superficie dell'elemento deve essere prevalentemente verticale in modo da garantire la caduta per gravità della polvere nella provetta.



Si consiglia di evitare elementi che presentano rivestimenti superficiali che potrebbero modificare la disposizione della polvere nella provetta o interferire con la reazione della fenoltaleina.

Figura 08. Fasi di indagine. Fase 1

2

PRELIEVO DEL CAMPIONE

Posizionare lo strumento di raccolta, completo della provetta di accumulo, in aderenza alla superficie del manufatto ed inserire la punta del trapano nel foro predisposto nella spazzola.

Usare un comune trapano a percussione con punta per muratura di diametro 8÷10 mm.

Durante la perforazione potrebbe esserci una lieve fuoriuscita di polvere dal taglio longitudinale della provetta.



Procedere alla perforazione con velocità costante mantenendo il trapano ortogonale alla superficie.



Evitare di riempire la provetta oltre il livello dell'imbuto del picker.

Figura 09. Fasi di indagine. Fase 2



Studio MM S.r.l.

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

3

MISURAZIONE FORO E PROVETTA



Al termine della perforazione sfilare delicatamente la provetta di campione, contenente la polvere, dal picker.

Battere delicatamente la provetta su una superficie piana in modo da compattare il contenuto della provetta.

Mantenendo la provetta di campione in posizione verticale misurare, con il righello graduato, la quantità di polvere nella provetta (PF). Il riferimento per la misura è costituito dal tappo inferiore di chiusura della provetta.

Sempre con il righello graduato misurare la profondità del foro (PF) prendendo come origine del riferimento il fondo del foro.



Le misurazioni vanno eseguite con precisione millimetrica.

Figura 10. Fasi di indagine. Fase 3

4

ANALISI CON FENOLFTALEINA



Disporre la provetta di campione in posizione orizzontale sul tappetino graduato ponendo il fondo della provetta sull'origine della scala graduata.

Prelevare dal fiascone, con l'apposita pipetta, la fenolftaleina e farla penetrare lungo l'incaglio longitudinale svasato della provetta, partendo dal tappo di chiusura. Procedere lentamente lungo l'incaglio facendo penetrare il liquido all'interno del campione di polvere. La reazione chimica del reagente avviene immediatamente.

Il calcestruzzo NON CARBONATATO assume il tipico colore rosso magenta.

Raggiunto il punto di cambio di colore terminare l'applicazione del reagente e lasciare asciugare per una decina di secondi il campione.



In alcuni casi la presenza di intonaco sul calcestruzzo può produrre una lieve colorazione della polvere superficiale disposta sul fondo della provetta.

Figura 11. Fasi di indagine. Fase 4

5

MISURAZIONE CARBONATAZIONE



Lasciando disposta la provetta sul tappetino graduato, misurare la profondità di carbonatazione (CM) con precisione millimetrica individuando il punto di viraggio del colore nella provetta.

Tale misurazione consentirà di calcolare la reale profondità di carbonatazione.



La polvere nella provetta occupa un volume superiore di quello del calcestruzzo compatto. Per determinare la reale profondità di carbonatazione (CR) occorre effettuare alcune proporzioni.

$$RS = PF / PP$$

$$CR = RS * CM$$

PF = Profondità del foro
PP = Polvere in provetta
RS = Rapporto di scala
CM = Carbonatazione misurata
CR = Carbonatazione reale

Figura 12. Fasi di indagine. Fase 5

6

CHIUSURA DEL FORO



Per restituire l'aspetto estetico originario all'elemento provato, iniettare lo stucco per cemento del foro creato per il prelievo.

Con l'ausilio di una spatola è possibile completare la finitura superficiale.

L'asciugatura, in condizioni normali, avviene in una decina di minuti.



Al primo utilizzo, è necessario disporre di un cutter per tagliare il beccuccio di chiusura del tubetto.

Figura 13. Fasi di indagine. Fase 6

E.2 RESOCONTO INDAGINI

Sono state eseguite 9 prove carbontest denominate CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8 e CT9 su due travi C.A.P. costituenti l'impalcato del Manufatto limitatore di Monte.

Le prove CT1, CT2 e CT3 sono state condotte su una trave C.A.P. ubicata nello "Sfioro di ingresso cassa" mentre le rimanenti prove sono state condotte su una trave C.A.P. situata nel "Manufatto in alveo".

Nelle immagini sottostanti si possono vedere i punti di indagine.



Foto 44. Manufatto limitatore di Monte. Sfioro di ingresso cassa. Trave C.A.P. con evidenziati in rosso i punti di prova.



Foto 45. Manufatto limitatore di Monte. Sfioro di ingresso cassa. Trave C.A.P. con evidenziati in rosso i punti di prova. Fase di chiusura dei fori

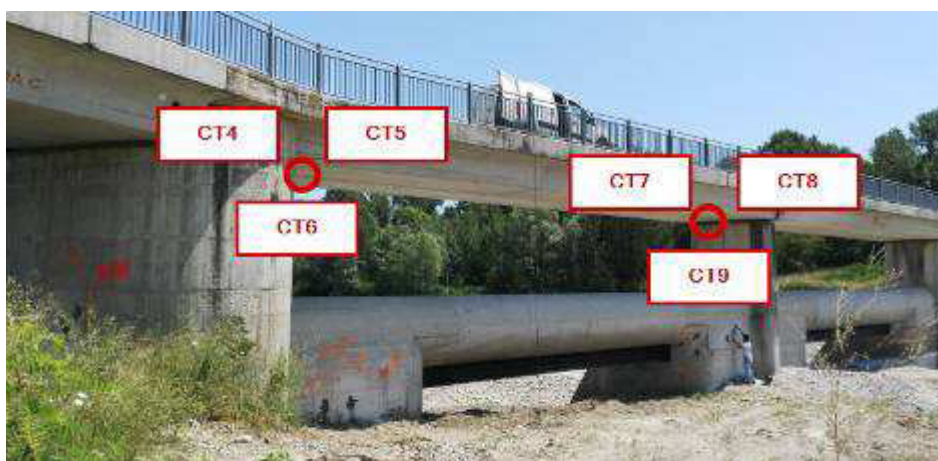


Foto 46. Manufatto limitatore di Monte. Manufatto in Alveo. Trave C.A.P. con evidenziati in rosso i punti di prova.

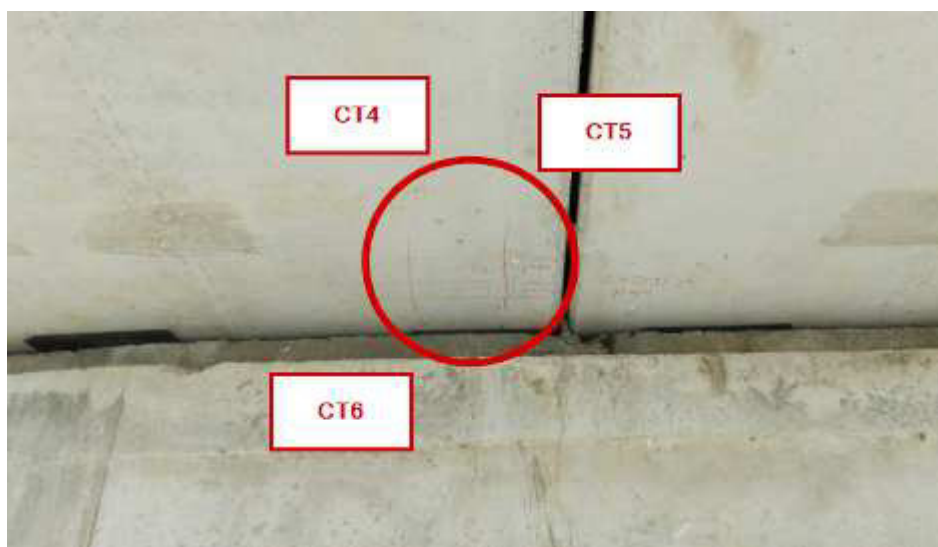


Foto 47. Manufatto limitatore di Monte. Manufatto in Alveo. Trave C.A.P. con evidenziati in rosso i punti di prova. Fase di chiusura dei fori



Foto 48. Manufatto limitatore di Monte. Manufatto in Alveo. Trave C.A.P. con evidenziati in rosso i punti di prova. Fase di chiusura dei fori

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: CT1 UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Sfioro di ingresso cassa - Trave C.A.P. ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 74mm Quantità polvere in provetta: 150mm Diametro punta: 8mm Carbonatazione misurata: 10mm Carbonatazione reale: 5mm

Figura 14. Scheda prova

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: CT2 UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Sfioro di ingresso cassa - Trave C.A.P. ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 72mm Quantità polvere in provetta: 145mm Diametro punta: 8mm Carbonatazione misurata: 12mm Carbonatazione reale: 6mm

Figura 15. Scheda prova

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: CT3 UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Sfioro di ingresso cassa - Trave C.A.P. ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 74mm Quantità polvere in provetta: 148mm Diametro punta: 8mm Carbonatazione misurata: 12mm Carbonatazione reale: 6mm

Figura 16. Scheda prova

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: CT4 UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Manufatto in Alveo - Trave C.A.P. ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 74mm Quantità polvere in provetta: 145mm Diametro punta: 8mm Carbonatazione misurata: 16mm Carbonatazione reale: 8mm

Figura 17. Scheda prova

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: CT5 UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Manufatto in Alveo - Trave C.A.P. ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 72mm Quantità polvere in provetta: 140mm Diametro punta: 8mm Carbonatazione misurata: 17mm Carbonatazione reale: 8mm

Figura 18. Scheda prova

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: CT6 UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Manufatto in Alveo - Trave C.A.P. ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 70mm Quantità polvere in provetta: 140mm Diametro punta: 8mm Carbonatazione misurata: 16mm Carbonatazione reale: 8mm

Figura 19. Scheda prova

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: CT7 UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Manufatto in Alveo - Trave C.A.P. ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 74mm Quantità polvere in provetta: 142mm Diametro punta: 8mm Carbonatazione misurata: 20mm Carbonatazione reale: 10mm

Figura 20. Scheda prova

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: CT8 UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Manufatto in Alveo - Trave C.A.P. ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 75mm Quantità polvere in provetta: 147mm Diametro punta: 8mm Carbonatazione misurata: 21mm Carbonatazione reale: 10mm

Figura 21. Scheda prova

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: CT9
UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Manufatto in Alveo - Trave C.A.P.
ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale
CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 70mm
Quantità polvere in provetta: 144mm
Diametro punta: 8mm
Carbonatazione misurata: 19mm
Carbonatazione reale: 9mm

Figura 22. Scheda prova

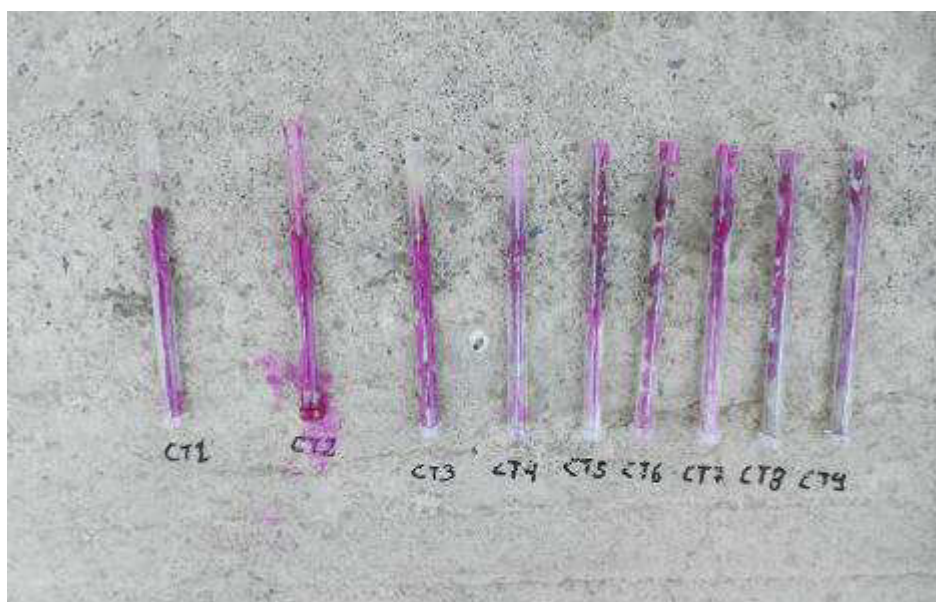


Foto 49. Provini

F. INDAGINI VISIVE TRAVI C.A.P.

Sono state eseguite alcune indagini visive nei giunti tra le travi precomprese a sostegno della soletta carraia del Manufatto limitatore di Monte. Le indagini sono state svolte sia nei giunti presenti nel Manufatto in alveo sia nei giunti presenti nello Sfiore di ingresso cassa.

Vengono di seguito riportate alcune foto scattate nei punti oggetto di indagine.



Foto 50. Manufatto limitatore di Monte. Sfiore di ingresso cassa.
Appoggio trave C.A.P. su pilastro



Foto 51. Manufatto limitatore di Monte. Sfiore di ingresso cassa. Teste travi C.A.P.



Foto 52. Manufatto limitatore di Monte. Manufatto in Alveo. Teste travi
C.A.P.

G. SAGGI CON ESCAVATORE

Sono stati eseguiti dieci saggi conoscitivi in fondazione mediante escavatore così suddivisi:

- N° 4 saggi Traversa di Monte
- N° 3 saggi Manufatto limitatore di Monte
- N° 3 saggi Manufatto limitatore di Valle



Foto 53. Traversa di Monte. Saggio in fondazione sponda destra

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



Foto 54. *Traversa di Monte. Saggio in fondazione sponda destra*

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



Foto 55. Traversa di Monte. Saggio in fondazione sponda sinistra

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



Foto 56. Traversa di Monte. Saggio in fondazione sponda sinistra



Foto 57. Manufatto limitatore di monte. Sfiore di troppo pieno. Saggio in fondazione

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



Foto 58. Manufatto limitatore di monte. Sfioro ingresso cassa. Saggio in fondazione



Foto 59. Manufatto limitatore di monte. Manufatto in alveo. Saggio in fondazione



Foto 60. Manufatto limitatore di valle. Sfioro troppo pieno. Saggio in fondazione



Foto 61. Manufatto limitatore di valle. Manufatto in alveo. Saggio in fondazione

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



Foto 62. Manufatto limitatore di valle. Sfioro di ingresso cassa. Saggio in fondazione spalla destra

H. ANALISI CHIMICA DELLE ACQUE

Sono state eseguite due prelievi di acqua dal torrente Enza.

I campioni sono stati prelevati nelle giornate di martedì 18.06.2019 (nei pressi del Manufatto limitatore di Monte) e venerdì 28.06.2019 (nei pressi del Manufatto limitatore di Valle).

Le tabelle di seguito riportate sono un estratto dei risultati di prova. Il report integrale viene allegato (**ALLEGATO 3**).

Committente	AIPo - Agenzia Interregionale per il fiume PO
Tipologia del campione	Campione acqua prelevata dal Torrente Enza
Luogo del campionamento	Cassa di espansione Torrente Enza - Manufatto limitatore di monte
Data del campionamento	18/06/2019
Rapporto di prova N.	AIP_349-2019/SC1

PROVA	ESITO	Um
<i>pH</i>	7,9	
<i>Fluoruri</i>	< 0,1	mg/l
<i>Cloruri Cl⁻</i>	16	mg/l

Figura 23a. Estratto analisi chimica acque torrente Enza

Committente	AIPo - Agenzia Interregionale per il fiume PO
Tipologia del campione	Campione acqua prelevata dal Torrente Enza
Luogo del campionamento	Cassa di espansione Torrente Enza - Manufatto limitatore di valle
Data del campionamento	28/06/2019
Rapporto di prova N.	AIP_349-2019/SC2

PROVA	ESITO	Um
<i>pH</i>	8,02	
<i>Fluoruri</i>	< 0,1	mg/l
<i>Cloruri Cl⁻</i>	22	mg/l

Figura 23b. Estratto analisi chimica acque torrente Enza

Mamiano di Traversetolo, 3 luglio 2019

Tecnici incaricati per le prove

Dott. Geol. Alessandro Vignali

Dott. Arch. Stefano Guarnieri

Responsabile Studio MM

Dott. Geol. Michele Mazzoni