

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRESTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

Relazione tecnica-descrittiva Indagini Opere Civili Minori esistenti

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I A 5 F 0 1 D 7 8 R O O C 0 0 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	R.Oscurato	07/2019	A. Pagano	07/2019	F.Gernone	07/2019	ING. D. Tiberti 07/2019

File: IA5F 01D78ROOC000001A

n. Elab.:

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01</td> <td>D 78 RO</td> <td>OC0000 001</td> <td>A</td> <td>2 DI 26</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01	D 78 RO	OC0000 001	A	2 DI 26
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01	D 78 RO	OC0000 001	A	2 DI 26								

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO (ALLEGATA ALLA PRESENTE).....	5
4	PERCORSO DELLA CONOSCENZA	7
5	LIVELLO DI CONOSCENZA CONSEGUITO	19
6	CARATTERIZZAZIONE MATERIALI ESISTENTI.....	20
7	APPROCCIO GENERALE PER LE OPERE CIVILI MINORI	26

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RO	DOCUMENTO OC0000 001	REV. A	FOGLIO 3 DI 26

1 PREMESSA

Il presente documento è emesso nell'ambito dello sviluppo della Progettazione Definitiva della nuova linea Ferrandina-Matera La Martella, la cui attivazione consente il collegamento della città di Matera alla rete ferroviaria nazionale, in particolare con Salerno, per l'accesso al sistema AV/AC, e con Taranto, attraverso la linea Battipaglia-Potenza-Metaponto-Taranto.

Il progetto prevede il completamento della linea a semplice binario elettrificata di circa 22 km, che attraversa i Comuni di Ferrandina, Pomarico, Miglionico e Matera con uno sviluppo prevalentemente in viadotti e galleria. Il corretto tracciato si dirama dalla linea Potenza-Metaponto mentre il tracciato deviato parte dalla stazione di Ferrandina in prosecuzione del III binario esistente, interessando opere già realizzate tra gli anni 1984 e 2000.

La presente Relazione riferisce in merito alle indagini strutturali condotte su alcune Opere Civili Minori, oggetto di verifica ed interventi, che realizzate negli anni '90 non risultano collaudate.

Le opere in argomento sono di seguito riportate:

WBS	DESCRIZIONE	pk
IN07	Sottovia e tombino (opera su due livelli) al Km 9+936	(Km 9+936 L.S)
SL01	Sottopasso stradale al Km 18+971	(km 18+971 L.S.)
MU51	Muro di controripa a SX su TR01 <i>Interessati circa 60m dell'opera in oggetto</i>	Da pk 8+855.26 a pk 9+077.30 (da 8+690 a 8+913 L.S.)
MU52	Muro di controripa a DX su TR01 <i>Interessati circa 60m dell'opera in oggetto</i>	Da pk 8+856.64 a pk 9+087.12 (da 8+690 a 8+922.5 L.S.)

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
<p>Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti</p>	<p>PROGETTO IA5F</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA DOCUMENTO D 78 RO OC0000 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 4 DI 26</p>	

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

[1] D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42) - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».

[2] Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

[3] Linee guida per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera, 2017

[4] RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 – Ponti e Strutture

[5] RFI DTC SI CS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale

[6] Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea

[7] RFI DTC SI SP IFS 001 B – "Capitolato generale tecnico d'appalto delle opere civili"

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RO	DOCUMENTO OC0000 001	REV. A	FOGLIO 5 DI 26

3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO (ALLEGATA ALLA PRESENTE)

3.1 Progetto Esecutivo Originario

- Elaborati Progetto Esecutivo relativo alla "Costruzione di un tratto di linea tra Matera e Ferrandina in funzione di collegamento diretto della città di Matera alla rete F.S." - 3° Atto integrativo alla Convenzione n°38/84
 - R.T.2.1 – CALCOLO STATICI OPERE D'ARTE (I parte)
 - Elaborati Grafici codificati:
 - C.F.20.
 - C.F.20.1
 - C.F.21
 - C.F.22
 - C.F.23
 - C.F.29.1
 - C.F.29.2
 - C.F.29.3
 - C.F.29.4
 - C.F.38.1
 - C.F.38.2
 - C.F.38.3

3.2 Controlli di accettazione materiali da costruzione

- Estratti dei Verbali di constatazione del peso unitario delle barre d'acciaio

3.3 Relazione risultati indagini Strutture Esistenti – campagna giugno 2019

- Relazione 11265 – ROPD/19_Rev.0 del 30/06/2019 "ESECUZIONE DI INDAGINI STRUTTURALI PER L'ANALISI DEI MATERIALI DELLE STRUTTURE DEI VIADOTTI DEI CAVALCAVIA PRESENTI SULLA LINEA FERRANDINA-MATERA"
- Tavola 15 – DISLOCAZIONE E SCHEMI GRAFICI DELLE INDAGINI SVOLTE SU SOTTOVIA "PK 9+936" –
- Tavola 16 – DISLOCAZIONE E SCHEMI GRAFICI DELLE INDAGINI SVOLTE SU SOTTOVIA "PK DA 8+60 A 8+915" –
- Tavola+ 17 A - DISLOCAZIONE E SCHEMI GRAFICI DELLE INDAGINI SVOLTE SU "MURO PK 18+971" –

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01</td> <td>D 78 RO</td> <td>OC0000 001</td> <td>A</td> <td>6 DI 26</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01	D 78 RO	OC0000 001	A	6 DI 26
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01	D 78 RO	OC0000 001	A	6 DI 26								

- Tavola+ 17 B - *DISLOCAZIONE E SCHEMI GRAFICI DELLE INDAGINI SVOLTE SU "MURO PK 18+971" -*
- Tavola+ 17 C - *DISLOCAZIONE E SCHEMI GRAFICI DELLE INDAGINI SVOLTE SU "MURO PK 18+971" -*
- Tavola+ 17 D - *DISLOCAZIONE E SCHEMI GRAFICI DELLE INDAGINI SVOLTE SU "MURO PK 18+971" -*

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RO	DOCUMENTO OC0000 001	REV. A	FOGLIO 7 DI 26

4 PERCORSO DELLA CONOSCENZA

La definizione del modello di riferimento per le analisi delle Costruzioni Esistenti è esplicitata al §8 delle NTC2018 e dalla relativa Circolare del 11.02.2019.

Come riportato nelle citate norme, la conoscenza di una costruzione dipende, in generale, *dalla possibilità di effettuare indagini approfondite in relazione all'uso e alla natura/tipologia della costruzione stessa*. In virtù di questo, lo studio di seguito illustrato è stato finalizzato al raggiungimento del più alto livello di conoscenza possibile (relativo a geometria, dettagli costruttivi, caratterizzazione dei materiali) per definire correttamente il fattore di confidenza da adottare.

Si precisa che per le opere in argomento (muri e scatolari in c.a. sotto binario) il quadro normativo di riferimento non specifica protocolli di indagini ben definitivi, come per il caso di edifici esistenti; pertanto si è fatto riferimento a quanto previsto dal documento RFI DTC SI CS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II, facendo anche delle assunzioni sulla natura delle opere e sulla ripetitività delle loro caratteristiche strutturali.

4.1 Analisi Storico-Critica

Attraverso ricerche presso gli archivi di RFI, è stato possibile risalire al Progetto Esecutivo/costruttivo dell'epoca. Gli elaborati, in parte allegati alla presente, hanno permesso di risalire alle ipotesi di dimensionamento e verifica delle opere in oggetto, alle caratteristiche dimensionali assunte, ai dettagli costruttivi previsti.

Le opere risultano progettate sul finire degli anni '80 (Appalto di cui al 3° atto Integrativo alla convenzione n° 38/84) e costruite nella seconda metà degli anni '90. Infatti, tra la documentazione tecnica rinvenuta, vi sono alcuni certificati relativi ai controlli di accettazione dei materiali impiegati per le opere in oggetto, risalenti agli anni 1996-1997.

Per le strutture in questione non risulta redatto un Certificato di Collaudo Statico, ai sensi della normativa cogente ai tempi della realizzazione.

Si riportano di seguito alcuni stralci della Relazione di calcolo strutturale dell'epoca (ved. Documento *R.T.2.1.*), che evidenziano caratteristiche dei materiali previsti in fase progettuale e i riferimenti normativi allora cogenti:

6. MATERIALI

I materiali impiegati per le opere in oggetto dovranno avere caratteristiche secondo quanto di seguito riportato.

Opere in c.a.

- Calcestruzzo:

strutture in elevazione	R'bk 250 kg/cmq	c =	85 kg/cmq
strutture in fondazione	R'bk 250 kg/cmq (v.par.2.5)	c =	85 kg/cmq
pali di fondazione	R'bk 250 kg/cmq (v.par.2.5)	c =	85 kg/cmq
pulvino	R'bk 300 kg/cmq	c =	97 kg/cmq
soletta	R'bk 300 kg/cmq	c =	97 kg/cmq
impalcati precompressi			
a fili aderenti	R'bk 500 kg/cmq	c =	190 kg/cmq
		i =	240 kg/cmq

- Acciai:

	Feb 38 k (controllato)	s =	2200 kg/cmq
acciaio armonico	Ft ptk =		19000 kg/cmq
per c.a.p.		p =	11400 kg/cmq

Travata metallica

- Acciaio Fe 360 B UNI 7070/82 per pareti e tavolato
- Acciaio Fe 430 C UNI 7070/82 per profilati e lamiere
- Acciaio Fe 430 D UNI 7070/82 per travi ed elementi saldati
- Acciaio Fe 44 B UNI 7356/74 per chiodi
- Acciaio Fe 44 BKB UNI 7356/74 per chiavarde
- Acciaio Fe G 520 UNI 3158/77 in getti per appoggi



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione tecnica descrittiva Indagini
Opere Civili Minori Esistenti

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 RO	OC0000 001	A	9 DI 26

- Grigliato zincato per camminamenti - piatto portante 30x3
piatto secondario 20x3

- Saldature:

Come da "Istruzioni tecniche" circolare 207/4/4 del 17/7/1971 del
servizio lavori e costruzioni F.S..

7. NORMATIVA

Tutte le calcolazioni sono state eseguite nel rispetto della normativa
vigente e delle prescrizioni allegate alla Concessione di Prestazioni
Integrate, sia per quanto riguarda i carichi, le combinazioni di carichi
e le tensioni ammissibili nei materiali.

In particolare si è fatto riferimento:

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di
conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura
metallica".
- Circolare 14 febbraio 1974 del Ministero dei Lavori Pubblici
"Istruzioni per l'applicazione della legge 5 novembre 1971, n. 1086".
- Decreto Ministeriale del 12 febbraio 1982 "Criteri generali per la
verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e
sovraccarichi".
- Circolare 24 maggio 1982 n. 22631 del Ministero dei Lavori Pubblici
"Istruzioni relative ai carichi, ai sovraccarichi ed ai criteri
generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni".
- Decreto Ministeriale 1° aprile 1983 "Norme tecniche per l'esecuzione
delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture
metalliche".
- Istruzioni del Consiglio Nazionale delle Ricerche, CNR UNI 10012-67
"Ipotesi di carico sulle costruzioni".
- Circolare n. 54 LC.6/27215 in data 15 luglio 1945 del Servizio Lavori
e Costruzioni delle Ferrovie e relative tabelle dei sovraccarichi.
- Decreto Ministeriale del 19/6/1984 "Norme tecniche per le costruzioni
in zona sismica".

Si riportano di seguito alcuni stralci degli elaborati grafici del Progetto Esecutivo delle opere in oggetto, dal quale si evincono carpenterie e dettagli costruttivi:

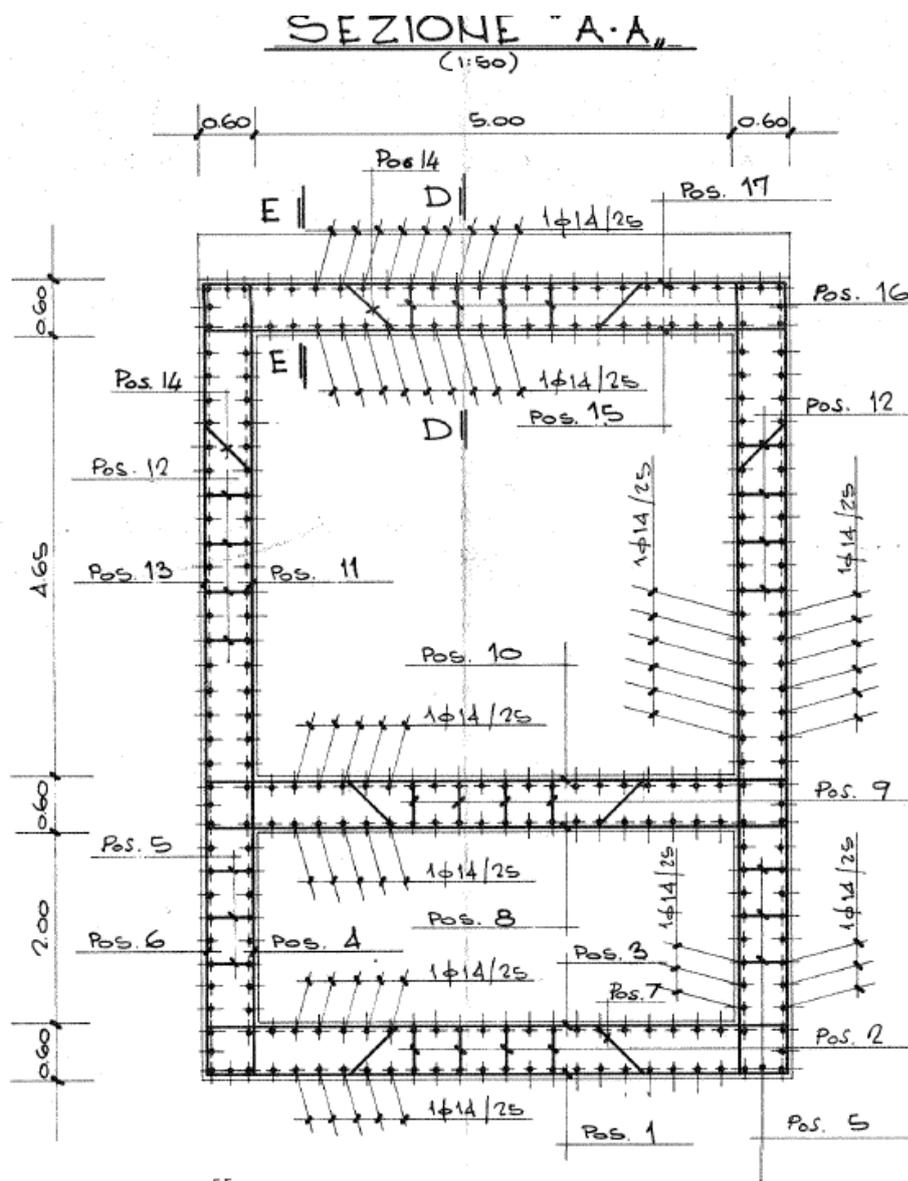


Fig. 1: IN07 - Stralcio distinta delle armature dell'opera

4.2 Rilievo

Al termine dell'esame documentale, sono stati effettuati diversi sopralluoghi tecnici finalizzati, laddove possibile per ragioni di accessibilità, al riscontro in campo dei principali dati metrici e costruttivi dei muri e degli scatolari in esame, in ottemperanza a quanto prescritto dalle norme.

Le immagini seguente mostrano alcune opere analizzate durante i sopralluoghi:



Fig. 4 a)



Fig. 4 b)

Fig. 4 a) e Fig. 4 b): IN07 - Sottovia e tombino (opera su due livelli) al Km 9+936



Fig. 5 a)



Fig. 5 b)

Fig. 5 a) e Fig. 5 b): Rilievo *in situ* dei muri di controripa



Fig. 6 a)



Fig. 6 a)

Fig. 6 a) e Fig. 6 b): SL01 - Sottovia al Km 18+971

4.3 Prove distruttive e non distruttive sulle strutture

Avendo come dati a disposizione gli elaborati progettuali originari, nonché alcuni riscontri sui materiali da costruzione impiegati, ed avendo effettuato *indagini limitate in situ* (verifica per almeno il 15% degli elementi strutturali), si è cercato di raggiungere il più alto grado di

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RO	DOCUMENTO OC0000 001	REV. A	FOGLIO 15 DI 26

conoscenza possibile ovvero **LC3** (con fattore di confidenza $FC = 1,2$) prevedendo una campagna di *prove estese in situ sui materiali*, secondo quanto riportato nella Tabella C.8.5.IV:

Tabella C8.5.IV – 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

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

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

A tale scopo la Tabella C8.5.V della Circolare Esplicativa fornisce dei criteri orientativi per i livelli di rilievo e prova degli edifici in c.a.:

Tabella C8.5.VI – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di acciaio

Livello di Indagini e Prove	Rilievo (dei collegamenti) ^(a)	Prove (sui materiali) ^{(b)(c)(d)}
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro...)	
<i>limitato</i>	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 15% degli elementi	1 provino di acciaio per piano dell'edificio, 1 campione di bullone o chiodo per piano dell'edificio
<i>esteso</i>	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 35% degli elementi	2 provini di acciaio per piano dell'edificio, 2 campioni di bullone o chiodo per piano dell'edificio
<i>esaustivo</i>	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 50% degli elementi	3 provini di acciaio per piano dell'edificio, 3 campioni di bullone o chiodo per piano dell'edificio

NOTE ESPLICATIVE ALLE TABELLE C8.5.V E C8.5.VI

Le percentuali di elementi da indagare ed il numero di provini da estrarre e sottoporre a prove di resistenza riportati nelle Tabelle C8.5.V e C8.5.VI hanno valore indicativo e vanno adattati ai singoli casi, tenendo conto dei seguenti aspetti:

(a) Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per geometria e ruolo uguali nello schema strutturale.

Sulla scorta di quanto indicato nella Nota (a) alla Tabella precedentemente riportata, nel definire la campagna di prove, per i muri oggetto d'indagine si è fatto riferimento alle caratteristiche di ripetitività strutturale e dei materiali previsti. Per quanto riguarda gli scatolari IN07 e SL01, si è fatto riferimento oltre alla Circolare Esplicativa, quanto riportato nel Manuale di Progettazione delle Opere Civili (al punto 2.12.2.3.4.4).

Ne è scaturita la campagna di indagine riportata nel seguito per le singole opere. Si è scelto di operare in tal senso per analogia a quanto effettuato in sede di Collaudo Statico di opere simili presenti sulla tratta Ferrandina-Matera.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RO	DOCUMENTO OC0000 001	REV. A	FOGLIO 16 DI 26

❖ **Muri di controripa MU51 e MU52**

- ✓ **Rilievo geometrico dell'opera**, comprensivo di controlli visivi e strumentali.
- ✓ **Indagini *in situ* non distruttive**: Campagna sclerometrica + pacometrica in tre maglie eseguite a circa 10 m dall'inizio e dalla fine dell'opera e a circa metà lunghezza dell'opera stessa. Nel dettaglio, per ogni muro:

Prova sclerometrica eseguita attraverso una griglia di 4 battute orizzontali longitudinali, distanti 50 cm l'una dall'altra, ad un'altezza dal piano campagna di circa 150 cm; una griglia di 4 battute orizzontali longitudinali, distanti 50 cm l'una dall'altra e distanziate dalle prime in altezza di circa 60 cm; una griglia di 4 battute orizzontali longitudinali, distanti 50 cm l'una dall'altra ed ulteriormente distanziate dalle prime verso il basso di 60 cm. La prova è stata eseguita in tre punti del muro: a 10 m circa dall'inizio dell'opera, a circa metà lunghezza dell'opera e a 15 m circa dalla fine dell'opera.

Prova pacometrica nelle stesse aree di intervento delle prove sclerometriche.

- ✓ **N.2 Indagini distruttive a carotaggio continuo, per ogni muro**: eseguite a circa 10 m dall'inizio del muro e a circa metà lunghezza dell'opera, ad un'altezza di circa 150 cm dal piano campagna.

Prelievo di campioni di cls successive prove di laboratorio: prelievo di n.2 carote;

Prelievo di n.2 campioni di armatura e successive prove di laboratorio.

❖ **IN07 Tombino e sottovia alla pk 9+936 L.S.**

L'indagine strumentale ha riguardato solamente la porzione di opera afferente al sottovia in quanto, la parte relativa al tombino è risultata non accessibile.

- ✓ **Rilievo geometrico dell'opera**, comprensivo di controlli visivi e strumentali.
- ✓ **Indagini *in situ* non distruttive**: Campagna sclerometrica + pacometrica eseguita sulla soletta superiore della struttura e sui piedritti (porzione afferente al sottovia, di seguito indicati come Spalla A e Spalla B per analogia alla denominazione dell'esecutore delle prove). Nel dettaglio:

Indagine sclerometrica: la prova è stata eseguita attraverso una griglia di 4 battute orizzontali longitudinali, distanti 50 cm l'una dall'altra, ad un'altezza dal piano campagna di circa 150 cm; una griglia di 4 battute orizzontali longitudinali, distanti 50 cm l'una dall'altra e distanziate dalle prime in altezza di circa 60 cm; una griglia di 4 battute orizzontali longitudinali, distanti 50 cm l'una dall'altra ed ulteriormente distanziate dalle prime verso il basso di 60 cm.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RO	DOCUMENTO OC0000 001	REV. A	FOGLIO 17 DI 26

Prova pacometrica: eseguite sui piedritti (Spalla A e Spalla B), soletta superiore e in corrispondenza di un nodo soletta-piedritto.

- ✓ **Indagini distruttive a carotaggio continuo**: per ogni elemento strutturale investigabile si è effettuato un carotaggio continuo

Prelievo di campioni di cls: n.3 carote e successive prove di laboratorio

Prelievo di n.3 campioni di armatura (soletta e piedritto) e successive prove di laboratorio

❖ **SL01 Sottovia alla pk 18+971 L.S.**

- ✓ **Rilievo geometrico dell'opera**, comprensivo di controlli visivi e strumentali.
- ✓ **Indagini in situ non distruttive**: Campagna sclerometrica + pacometrica eseguita sulla soletta superiore e su piedritto a circa 10 m dall'inizio e dalla fine dell'opera e a circa metà lunghezza dell'opera stessa. Nel dettaglio:

Indagine sclerometrica: la prova è stata eseguita sul paramento verticale (piedritto) attraverso una griglia di 4 battute orizzontali longitudinali, distanti circa 50 cm l'una dall'altra, ad un'altezza dal piano campagna di circa 150 cm; una griglia di 4 battute orizzontali longitudinali, distanti 50 cm l'una dall'altra e distanziate dalle prime in altezza di circa 60 cm; una griglia di 4 battute orizzontali longitudinali, distanti 50 cm l'una dall'altra ed ulteriormente distanziate dalle prime verso il basso di 60 cm.

La prova è stata condotta in tre punti del sottopasso: a circa 10 m circa dall'inizio dell'opera, a circa metà lunghezza dell'opera e a 10 m circa dalla fine dell'opera.

Prova pacometrica: Le sezioni oggetto di indagine sono, come per le prove sclerometriche, ovvero a circa 10 m circa dall'inizio dell'opera, a circa metà lunghezza dell'opera e a 10 m circa dalla fine dell'opera.

- ✓ **Indagini distruttive a carotaggio continuo**: in totale 3 prove per la soletta superiore, 3 per il piedritto lato Matera e 3 per il piedritto lato Ferrandina effettuate, rispettivamente, a 10 m circa dall'inizio dell'opera, a circa metà lunghezza dell'opera e a 10 m circa dalla fine dell'opera.
Per ogni sezione carotaggio ad un'altezza di circa 150 cm dal p.c. o estremità dell'elemento strutturale.

Prelievo di campioni di cls: n.9 carote totali e successive prove di laboratorio

Prelievo di n.12 campioni di armatura (soletta e piedritti) e successive prove di laboratorio

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
<p>Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti</p>	<p>PROGETTO IA5F</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA D 78 RO</p>	<p>DOCUMENTO OC0000 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 18 DI 26</p>

4.4 Indagini in fondazione

Nell'ambito dello sviluppo della Progettazione Definitiva è stata condotta accurata ed estesa caratterizzazione geologico-geotecnica dell'intera tratta Ferrandina-Matera. Per la definizione delle condizioni stratigrafiche e modello di sottosuolo dei siti ove insistono le opere in esame si rimanda agli elaborati specialistici di settore.

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>				
<p>Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti</p>	<p>PROGETTO IA5F</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA DOCUMENTO D 78 RO OC0000 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 19 DI 26</p>

5 LIVELLO DI CONOSCENZA CONSEGUITO

Sulla base delle informazioni acquisite sulla geometria e sui dettagli costruttivi delle opere in esame, nonché sulle proprietà meccaniche dei materiali investigati, avendo a disposizione gli elaborati progettuali originali, completi di alcuni riscontri sui materiali da costruzione utilizzati dell'epoca, risulterebbe possibile considerare di aver raggiunto un livello di conoscenza delle strutture esistenti **LC3**.

Purtuttavia, a vantaggio di sicurezza si considera di aver conseguito per le Opere Civili Minori oggetto della presente relazione, il livello di conoscenza **LC2** (adeguato) a cui corrisponde il Fattore di Confidenza **FC=1.2**, ai sensi di quanto previsto dalla Circolare Esplicativa al §C8.5.4.2.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RO	DOCUMENTO OC0000 001	REV. A	FOGLIO 20 DI 26

6 CARATTERIZZAZIONE MATERIALI ESISTENTI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali in sito sono state definite in ottemperanza a quanto riportato dalla Circolare del 11.02.2019 al §C8.5.3.2 - *Costruzioni di calcestruzzo armato o acciaio*, di cui se ne riporta stralcio di seguito:

C8.5.3.2 COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO ARMATO O ACCIAIO

I valori delle caratteristiche meccaniche dei materiali prescindono dalle classi discretizzate previste nelle NTC.

Per definire le caratteristiche meccaniche dei materiali è possibile riferirsi anche alle norme dell'epoca della costruzione.

Calcestruzzo: si fa riferimento alle Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera, del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici .

Acciaio: la misura delle caratteristiche meccaniche si ottiene, in generale, mediante estrazione di campioni 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.

6.1 Calcestruzzo in sito

Le valutazioni sui parametri meccanici del calcestruzzo sono state effettuate in riferimento a quanto previsto dalle "Linee Guida per la Valutazione delle Caratteristiche del Calcestruzzo in Opera" (nel seguito LLGGCLS) redatte dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, e riprese anche all'interno del §C11.2.6 - *Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera* della stessa Circolare 2019.

Nel seguito si specifica quanto considerato nel caso dell'opera esistente SL01 – sottopasso alla pk 18+971, dove è stato possibile effettuare una campagna di indagine sui materiali più estesa. Difatti, oltre al conforto dei risultati delle prove non distruttive, per la struttura in oggetto, il numero totale di provini di forma cilindrica (carote) estratti e sottoposti a prova di compressione in laboratorio è pari a 9.

Come indicato all'interno delle LLGGCLS, la resistenza alla compressione della singola carota deve essere corretta per tenere in conto della penalizzazione indotta dalla riduzione in quota parte del contributo proveniente dagli aggregati presenti sulla superficie laterale della carota stessa. Per tenere conto di questo fenomeno quindi la resistenza strutturale di ciascuna carota si ottiene moltiplicando il valore ottenuto dalla prova di compressione per un fattore correttivo detto F_d (Fattore di disturbo) e il cui valore dipende dalla resistenza a compressione della carota stessa (il fenomeno prima descritto tende a minimizzarsi per calcestruzzi di classe di resistenza elevata e si riduce al crescere della dimensione massima degli aggregati presenti).

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RO	DOCUMENTO OC0000 001	REV. A	FOGLIO 21 DI 26

Tabella del fattore di disturbo in funzione della resistenza a compressione delle carote ($h/d=1$; $d=100$ mm)

f_{carota} [N/mm ²]	10	20	25	30	35	40
F_d	1.10	1.09	1.08	1.06	1.04	1.00

Nel caso in esame, disponendo di carote il cui rapporto $h/d=2$, l'applicazione del fattore di disturbo permette la valutazione della resistenza cilindrica strutturale di ciascuna carota:

$$f_{carota} * F_d = f_{c,is} \quad \text{nel caso di provini ottenuti da carote con rapporto } h/d=2$$

Una volta determinata la resistenza strutturale di ciascuna carota si può determinare la resistenza caratteristica in sito $f_{ck,is}$ secondo quanto indicato nelle LLGGCLS:

Pertanto, in presenza di carote correttamente estratte e caratterizzate da un rapporto $h/d=2$ quando si intende ricavare la resistenza cilindrica e da un rapporto $h/d=1$ quando si intende ricavare la resistenza cubica, la resistenza caratteristica strutturale in situ si determina come indicato nel seguito:

a) numero delle carote prelevate maggiore o eguale a 15

la resistenza cilindrica (cubica) caratteristica in sito $f_{ck,is}$ ($R_{ck,is}$) è il valore inferiore tra:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1.48 * s$$

$$f_{ck,is} = f_{is, lowest} + 4$$

dove:

n = numero di campioni prelevati

$f_{m(n),is}$ = valore medio della resistenza a compressione degli n campioni (rammentando che per ciascun campione (i), la resistenza $f_{(i)}$ deve essere moltiplicata per il relativo Fattore di disturbo $F_{d(i)}$)

$f_{is, lowest}$ = valore minore fra le resistenze degli n campioni

s = scarto quadratico medio

b) numero delle carote compreso tra 4 e 14

la resistenza cilindrica (cubica) caratteristica in sito $f_{ck,is}$ ($R_{ck,is}$) è il valore inferiore tra:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k$$

$$f_{ck,is} = f_{is, lowest} + 4$$

dove:

$k = 5$ per n (numerosità dei campioni prelevati) compreso tra 10 e 14

$k = 6$ per n compreso tra 7 e 9

$k = 7$ per n compreso tra 4 e 6 (caso da prendere in considerazione solo per opere di particolare semplicità).

In quest'ultimo caso l'uso del coefficiente k rappresenta un approccio forfettario che consente di "pesare" il valore medio della resistenza cilindrica (su carota) in funzione della numerosità dei campioni utilizzati e quindi in funzione dell'affidabilità del controllo stesso (la cui programmazione è responsabilità del Direttore dei Lavori).

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RO	DOCUMENTO OC0000 001	REV. A	FOGLIO 22 DI 26

Nella fattispecie in esame si ricade all'interno del caso b, con $k=6$.

La determinazione della resistenza caratteristica in sito permette la valutazione del calcestruzzo in opera e l'eventuale accettazione rispetto ai requisiti di progetto, infatti secondo quanto riportato al §C11.2.6:

Determinato il valore della resistenza caratteristica strutturale in opera, la norma stabilisce che è accettabile un valore della predetta resistenza caratteristica, non inferiore all'85% del valore della resistenza caratteristica assunta in fase di progetto. Evidentemente il confronto fra i suddetti valori deve essere effettuato o utilizzando sempre la resistenza cilindrica o utilizzando sempre la resistenza cubica.

Nel caso in esame essendo il calcestruzzo previsto con $R_{ck}=25 \text{ N/mm}^2$ ($f_{ck}=20.75 \text{ N/mm}^2$), deve risultare $f_{ck, is} > 17.64 \text{ N/mm}^2 = 0.85f_{ck}$.

L'analisi dei risultati delle prove eseguite, riportate nella tabella sottostante, porta all'accettazione del calcestruzzo in opera rispetto ai requisiti di progetto.

SL01 - SOTTOPASSO pk 18+971				
ELEMENTO	Contrassegno	f_{carota} [N/mm ²]	F_d	$f_{c, is}$ [N/mm ²]
soletta 10 m da dx	C61B	55,70	1,00	55,70
soletta 31.9 m da sx	C62A	40,90	1,00	40,90
muro lato Ferrandina 10 m da imbocco sx	C63A	27,30	1,07	29,23
muro lato Matera 10 m da imbocco sx	C64A	39,10	1,01	39,38
muro lato Matera 32 m da imbocco sx	C65A	28,30	1,07	30,19
muro lato Ferrandina 32 m da imbocco dx	C66B	30,30	1,06	32,08
soletta 10 m da sx	C67A	53,60	1,00	53,60
muro lato Ferrandina 10 m da imbocco sx	C68A	33,30	1,05	34,86
muro lato Matera 10 m da imbocco dx	C69B	20,90	1,09	22,74

$f_{m(n), is}$ [N/mm ²]	$f_{ck, is}$ [N/mm ²]
37,63	26,74

La resistenza cilindrica media in sito, alla quale applicare il fattore di confidenza FC, in base al livello di conoscenza raggiunto, è dunque pari al valore:

$$f_{m(n), is} = 37.63 \text{ N/mm}^2$$

ricavando per il caso in esame, dove come esposto in precedenza $FC=1,2$ (in quanto si considera LC2):

$$f_{cd, is} = 37.63 / 1.2 = 31.36 \text{ N/mm}^2$$



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione tecnica descrittiva Indagini
Opere Civili Minori Esistenti

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 RO OC0000 001 A 23 DI 26

Le tabelle di seguito riportate sintetizzano i risultati ottenuti per le altre opere oggetto di indagini:

IN07 - SOTTOVIA pk 9+936				
ELEMENTO	Contrassegno	f_{carota} [N/mm ²]	F_d	$f_{c,is}$ [N/mm ²]
SPALLA A	C54	30,30	1,06	32,08
SPALLA B	C55	38,00	1,02	38,61
SOLETTA	C56	19,30	1,09	21,05

$f_{m(n),is}$ [N/mm ²]	$f_{ck,is}$ [N/mm ²]
30,58	23,58

MU51 - MURO IN SX pk da 8+690 a 8+915				
ELEMENTO	Contrassegno	f_{carota} [N/mm ²]	F_d	$f_{c,is}$ [N/mm ²]
12 m da imbocco lato Matera	C58	22,30	1,09	24,20
75 m da imbocco lato Matera	C59	25,70	1,08	27,68

$f_{m(n),is}$ [N/mm ²]	$f_{ck,is}$ [N/mm ²]
25,94	18,94

MU52 - MURO IN DX pk da 8+690 a 8+915				
ELEMENTO	Contrassegno	f_{carota} [N/mm ²]	F_d	$f_{c,is}$ [N/mm ²]
12 m da imbocco lato Matera	C57	21,90	1,09	23,79
75 m da imbocco lato Matera	C60	23,50	1,08	25,45

$f_{m(n),is}$ [N/mm ²]	$f_{ck,is}$ [N/mm ²]
24,62	17,62



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

Relazione tecnica descrittiva Indagini
Opere Civili Minori Esistenti

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 RO OC0000 001 A 24 DI 26

6.2 Acciaio

Per le caratteristiche meccaniche delle barre di armatura da considerare, si riporta un estratto della tabella riassuntiva dei risultati delle prove effettuate:

N°	Diametro nominale mm	Contrassegno	Data esecuzione prova	Sezione resistente mm ²	Allungamento percentuale	Tensione di snervamento f _y N/mm ²	Tensione di rottura f _t N/mm ²	Peso unitario kg/m	MARCHIO	PROVENIENZA	Prova di Piegamento/Raddrizzamento	
											Esito	Mandriano
57	14	A57	17/07/2019	150,1	21,0	565,5	649,5	1,178	NON RILEVABILE BARRA A.M.	MURO IN DX 12 M DA IMBOCCO	ASSENZA DI CRICCHE	84
58	12	A58	17/07/2019	112,4	21,5	556,8	648,5	0,883	NON RILEVABILE BARRA A.M.	MURO IN SX 12 M DA IMBOCCO	ASSENZA DI CRICCHE	36
59	12	A59	17/07/2019	112,0	23,0	554,4	625,8	0,879	NON RILEVABILE BARRA A.M.	MURO IN SX 75 M DA IMBOCCO	ASSENZA DI CRICCHE	36
60	12	A60	17/07/2019	112,0	18,8	581,2	649,0	0,879	NON RILEVABILE BARRA A.M.	MURO IN DX 75 M DA IMBOCCO	ASSENZA DI CRICCHE	36
61	16	A61	17/07/2019	204,4	25,6	539,6	635,4	1,605	NON RILEVABILE BARRA A.M.	SOLETTA SOTTOPASSO 10 M DA DX PK 18+971	ASSENZA DI CRICCHE	96
62	16	A62	17/07/2019	199,3	20,4	536,4	631,3	1,564	NON RILEVABILE BARRA A.M.	SOLETTA SOTTOPASSO MEZZERIA PK 18+971	ASSENZA DI CRICCHE	96
63	20	A63	17/07/2019	304,9	18,1	606,4	735,3	2,394	NON RILEVABILE BARRA A.M.	SOLETTA MURO LATO FERRANDINA 10 M DA DX PK 18+971	ASSENZA DI CRICCHE	160
64	20	A64	17/07/2019	306,2	19,5	608,1	731,8	2,404	NON RILEVABILE BARRA A.M.	MURO LATO MATERA 10 M DA DX	ASSENZA DI CRICCHE	160
65	20	A65	17/07/2019	315,8	18,1	528,5	630,5	2,479	NON RILEVABILE BARRA A.M.	MURO LATO MATERA 32 M DA DX	ASSENZA DI CRICCHE	160
66	20	A66	17/07/2019	314,4	19,7	531,5	633,9	2,468	NON RILEVABILE BARRA A.M.	MURO LATO FERRANDINA 32 M DA DX	ASSENZA DI CRICCHE	160
67	20	A67	17/07/2019	325,1	18,5	542,1	607,0	2,552	NON RILEVABILE BARRA A.M.	SOLETTA SOTTOPASSO 10 M DA SX PK 18+971	ASSENZA DI CRICCHE	160
68	20	A68	17/07/2019	314,0	19,3	533,0	647,7	2,465	NON RILEVABILE BARRA A.M.	MURO SOTTOPASSO 10 M DA SX PK 18+971	ASSENZA DI CRICCHE	160

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RO	DOCUMENTO OC0000 001	REV. A

54	20	A54	17/07/2019	316,3	17,5	509,4	680,8	2,483	NON RILEVABILE BARRA A.M.	SPALLA A SOTTOVIA PK 9+936	ASSENZA DI CRICCHE	160
55	20	A55	17/07/2019	318,2	19,1	523,3	709,7	2,498	NON RILEVABILE BARRA A.M.	SPALLA B SOTTOVIA PK 9+936	ASSENZA DI CRICCHE	161
56	20	A56	17/07/2019	318,1	18,8	548,2	673,9	2,497	NON RILEVABILE BARRA A.M.	SOLETTA SOTTOVIA PK 9+936	ASSENZA DI CRICCHE	161

Inoltre, le prove penetrometri che condotte confermano i diametri e i passi delle armature previste nel progetto originario dell'opera.

A favore di sicurezza e sulla base del numero ridotto di prove si assumono le caratteristiche dell'acciaio di progetto FeB38K, assumendo:

Tensione di snervamento dell'Acciaio $f_{yk} = 375 \text{ N/mm}^2$

Tensione ultima dell'Acciaio $f_{tk} = 450 \text{ N/mm}^2$

a cui verranno applicati i seguenti coefficienti riduttivi sulla base del tipo di verifiche da effettuare:

- Coefficiente di sicurezza per meccanismi duttili:

$$\gamma_s = 1$$

- Coefficiente di sicurezza per meccanismi fragili:

$$\gamma_s = 1.15$$

Anche in questo caso i valori di resistenza ottenuti sono decurtati del Fattore di Confidenza assunto.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione tecnica descrittiva Indagini Opere Civili Minori Esistenti	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 RO	DOCUMENTO OC0000 001	REV. A	FOGLIO 26 DI 26

7 APPROCCIO GENERALE PER LE OPERE CIVILI MINORI

Sulla base di quanto esposto in precedenza, in assenza di indagini (distruttive e non distruttive) su tutte le strutture esistenti, sulla scorta dei dati ottenuti sulle opere investigate di cui alla presente Relazione, cautelativamente per le Opere Civili Minori Esistenti è stata adottata la metodologia riportata nel seguito per la valutazione della resistenza media del calcestruzzo in sito.

Tutte le opere di interesse sono state realizzate con gli standard di riferimento propri delle opere d'arte delle linee ferroviarie, il cui intero ciclo realizzativo è stato sottoposto ad Alta Sorveglianza nonché a controlli di accettazione in corso d'opera, che non hanno riscontrato non conformità registrate. D'altra parte, per tutte le opere che non sono state oggetto d'indagine, risulta redatto Certificato di Collaudo Statico ai sensi delle normative vigenti all'epoca della realizzazione.

Tutto ciò considerato, nulla osta a considerare che il calcestruzzo in opera presenti i requisiti minimi per l'accettazione dei materiali da costruzione.

In quest'ottica, si assume di considerare come resistenza caratteristica in sito, il valore minimo previsto come accettabile dalle attuali norme vigenti, pertanto si pone:

$$f_{ck, is} = 0.85 * f_{ck} = 0.85 * 20 = 17 \text{ N/mm}^2$$

Il valore medio della resistenza in sito cui applicare il fattore di confidenza FC si ottiene in accordo a quanto previsto dalle NTC2018 §11.2.20.1:

Sempre in sede di previsioni progettuali, è possibile passare dal valore caratteristico al valor medio della resistenza cilindrica mediante l'espressione

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad [11.2.2]$$

ovvero:

$$f_{cm, is} = f_{ck, is} + 8 = 25 \text{ N/mm}^2$$

Considerando a vantaggio di sicurezza, di aver acquisito per le opere civili minori un livello di conoscenza **LC1** (cui corrisponde un fattore di confidenza **FC=1.35**), ne deriva che la resistenza dei materiali cui riferirsi è:

$$f_c = f_{cm, is} / FC = 25 / 1.35 = 18.52 \text{ N/mm}^2$$