

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



LINEA FERROVIARIA CATANIA C.LE - GELA

TRATTA FERROVIARIA CALTAGIRONE - GELA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

S.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA SUD

RIPRISTINO TRATTA CALTAGIRONE - GELA

LOTTO 2: RIPRISTINO TRATTA NISCEMI - GELA

INDAGINI E RILIEVI OPERE D'ARTE ESISTENTI

Relazione tecnica sulle indagini strutturali – IN04 – Ponticello al km 339+697

SCALA:

-

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

RS6K 00 R 78 PR IN0400 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	N. Gruffadauria	Mag. 2022	M.B. Di Prima	Mag. 2022	P. Mosca	Mag. 2022	F. Sacchi Mag. 2022

ITALFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Divisione Tecnica  
S.O. Progettazione Integrata e Field Engineering  
Dott. Ing. Francesco Sacchi N2  
Ordine degli Ingegneri Stato di Roma n. 23179/Str. R

File: RS6K00R78PRIN0400001A.doc

n. Elab.:



P.I.V.A.: 01479620856

C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. - di Caltanissetta: 01754820874

Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.

Laboratorio: Via Libero Grassi,7  
(Area Industriale Calderaro)  
C.P. 287 - 93100 Caltanissetta  
Tel.: 0934 565012  
Fax.: 0934 575422  
e-mail: [info@sidercem.it](mailto:info@sidercem.it)  
pec: [sidercem@legalmail.it](mailto:sidercem@legalmail.it)  
web: [www.sidercem.it](http://www.sidercem.it)

Timbro a secco



**Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8**

**Committente:** Italferr S.p.A.  
**Direttore Esecuzione Contratto:** ing. Stefano Ballerini  
**Referente di Contratto:** ing. Francesco Sacchi

**Ponte ad arco al km 339+697**

**Indagini strutturali**



Prott.nn.	Rev.	Indagini	Emissione	Redazione (UT)	Verifica (RLB)	Approvazione (RSQ)
C-DIA-A 5054	A	04/02/2022	06/04/2022	dott. Ing. Angelo Pirrera	dott. ing. Nicola Gruttadauria	dott. Ing. Vincenzo Arena

Rev. A  
Data: 05/04/2022

Rapporto Finale  
INDAGINI STRUTTURALI

## Rapporto Finale INDAGINI STRUTTURALI

Opera

**Ponticello al km 339+697**



UTM ED50 - Fuso 33 S

447420.00 m E - 4108468.00 m N

Rev. A  
Data: 05/04/2022

Rapporto Finale  
INDAGINI STRUTTURALI

## Rapporto Finale INDAGINI STRUTTURALI

Denominazione opera:	<i>Ponticello al km 339+697</i>
Tipologia:	<i>Ponte ad arco in calcestruzzo con spalle in muratura</i>
n. campate:	<i>1</i>
Linea:	<i>Caltagirone - Gela</i>
Progr.va [km]:	<i>339+697</i>
Comune:	<i>Niscemi (CL)</i>



 <p><b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8</p>	
<p>Rev. A Data: 05/04/2022</p>	<p><b>Rapporto Finale</b> <b>INDAGINI STRUTTURALI</b></p>	

<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>A. Indagini sulle strutture</b> .....	<b>5</b>
<b>A.1. Microcarotaggi</b> .....	<b>6</b>
<b>A.2. Carotaggi</b> .....	<b>7</b>
<b>A.3. Prove con Martinetti piatti</b> .....	<b>8</b>
<b>A.3.a Martinetto doppio</b> .....	<b>8</b>
<b>A.3.b Calibrazione del martinetto</b> .....	<b>9</b>
<b>A.3.b.1 Procedimento sperimentale di calibrazione</b> .....	<b>9</b>
<b>A.3.c Attrezzatura per il taglio</b> .....	<b>10</b>
<b>A.3.d Misura delle deformazioni</b> .....	<b>10</b>
<b>A.3.e Pompa idraulica manuale</b> .....	<b>11</b>
<b>A.3.f Cenni teorici</b> .....	<b>12</b>
<b>A.3.g Caratteristiche deformabilità - martinetto doppio</b> .....	<b>13</b>
<b>A.4. Indagine magnetometriche</b> .....	<b>15</b>
<b>B. Prove laboratorio</b> .....	<b>16</b>
<b>B.1. Determinazione del modulo elastico dinamico da ultrasuoni e carotaggio</b>	<b>16</b>
<b>B.2. Determinazione della resistenza a compressione di carote di calcestruzzo</b>	<b>18</b>
<b>ALLEGATI</b> .....	<b>19</b>
<b>A. Schema ubicazione indagini</b>	
<b>B. Stratigrafie microcarotaggi</b>	
<b>C. Prove con martinetto piatto doppio</b>	
<b>D. Indagini magnetometriche con pacometro</b>	
<b>E. Indagini ultrasoniche</b>	
<b>F. Determinazione massa volumica e resistenza a compressione</b>	
<b>G. Documentazione fotografica</b>	

**PREMESSA**

Nella giornata del 4 febbraio 2022, su incarico di Italferr nell'ambito delle "Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela", la scrivente **SIDERCEM s.r.l. - Istituto di Ricerca e Sperimentazione**, ha provveduto ad effettuare una campagna di indagini diagnostiche sull'opera:

**Ponticello al km 339+697**

L'indagine ha comportato l'esecuzione delle seguenti attività:

**Indagini sulle Strutture**

- ✓ n. 7 microcarotaggi continui (Dmin = 40 mm) [UNI EN 12504-1] così distribuiti:
  - ✓ n. 1 in chiave all'arco;
  - ✓ n. 1 sul rene dell'arco;
  - ✓ n. 1 sul timpano lato valle lato monte;
  - ✓ n. 1 orizzontali, eseguiti in corrispondenza della spalla lato Caltagirone;
  - ✓ n. 3 sub-verticali od obliqui, eseguiti sulla fondazione della spalla lato Gela;
- ✓ n. 1 Prova con martinetto piatto doppio in corrispondenza della spalla lato Caltagirone.
- ✓ n. 3 prelievi di carote in calcestruzzo (Dmin = 100 mm) [UNI EN 12504-1];
- ✓ n. 1 indagine magnetometrica con pacometro [BS 1881-204:1998];

**Prove di laboratorio**

- ✓ n. 3 prove di compressione con massa volumica su carota [UNI EN 12390-3 - UNI EN 12390-7];
- ✓ n. 3 prove di determinazione del modulo elastico dinamico da ultrasuoni e carotaggio [UNI EN 12504-4 - UNI 9524].

Nel seguito si riportano sinteticamente le attività svolte, per il cui dettaglio si rimanda agli allegati alla presente.

	Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8	
Rev. A Data: 05/04/2022	Rapporto Finale INDAGINI STRUTTURALI	

## A. Indagini sulle strutture

Conformemente al piano d'indagine elaborato dalla scrivente ed approvato dalla Committenza, si riportano riepilogo ed ubicazioni secondo le convenzioni stabilite.

Tab. A.a - Ubicazione indagini

Sigla	Ubicazione
C1	Ponte al km 339+697 - Arco - a 0,70 m da imposta arco, a 9,40 m da imbocco lato valle
C2	Ponte al km 339+697 - Arco - chiave in asse, a 9,30 m da imbocco lato valle
C3	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Gela - a 0,45 m da estradosso cordolo, a 0,23 m da muro d'ala, lato monte
C4	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Caltagirone - a 1,00 m da imposta d'arco, a 7,50 m da imbocco lato valle
C6	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Caltagirone - a 1,80 m da imposta d'arco, a 6,80 m da imbocco lato valle
C7	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Caltagirone - a 1,80 m da imposta d'arco, a 6,80 m da imbocco lato valle
C8	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Caltagirone - a 1,90 da imposta d'arco, a 7,50 m da imbocco lato valle
CC1	Ponte al km 339+697 - Arco - a 0,70 m da imposta arco, a 9,40 m da imbocco lato valle
CC2	Ponte al km 339+697 - Arco - chiave in asse, a 9,30 m da imbocco lato valle
CC3	Ponte al km 339+697 - Arco faccia lato monte - a 0,90 m da estradosso cordolo, a 0,43 m da muro d'ala, lato monte
MPD1	Opera al km 339+697 - spalla lato Caltagirone a 4,00 m da imbocco lato monte

Di seguito - dopo una descrizione di dettaglio delle attività esperite - si riepilogheranno i dati rilevati.

### A.1. Microcarotaggi

Il carotaggio consiste nel prelievo di campioni cilindrici (*carote*), mediante carotatrici a corona diamantata con raffreddamento ad acqua e dispositivo di fissaggio alla parete da carotare.

Il prelievo di carote dalle strutture in opera è stato eseguito secondo le indicazioni della norma UNI 12504-1, secondo cui il criterio fondamentale da adottare nella fase di estrazione è quello di arrecare il minimo danneggiamento al campione.

Ad ogni operazione di estrazione, la carotatrice è stata adeguatamente ancorata in modo che durante l'avanzamento, non subisse vibrazioni tali da danneggiare il campione consentendo l'estrazione a diametro costante ed asse rettilineo.

Dalle strutture sono state prelevate complessivamente n°7 carote (*diametro  $\Phi$  50 mm*) le cui ubicazioni sono illustrate dalla tabella seguente.

Fig. A.1-a - Estrazione della carota C4



Tab. A.1.a- Riepilogo ubicazione e dati rilevati - Microcarotaggi

Sigla Carotaggio	Ubicazione	Profondità
		[mm]
C1	Ponte al km 339+697 - Arco - a 0,70 m da imposta arco, a 9,40 m da imbocco lato valle	650
C2	Ponte al km 339+697 - Arco - chiave in asse, a 9,30 m da imbocco lato valle	550
C3	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Gela - a 0,45 m da estradosso cordolo, a 0,23 m da muro d'ala, lato monte	1000
C4	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Caltagirone - a 1,00 m da imposta d'arco, a 7,50 m da imbocco lato valle	1200
C6	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Caltagirone - a 1,80 m da imposta d'arco, a 6,80 m da imbocco lato valle	1850
C7	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Caltagirone - a 1,80 m da imposta d'arco, a 6,80 m da imbocco lato valle	2000
C8	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Caltagirone - a 1,90 m da imposta d'arco, a 7,50 m da imbocco lato valle	2150

Per il dettaglio delle stratigrafie e dei dati rilevati, si rimanda all' allegato B.

## A.2. Carotaggi

Il carotaggio consiste nel prelievo di campioni cilindrici (*carote*), mediante carotatrici a corona diamantata con raffreddamento ad acqua e dispositivo di fissaggio alla parete da carotare.

Il prelievo di carote dalle strutture in opera è stato eseguito secondo le indicazioni della norma UNI EN 12804-1, secondo cui il criterio fondamentale da adottare nella fase di estrazione è quello di arrecare il minimo danneggiamento al campione.

Ad ogni operazione di estrazione, la carotatrice è stata adeguatamente ancorata in modo che durante l'avanzamento, non subisse vibrazioni tali da danneggiare il campione consentendo l'estrazione a diametro costante ed asse rettilineo.

Dalle strutture sono state prelevate complessivamente n°3 carote (diametro  $\Phi$  100 mm) le cui ubicazioni sono illustrate dalla tabella seguente.

Tab. A.2.a - Riepilogo ubicazione e dati rilevati (diametri  $\Phi$ 100 mm).

Sigla	Ubicazione	Lunghezza [mm]
CC1	Ponte al km 339+697 - Arco - a 0,70 m da imposta arco, a 9,40 m da imbocco lato valle	300
CC2	Ponte al km 339+697 - Arco - chiave in asse, a 9,30 m da imbocco lato valle	370
CC3	Ponte al km 339+697 - Arco faccia lato monte - a 0,90 m da estradosso cordolo, a 0,43 m da muro d'ala, lato monte	270

Per il dettaglio dei dati rilevati alle prove di laboratorio, si rimanda agli allegati E e F.

Fig. A.2-a - Fase di prelievo della carota CC2



### A.3. Prove con Martinetti piatti

Tra le informazioni chiave nello studio delle murature vi è la conoscenza delle condizioni di equilibrio, degli sforzi e della resistenza ai carichi. La corretta valutazione delle caratteristiche meccaniche e tensionali di una muratura è indispensabile per procedere alle successive fasi di progetto, ad esempio per:

- definire il grado di sicurezza e le potenzialità in caso di nuove condizioni di utilizzo;
- qualificare eventuali sovraccarichi indotti nelle murature;
- programmare adeguati interventi di consolidamento.

In tale ambito si è collocata la prova con i martinetti piatti, che consente di ottenere sperimentalmente dati significativi, ed in particolare lo stato tensionale di esercizio, la resistenza a compressione ed il modulo di deformabilità di una muratura.

Il programma di prove ha comportato l'esecuzione di una misura con martinetto piatto singolo ed una con martinetto piatto doppio, le cui ubicazioni sono riportate nell'allegato A.

Di seguito si riportano alcuni dettagli di tale metodica di prova.



#### A.3.a Martinetto doppio

La tecnica si basa sul principio della prova di compressione monoassiale. Inserendo un secondo martinetto parallelo al primo e distante da esso circa 50 cm, la muratura compresa tra i due tagli costituirà un campione indisturbato e con dimensioni sufficienti tali da essere rappresentativo della muratura esaminata. I cicli di carico, applicati mediante la pompa oleodinamica, sono eseguiti mettendo in pressione simultaneamente i martinetti; le deformazioni assiali e trasversali si leggono con un deformometro removibile di precisione ed i relativi grafici sforzo-deformazione forniscono i moduli di deformabilità della muratura ai vari livelli di sollecitazione.



Dopo questi brevi cenni, di seguito si riportano i dettagli delle procedure necessarie per eseguire, a perfetta regola d'arte, la prova.

### A.3.b Calibrazione del martinetto

Un martinetto piatto ha una propria rigidità che si oppone all'espansione quando viene gonfiato; essa è dovuta alla resistenza del metallo alla flessione, in modo particolare al contorno ed all'azione di diaframma dell'acciaio quando si espande. Perciò la pressione del liquido di misura nel martinetto è maggiore dello sforzo che il martinetto esercita. Il coefficiente  $K_m$  è il fattore correttivo principale che viene utilizzato nella relazione di calcolo fra la pressione imposta e lo sforzo applicato all'elemento strutturale. Pertanto più precisa sarà la definizione di  $K_m$  tanto più il valore dello sforzo calcolato sarà prossimo a quello reale.

La definizione di  $K_m$  avviene solo sperimentalmente calibrando in laboratorio il martinetto; solitamente i martinetti sono forniti dal produttore con valori di  $K_m$  sperimentali, diversamente si procede alla relativa calibrazione, come descritto di seguito.

#### A.3.b.1 Procedimento sperimentale di calibrazione

Scopo della calibrazione è ottenere il coefficiente  $K_m$  (rapporto tra la pressione misurata al manometro e quella di spinta effettiva del martinetto) cercando per quanto possibile di ricostruire le reali condizioni di prova.



Figura 1



Figura 2



Figura 3

A tal fine il martinetto è stato calibrato seguendo il metodo previsto dalla norma ASTM C1197-2009;

- STANDARD DI PROVA: ASTM C1197-2009. Distanza tra le piastre mantenuta costante e pari a 3 volte lo spessore delle lamiere del martinetto (5,4 mm). 3 cicli di carico. (fig. 1)



- COMPENSAZIONE DELLA DISTANZA DELLE PIASTRE: tramite pressa idraulica GALDABINI modello 5000 kN matr. n° 30785, verificata dall'Università degli studi di Enna; (fig. 3)

- PRECISIONE E TRACCIABILITÀ: su pressa dinamometro AEP Ka1 1000kN; (fig. 2)

su martinetto: manometro Alemanno 400 bar; (fig. 2)

### A.3.c Attrezzatura per il taglio

Per la realizzazione del taglio in cui alloggiare i martinetti si adopera una particolare moto-troncatrice a trasmissione eccentrica utilizzando dischi diamantati di dimensioni idonee che consentono di praticare tagli semicircolari a profondità adeguata per i relativi modelli di martinetti.

### A.3.d Misura delle deformazioni

Il deformometro impiegato è uno strumento di misura analogico, removibile, di elevata ed unica ripetibilità. Per le misure delle basi V ed H (nella prova a doppio), esso viene utilizzato per la rilevazione delle misure di convergenza a cavallo dei tagli in cui vengono introdotti i martinetti. È costituito da una barra in invar alle cui estremità sono montate due testine munite di punte coniche. Una delle testine è fissa, mentre l'altra è libera di effettuare una certa rotazione attorno ad uno speciale coltello.

Le punte coniche dello strumento si posizionano nei forellini di appositi capisaldi in acciaio inox già applicati, con l'ausilio della dima in dotazione, alla struttura da controllare con adesivo adatto. Le letture indicate sul micrometro si riferiscono al movimento della testina ruotante conseguente all'eventuale spostamento dei capisaldi a causa delle deformazioni e vanno raffrontate ai valori iniziali di zero.

	<i>Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8</i>	
Rev. A Data: 05/04/2022	<b>Rapporto Finale          INDAGINI STRUTTURALI</b>	

### A.3.e Pompa idraulica manuale

Per la messa in carico dei martinetti e per la relativa lettura si è scelta una pompa manuale idraulica che dispone di un manometro (range standard: 0-25 bar e 0-100 bar) di precisione classe 1. È dotata di un circuito di scambio in modo da poter utilizzare il campo di misura più adatto alla prova da eseguire con la massima risoluzione di lettura. Il cuore dello strumento è il dispositivo pompante che assicura un ottimo controllo sulle letture effettuate mantenendo la pressione costante per ogni incremento. Esso presenta un serbatoio più capiente e consente il recupero del fluido di misura che, a prova terminata, viene fatto rifluire nel suddetto serbatoio. L'utilizzo come liquido di misura di una miscela molto fluida permette che i fattori di disturbo come le perdite di carico, siano ridotti notevolmente.

Di seguito, dopo tale descrizione si riportano alcuni cenni teorici ed i risultati delle prove eseguite.

	Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8	
Rev. A Data: 05/04/2022	Rapporto Finale INDAGINI STRUTTURALI	

### A.3.f Cenni teorici

#### A.2.g.a Sforzo di compressione

Il valore dello sforzo di compressione tra i martinetti è dato dalla relazione:

$$f_{mi} = p_i \cdot k_m \cdot k_a$$

dove:

$f_{mi}$  = valore dello sforzo misurato al passo  $i$ ;

$k_m$  = è una costante adimensionale che rappresenta le proprietà geometriche e di rigidità del martinetto;

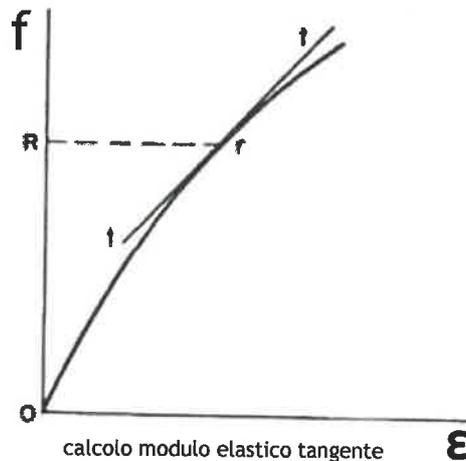
$k_a$  = rapporto tra l'area misurata del martinetto e l'area media del taglio;

$p_i$  = pressione corrispondente al passo in MPa o in N/mm<sup>2</sup>;

Le due costanti sono di solito minori di 1.

#### A.2.g.b - Modulo elastico

Si è calcolato il modulo elastico tangente dalla  $E_{ti} = \frac{\delta f_{mi}}{\delta \epsilon_{mi}}$ :



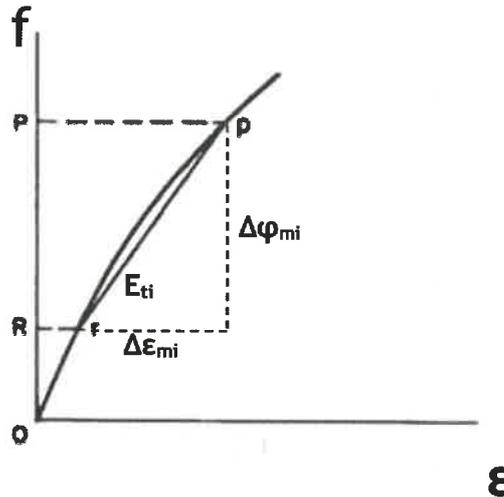
dove:

$E_{ti}$  = Modulo Elastico tangente;

$\delta f_{mi}$  = Incremento di sforzo;

$\delta \epsilon_{mi}$  = Corrispondente incremento di deformazione.

Il modulo elastico (secante) al passo di carico  $i$ , su un intervallo di corda scelto, è stato calcolato (cfr. grafico):



calcolo modulo elastico secante

$$E_{ti} = \frac{\Delta\varphi_{mi}}{\Delta\varepsilon_{mi}}$$

dove:

$E_{ti}$  = Modulo Elastico secante al passo  $i$ ;

$\Delta f_{mi}$  = Sforzo al passo di carico  $i$ ;

$\Delta\varepsilon_{mi}$  = Deformazione corrispondente.

### A.3.g Caratteristiche deformabilità - martinetto doppio

Questa prova consiste nell'inserire due martinetti posti ad una distanza reciproca di circa 50-60 cm. In tal modo si determina una porzione significativa di muratura sulla quale i due martinetti applicano uno stato di compressione monoassiale (*Figura A.2.i.a - Esecuzione del taglio ed inserimento dei martinetti*).

Le basi di misura sono disposte in maniera da consentire la misura delle deformazioni assiali e trasversali (*Figura A.2.i.b - Disposizione delle basi di misura*).

La prova viene così eseguita su un campione di muratura di grandi dimensioni, indisturbato e rappresentativo del paramento murario.

Figura A.2.i.a- Sequenza -Fasi di Prova

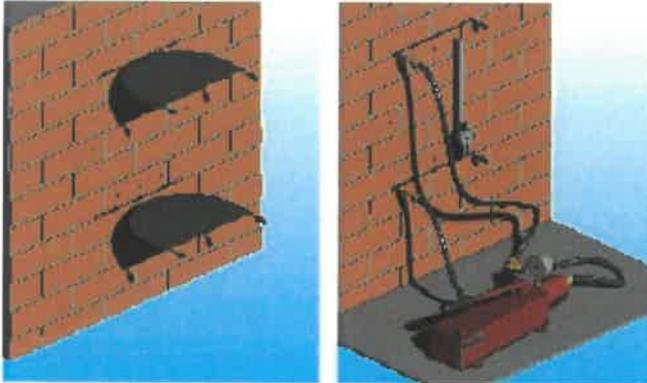
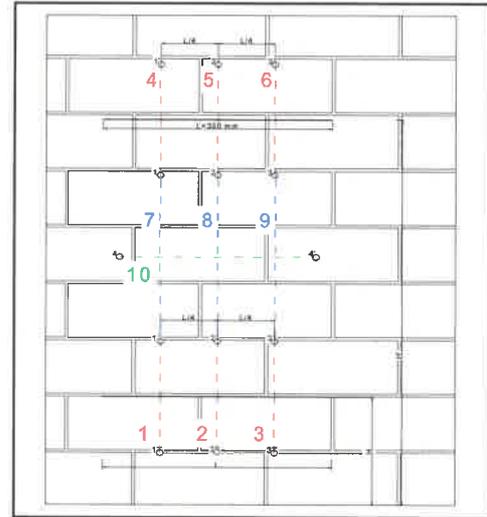


Figura A.2.i.b - Disposizione basi di misura



Sono stati eseguiti due cicli di carico/scarico, con livelli di sollecitazione gradualmente crescenti e tali da permettere di determinare i moduli di deformabilità, assiale e trasversale, per ciascun grado di sollecitazione.

La misura degli spostamenti è stata eseguita con calibro removibile, millesimale e meccanico, in "invar" con base di misura di 40 cm.

Di seguito si riporta una sintesi dei dati rilevati, per la lettura completa dei risultati, si rimanda all' allegato C.

Tabella A.2.i.c - PROVE CON MARTINETTO PIATTO DOPPIO MPD1 - Sintesi dei risultati

Sigla	Modulo di deformabilità 2° ciclo di carico E	Coefficiente di Poisson medio 2° ciclo di carico V	Pressione a rottura	Ubicazione
	[MPa]		[MPa]	
MPD1	9420,0	0,36	8,21	Opera al km 339+697 - spalla lato Caltagirone a 4,00 m da imbocco lato monte

#### A.4. Indagine magnetometriche

Su alcuni elementi strutturali si è effettuato il rilievo della disposizione delle armature (*diametro tondino, distanza tra le barre longitudinali, passo staffe e spessore del copriferro*).

Il rilievo è stato eseguito con il pacometro (*Hilti ferroskan P250S*) costituito da una sonda emittente un campo magnetico collegata ad una unità d'elaborazione digitale ed acustica, il cui funzionamento è basato sul controllo degli effetti delle eddy current (*correnti parassite*) indotte in una barra di armatura.

Poiché ogni flusso di corrente dà origine ad un campo magnetico, le correnti parassite producono un campo magnetico secondario che interagisce con quello generato dalla bobina. Se la bobina è avvicinata ad una barra di armatura, le correnti parassite alternate si instaurano entro la superficie delle barre e danno origine ad un campo magnetico secondario che induce nella stessa, una corrente secondaria. In accordo alla legge di Lenz, la corrente secondaria si oppone a quella primaria, con conseguente diminuzione della corrente netta che passa attraverso la bobina ed aumenta l'impedenza apparente della stessa, mentre, in assenza di conduttori, la corrente che circola nella bobina rimane inalterata. In questo modo, la presenza della barra è dedotta controllando la variazione di corrente nella bobina.

Operativamente la sonda viene fatta scorrere sulla superficie da investigare, che in corrispondenza dei tondini d'acciaio percepisce l'assorbimento del campo magnetico, mentre, l'unità d'elaborazione emette un segnale digitale ed acustico. In ogni punto di indagine il rilievo viene eseguito facendo scorrere la sonda prima in un senso e poi nel senso ortogonale, così viene determinata la maglia d'armatura, il copriferro viene rilevato dallo strumento.

Nel caso specifico è stata effettuata una indagine magnetometrica.

Tab. A.44.a - Riepilogo ubicazioni e risultati indagini magnetometriche

Sigla	Ubicazione
PAC1	Ponte al km 339+697 - Arco - a 0,70 m da imposta arco, a 9,40 m da imbocco lato monte

Si rimanda all'allegato D per gli schemi grafici e i risultati dei dati rilevati.

## B. Prove laboratorio

### B.1. Determinazione del modulo elastico dinamico da ultrasuoni e carotaggio

La tecnica d'analisi si fonda sullo studio della propagazione di impulsi di vibrazione meccanica lungo una serie di traiettorie all'interno dell'elemento strutturale da analizzare.

Lo scopo delle prove è:

- Verificare l'omogeneità di un elemento strutturale;
- Valutare qualsiasi mutamento delle proprietà dei materiali a causa di fenomeni di degrado;
- Esaminare i difetti in elementi strutturali (cavità, fessurazioni, strati superficiali danneggiati, ...).
- Stimare l'ordine di grandezza le proprietà meccaniche dei materiali utilizzati.

Le velocità cui ci si riferisce, relative alle onde P (onde longitudinali primarie o di pressione), sono state determinate, calcolando il rapporto tra la distanza tra le sonde (pari nel caso specifico all'altezza della carota) ed il tempo di transito rilevato. Essa dipende dalle caratteristiche elastomeccaniche e dinamiche del mezzo (modulo di elasticità  $E_d$ , modulo di Poisson  $\nu$ , e dalla sua densità  $\rho$ ), secondo la seguente relazione, valida per mezzi omogenei e isotropi:

$$v_p = \sqrt{\frac{E_d \cdot (1-\nu)}{\rho \cdot (1+\nu) \cdot (1-2\nu)}} \Rightarrow E_d = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)} \cdot \rho v_p^2$$

$E_d$  è approssimativamente pari al modulo tangente all'origine ed è quindi sempre più elevato del modulo secante, secondo la relazione di letteratura:

$$E = \frac{E_d}{1.062}$$

Nella tabella seguente si mostra una sintesi dei dati rilevati, rimandando al certificato riportato nell'allegato E per le risultanze di prova.

 <b>ITAFERR</b> <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8	
	Rev. A Data: 05/04/2022	<b>Rapporto Finale</b> <b>INDAGINI STRUTTURALI</b>

Tab. B.1.a - Riepilogo risultati modulo elastico dinamico

Sigla	Parte d'opera Localizzazione	Modulo elastico dinamico Ed al variare del coeff. di Poisson			
		u=0	u=0,1	u=0,15	u=0,2
CC1	Ponte al km 339+697 - Arco - a 0,70 m da imposta arco, a 9,40 m da imbocco lato valle	7092	6935	6717	6383
CC2	Ponte al km 339+697 - Arco - chiave in asse, a 9,30 m da imbocco lato valle	12458	12181	11798	11212
CC3	Ponte al km 339+697 - Arco faccia lato monte - a 0,90 m da estradosso cordolo, a 0,43 m da muro d'ala, lato monte	20864	20401	19760	18778

## B.2. Determinazione della resistenza a compressione di carote di calcestruzzo

I campioni di calcestruzzo prelevati secondo la norma UNI EN 12504-1, sono stati rettificati, in laboratorio, alle dimensioni previste dalla medesima norma.

Successivamente sulle carote già rettificate sono state verificate le tolleranze riferite al parallelismo tra le facce dei provini cilindrici ed alla perpendicolarità delle generatrici, così come stabilito dalla UNI EN 12390-1 i cui limiti sono sintetizzati nel seguito:

- planarità delle superfici:  $\pm 0,0006 d$ ; essendo  $d \approx 100$  mm si avrà una tolleranza pari a circa 0,06 mm;
- perpendicolarità delle superfici:  $\pm 0,5$  mm;
- rettilineità delle generatrici:  $\pm 0,2$  mm.

La massa volumica per le carote di calcestruzzo è stata determinata secondo la UNI EN 12390-7, parte 2<sup>^</sup>; la resistenza a compressione secondo la UNI EN 12390-3, mediante una pressa da compressione "Tecnotest".

I risultati ottenuti dalle prove di laboratorio sulle carote estratte, sono riportati nelle tabelle seguenti, rimandando per un maggior dettaglio al certificato riportato nell'allegato F.

Tab. B.2.a - Riepilogo risultati resistenza a compressione carote

Sigla	Ubicazione	D <sub>agg</sub> [mm]	P [g]	Mv (**) [kg/m <sup>3</sup> ]	d [mm]	h [mm]	A [mm <sup>2</sup> ]	F [kN]	f <sub>c</sub> [MPa]
CC1	Ponte al km 339+697 - Arco - a 0,70 m da imposta arco, a 9,40 m da imbocco lato valle	25,9	2576	1930	94,0	192,6	6940	15,5	2,3
CC2	Ponte al km 339+697 - Arco - chiave in asse, a 9,30 m da imbocco lato valle	28,3	2560	1920	94,0	192,5	6940	14,3	2,1
CC3	Ponte al km 339+697 - Arco faccia lato monte - a 0,90 m da estradosso cordolo, a 0,43 m da muro d'ala, lato monte	22,5	2656	1980	94,0	193,0	6940	70,0	10,1

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8</p>	
<p>Rev. A Data: 05/04/2022</p>	<p><b>Rapporto Finale INDAGINI STRUTTURALI</b></p>	

## ALLEGATI

- A. Schema ubicazione indagini
- B. Stratigrafie microcarotaggi
- C. Prove con martinetto piatto doppio
- D. Indagini magnetometriche con pacometro
- E. Indagini ultrasoniche
- F. Determinazione massa volumica e resistenza a compressione
- G. Documentazione fotografica



P.I.V.A.: 01479620856

C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. - di Caltanissetta: 01754820874

Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.

Laboratorio: Via Libero Grassi, 7  
(Area Industriale Calderaro)  
C.P. 287 - 93100 Caltanissetta  
Tel.: 0934 565012  
Fax.: 0934 575422  
e-mail: [info@sidercem.it](mailto:info@sidercem.it)  
pec: [sidercem@legalmail.it](mailto:sidercem@legalmail.it)  
web: [www.sidercem.it](http://www.sidercem.it)

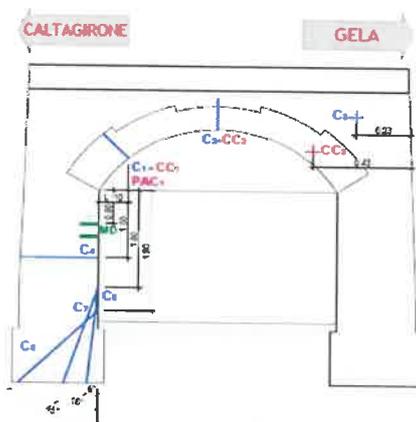
Timbro a secco



**Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8**

**Committente:** Italferr S.p.A.  
**Direttore Esecuzione Contratto:** ing. Stefano Ballerini  
**Referente di Contratto:** ing. Francesco Sacchi

**Ponte ad arco al km 339+697**

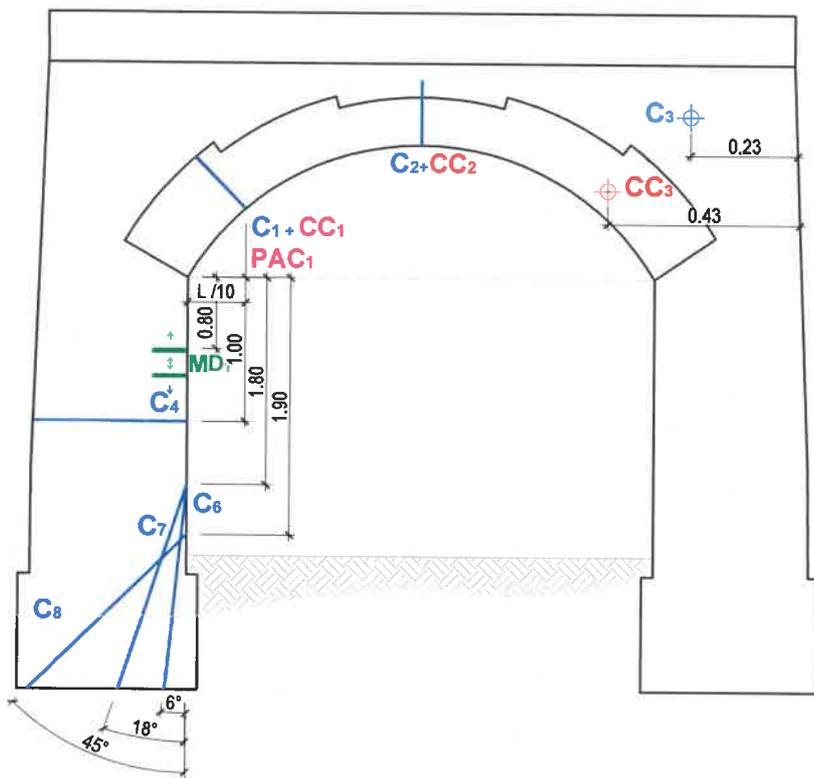


**Allegato A**  
**Schema ubicazione indagini**

Prott.nn.	Rev.	Indagini	Emissione	Redazione (UT)	Verifica (RLB)	Approvazione (RSQ)
C-DIA-A 5054	A	04/02/2022	06/04/2022	dott. ing. Angelo Pirrera	dott. ing. Nicola Gruttadauria	dott. ing. Vincenzo Arena

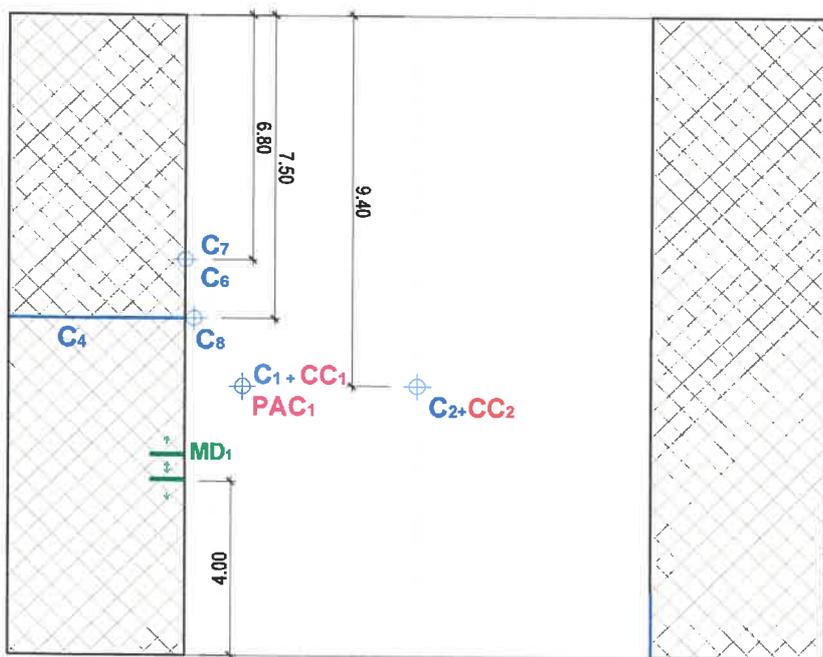
CALTAGIRONE

GELA



SEZIONE

lato valle



lato monte

CC<sub>3</sub> C<sub>3</sub>

PIANTA



PIANTA E SEZIONE PONTE AD ARCO

al km 339+697

Ubicazione Prove eseguite

Legenda:

CCx Prelievo di carote di calcestruzzo

PACx Indagine pacometrica

Cx Microcarotaggio

MDx Martinetto doppio



P.I.V.A.: 01479620856

C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. - di Caltanissetta: 01754820874

Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.



Timbro a secco

Laboratorio: Via Libero Grassi,7  
(Area Industriale Calderaro)  
C.P. 287 - 93100 Caltanissetta  
Tel.: 0934 565012  
Fax.: 0934 575422  
e-mail: [info@sidercem.it](mailto:info@sidercem.it)  
pec: [sidercem@legalmail.it](mailto:sidercem@legalmail.it)  
web: [www.sidercem.it](http://www.sidercem.it)



*Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8*

**Committente:** Italferr S.p.A.  
**Direttore Esecuzione Contratto:** ing. Stefano Ballerini  
**Referente di Contratto:** ing. Francesco Sacchi

**Ponte ad arco al km 339+697**



**Allegato B**  
**Stratigrafie microcarotaggi**

Prott.nn.	Rev.	Indagini	Emissione	Redazione (UT)	Verifica (RLB)	Approvazione (RSQ)
C-DIA-A 5054	A	04/02/2022	06/04/2022	dott. ing. Angelo Pirrera	dott. ing. Nicola Gruttadauria	dott. ing. Vincenzo Arena

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>  <b>C-DIA-C 9672    05/04/2022</b>	Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta	
Data accettazione:	15/02/2022		Divisione:	Diagnostica
Data inizio prova:	04/02/2022		Settore:	CND
Data fine prova:	04/02/2022			
Materiale di prova:	Calcestruzzo			

Foglio 1/8

**Richiedente:** ing. Stefano Ballerini nella qualità di Direttore per l'esecuzione del contratto

**Committente:** Italferr s.p.A. nella qualità di Ente Appaltante

**Referente di Contratto:** ing. Francesco Sacchi  
Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8

**Oggetto:**

- (1) Il numero di prove e le ubicazioni sono state indicate dal Direttore per l'esecuzione del contratto
- (2) I prelievi sono stati eseguiti in data 04/02/2022 dal personale Sidercem srl
- (3) Il presente certificato viene autenticato dalla SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione su ciascun foglio del timbro a secco visibile in alto. In assenza del timbro a secco il certificato è da ritenersi contraffatto.
- (4) Gli strumenti di misura impiegati per l'esecuzione delle prove, sono stati sottoposti alle verifiche di taratura in conformità alle periodicità prescritte nella circolare n° 633/STC e a quanto certificato dal DNV GL nel Sistema di Qualità Aziendale

Attrezzatura Impiegata		Matricola	Ente	Verifica Taratura	
				Data Verifica	Scadenza
CAROTATRICE	HILTI DD350-CA	17654	Sidercem	All'utilizzo	

**CERTIFICATO DI PRELIEVO**

Estrazione di microcarote

**[UNI EN 12504-1]**

Foto n°1 - Estrazione carota C4

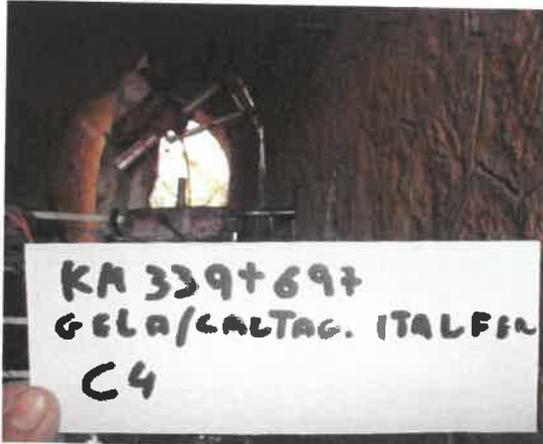
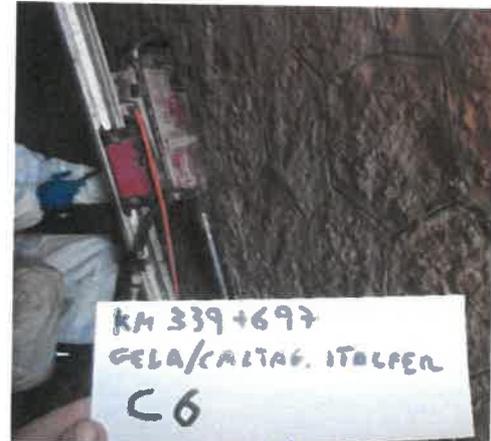


Foto n°2 - Estrazione carota C6



Lo sperimentatore  
*Ing. Alberto Da Plaça*

Il Direttore di Laboratorio  
*dott. ing. Vincenzo Arena*

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta		
Data accettazione:	15/02/2022		<b>C-DIA-C 9672    05/04/2022</b>	Divisione:	Diagnostica
Data inizio prova:	04/02/2022			Settore:	CND
Data fine prova:	04/02/2022				
Materiale di prova:	Calcestruzzo				

Foglio 2/8

**CERTIFICATO DI PRELIEVO**  
Estrazione di microcarote  
[UNI EN 12504-1]

Tabella 1 Colonna stratigrafica carota C1

Data prelievo:		04/02/22				
Sigla	Ubicazione					
C1	Ponte al km 339+697 - Arco - a 0,70 m da imposta arco, a 9,40 m da imbocco lato valle					
	NOTE carotaggio d100 per i primi 30 cm per prelievo campione da sottoporre a prova di compressione			Ø campione:	50 mm	L campione:
Prof (cm)	Descrizione	Recupero		Note		
60	Calcestruzzo	Buono		Carotaggio interrotto al raggiungimento di terra		
65	Terra	Molto scarso				



Lo sperimentatore  
per *Ing. Alberto La Placa*

Il Direttore di Laboratorio  
*dott. ing. Vincenzo Arena*

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta		
Data accettazione:	15/02/2022		<b>C-DIA-C 9672    05/04/2022</b>		
Data inizio prova:	04/02/2022				
Data fine prova:	04/02/2022				
Materiale di prova:	Calcestruzzo				
		Divisione:	Diagnostica		
		Settore:	CND		

**CERTIFICATO DI PRELIEVO**  
 Estrazione di microcarote  
 [UNI EN 12504-1]

Tabella 2 Colonna stratigrafica carota C2

Data prelievo:		04/02/22				
Sigla	Ubicazione					
C2	Ponte al km 339+697 - Arco - chiave in asse, a 9,30 m da imbocco lato valle					
	NOTE carotaggio d100 per i primi 37 cm per prelievo campione da sottoporre a prova di compressione			Ø campione:	50 mm	L campione:
Prof (cm)	Descrizione	Recupero		Note		
50	Calcestruzzo	Discreto		Carotaggio interrotto al raggiungimento di terra		
55	Terra	Scarso				



Lo sperimentatore  
 per. Ing. Alberto La Placa

Il Direttore di Laboratorio  
 dott. ing. Vincenzo Arena

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta		
Data accettazione:	15/02/2022		<b>C-DIA-C 9672    05/04/2022</b>	Divisione:	Diagnostica
Data inizio prova:	04/02/2022			Settore:	CND
Data fine prova:	04/02/2022				
Materiale di prova:	Calcestruzzo				

**CERTIFICATO DI PRELIEVO**  
 Estrazione di microcarote  
 [UNI EN 12504-1]

Tabella 3 Colonna stratigrafica carota C3

Data prelievo:		04/02/22			
Sigla	Ubicazione				
C3	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Gela - a 0,45 m da estradosso cordolo, a 0,23 m da muro d'ala, lato monte				
			Ø campione:	50 mm	L campione: 1000 mm
Prof (cm)	Descrizione	Recupero		Note	
125	Muratura	Discreto		Carotaggio interrotto al raggiungimento di terra	
140	Terra	Molto scarso			



Lo sperimentatore  
 per *Antonio Barbero* *Paola*

Il Direttore di Laboratorio  
 dott. ing. *Vincenzo Arena*

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta		
Data accettazione:	15/02/2022		<b>C-DIA-C 9672    05/04/2022</b>	Divisione:	Diagnostica
Data inizio prova:	04/02/2022			Settore:	CND
Data fine prova:	04/02/2022				
Materiale di prova:	Calcestruzzo				

**CERTIFICATO DI PRELIEVO**  
Estrazione di microcarote  
[UNI EN 12504-1]

Foglio 5/8

Tabella 4 Colonna stratigrafica carota C4

Data prelievo:		04/02/22			
Sigla	Ubicazione				
C4	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Caltagirone - a 1,00 m da imposta d'arco, a 7,50 m da imbocco lato valle				
			Ø campione:	50 mm	L campione:
Prof (cm)	Descrizione	Recupero		Note	
110	Muratura	Discreto		Carotaggio interrotto al raggiungimento di terra	
120	Terra	Molto scarso			



Lo sperimentatore  
per *Alberto La Placa*

Il Direttore di Laboratorio  
dott. ing. *Vincenzo Arena*



Istituto di Ricerca e Sperimentazione

C.F.-Iscr.C.C.I.A.A. di C/ssetta: 01754820874

P.I.V.A.: 01479620856

Capitale Sociale: €102.774,92 i.v.

Laboratorio di Caltanissetta  
via L. Grassi, 7 (Area Industriale Calderaro)  
C.P. 287 – 93100 Caltanissetta  
Tel.: 0934565012 - Fax.: 0934575422  
e-mail: info@sidercem.it  
CER 1.2.1 Rev. 0 del 30/06/2020

Timbro a secco

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta		
Data accettazione:	15/02/2022		<b>C-DIA-C 9672    05/04/2022</b>	Divisione:	Diagnostica
Data inizio prova:	04/02/2022			Settore:	CND
Data fine prova:	04/02/2022				
Materiale di prova:	Calcestruzzo				

Foglio 6/8

**CERTIFICATO DI PRELIEVO**  
Estrazione di microcarote  
[UNI EN 12504-1]

Tabella 5 Colonna stratigrafica carota C6

Data prelievo:		04/02/22			
Sigla	Ubicazione				
C6	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Caltagirone - a 1,80 m da imposta d'arco, a 6,80 m da imbocco lato valle				
	NOTE inclinazione 6°		Ø campione:	50 mm	L campione:
Prof (cm)	Descrizione	Recupero		Note	
180	Muratura	Discreto		Carotaggio interrotto al raggiungimento di terra	
185	Terra	Molto scarso			



Lo sperimentatore  
per *Albino La Biaca*

Il Direttore di Laboratorio  
dott. ing. *Vincenzo Arena*

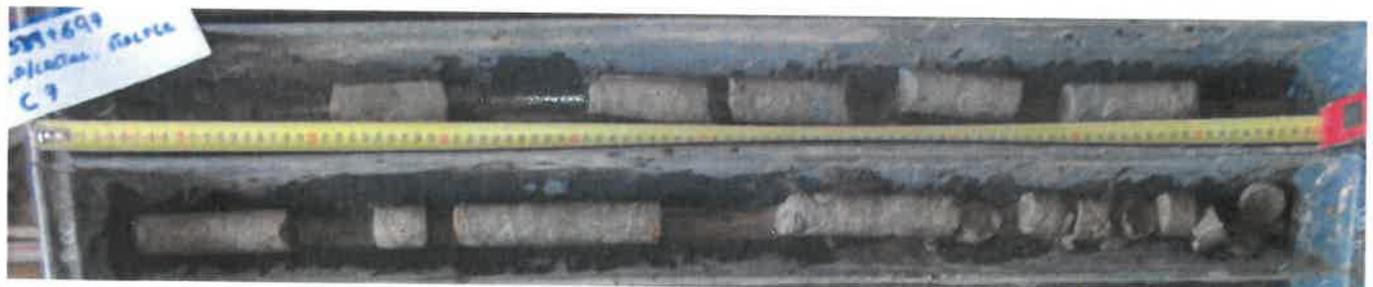
Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta		
Data accettazione:	15/02/2022		<b>C-DIA-C 9672    05/04/2022</b>	Divisione:	Diagnostica
Data inizio prova:	04/02/2022			Settore:	CND
Data fine prova:	04/02/2022				
Materiale di prova:	Calcestruzzo				

Foglio 7/8

**CERTIFICATO DI PRELIEVO**  
Estrazione di microcarote  
[UNI EN 12504-1]

Tabella 6 Colonna stratigrafica carota C7

Data prelievo:		04/02/22			
Sigla	Ubicazione				
C7	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Caltagirone - a 1,80 m da imposta d'arco, a 6,80 m da imbocco lato valle				
	NOTE inclinazione 18°		Ø campione:	50 mm	L campione:
Prof (cm)	Descrizione		Recupero		Note
1					
2	190	Muratura	Scarso		Carotaggio interrotto al raggiungimento di terra
	200	Terra	Scarso		



Lo sperimentatore  
per ing. Alberto La Placa

Il Direttore di Laboratorio  
dott. ing. Vincenzo Arena



Istituto di Ricerca e Sperimentazione

C.F.-Iscr.C.C.I.A.A. di C/ssetta: 01754820874

P.I.V.A.: 01479620856

Capitale Sociale: €102.774,92 i.v.

Laboratorio di Caltanissetta  
via L. Grassi, 7 (Area Industriale Calderaro)  
C.P. 287 – 93100 Caltanissetta  
Tel.: 0934565012 - Fax.: 0934575422  
e-mail: info@sidercem.it  
CER 1.2.1 Rev. 0 del 30/06/2020

Timbro a secco

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta		
Data accettazione:	15/02/2022		<b>C-DIA-C 9672    05/04/2022</b>	Divisione:	Diagnostica
Data inizio prova:	04/02/2022			Settore:	CND
Data fine prova:	04/02/2022				
Materiale di prova:	Calcestruzzo				

Foglio 8/8

**CERTIFICATO DI PRELIEVO**  
Estrazione di microcarote  
[UNI EN 12504-1]

Tabella 7 Colonna stratigrafica carota C8

Data prelievo:		04/02/22			
Sigla	Ubicazione				
C8	Ponte al km 339+697 - Spalla lato Caltagirone - a 1,90 da imposta d'arco, a 7,50 m da imbocco lato valle				
	NOTE inclinazione 45°		Ø campione:	50 mm	L campione:
Prof (cm)	Descrizione	Recupero		Note	
1					
2					
210	Muratura	Discreto		Carotaggio interrotto al raggiungimento di terra	
215	Terra	Molto scarso			



Lo sperimentatore  
*[Signature]*

Il Direttore di Laboratorio  
dott. ing. Vincenzo Arena  
*[Signature]*

Il presente certificato è composto da n°8 fogli numerati da 1 a 8  
E' vietata la riproduzione, anche parziale, del presente documento.



P.I.V.A.: 01479620856

C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. - di Caltanissetta: 01754820874

Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.

Laboratorio: Via Libero Grassi,7  
(Area Industriale Calderaro)  
C.P. 287 - 93100 Caltanissetta  
Tel.: 0934 565012  
Fax.: 0934 575422  
e-mail: [info@sidercem.it](mailto:info@sidercem.it)  
pec: [sidercem@legalmail.it](mailto:sidercem@legalmail.it)  
web: [www.sidercem.it](http://www.sidercem.it)

Timbro a secco



**Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8**

**Committente:** Italferr S.p.A.  
**Direttore Esecuzione Contratto:** ing. Stefano Ballerini  
**Referente di Contratto:** ing. Francesco Sacchi

**Ponte ad arco al km 339+697**



KA339+697  
GELA/CALTAG. ITALFER  
MD1

**Allegato C**

**Prove con martinetto piatto doppio**

Prott.nn.	Rev.	Indagini	Emissione	Redazione (UT)	Verifica (RLB)	Approvazione (RSQ)
C-DIA-A 5054	A	04/02/2022	06/04/2022	dott. ing. Angelo Pirrera	dott. ing. Nicola Gruttadauria	dott. ing. Vincenzo Arena



**Istituto di Ricerca e Sperimentazione**  
**C.F.-Iscr.C.C.I.A.A. di C/ssetta: 01754820874**  
**P.I.V.A.: 01479620856**  
**Capitale Sociale: €102.774,92 i.v.**



**Laboratorio di Caltanissetta**  
 via L. Grassi, 7 (Area Industriale Calderaro)  
 C.P. 287 – 93100 Caltanissetta  
 Tel.: 0934565012 - Fax.: 0934575422  
 e-mail: info@sidercem.it  
 CER 1.2.4.b Rev. 0 del 30/06/2020

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	<b>Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta</b>		
Data accettazione	15/02/2022		<b>C-DIA-C 9675      05/04/2022</b>	Divisione:	Diagnostica
Data inizio prova:	04/02/2022			Settore:	CND
Data fine prova:	04/02/2022				
Materiale di prov:	muratura				

Foglio 1/6

**Richiedente:** ing. Stefano Ballerini nella qualità di Direttore per l'esecuzione del contratto

**Committente:** Italferr s.p.A. nella qualità di Ente Appaltante

**Referente di Contratto:** ing. Dario Tiberti

**Oggetto:** Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8

- (1) Il numero di prove e le ubicazioni sono state indicate dal Direttore per l'esecuzione del contratto
- (2) Le prove sono state eseguite in data 04/02/2022 dal personale Sidercem srl
- (3) Il presente certificato viene autenticato dalla SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione su ciascun foglio del timbro a secco visibile in alto. In assenza del timbro a secco il certificato è da ritenersi contraffatto.
- (4) Gli strumenti di misura impiegati per l'esecuzione delle prove, sono stati sottoposti alle verifiche di taratura in conformità alle periodicità prescritte nella circolare n° 633/STC e a quanto certificato dal DNV GL nel Sistema di Qualità Aziendale

Attrezzatura Impiegata	Materiale	Matricola	Ente	Verifica Taratura	
				Data Verifica	Scadenza
MOTOTRONCATRICE A SCOPPIO PER MARTINETTI PIATTI	HUSQVARNA	K970 RING	Sidercem	All'utilizzo	-
MARTINETTI PIATTI	BOVIAR	350X260X4/620X260X4	Sidercem	All'utilizzo	-
MANOMETRO Digitale	AEP transducers 700 bar	933032	Boviar	dicembre-22	dicembre-23
MANOMETRO	ALLEMANO 100 bar	20191106010	Sidercem	dicembre-21	aprile-22

**CERTIFICATO DI PROVA**  
**Martinetto piatto doppio**  
**(ASTM C1197)**

**Foto 2 - Lettura deformazioni**



**Lo sperimentatore**  
 dott. ing. Alberto La Placa

**Il Direttore di Laboratorio**  
 dott. ing. Vincenzo Arena

Il presente certificato è composto da n°6 fogli numerati da 1 a 6  
 E' vietata la riproduzione, anche parziale, del presente documento.



Istituto di Ricerca e Sperimentazione

C.F.-Iscr.C.C.I.A.A. di C/ssetta: 01754820874

P.I.V.A.: 01479620856

Capitale Sociale: €102.774,92 i.v.



Laboratorio di Caltanissetta

via L. Grassi, 7 (Area Industriale Calderaro)

C.P. 287 - 93100 Caltanissetta

Tel.: 0934565012 - Fax.: 0934575422

e-mail: info@sidercem.it

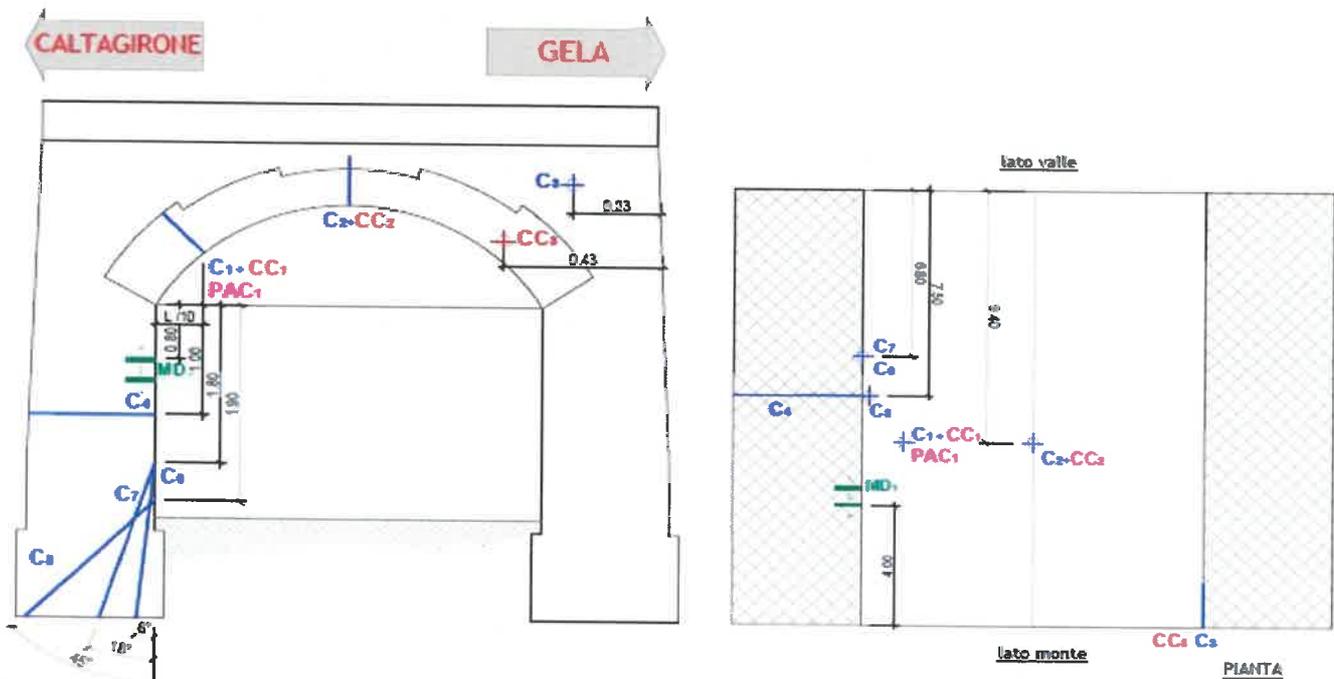
CER 1.2.4.b Rev. 0 del 30/06/2020

Timbro a secco

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>				Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta	
Data accettazione	15/02/2022					<b>C-DIA-C 9675      05/04/2022</b>	
Data inizio prova:	04/02/2022	Settore:	CND				
Data fine prova:	04/02/2022	<b>PROVA CON MARTINETTO PIATTO DOPPIO</b>					
Materiale di provi:	muratura						
Ubicazione prova:		Opera al km 339+697 - spalla lato Caltagirone a 4,00 m da imbocco lato monte				Prova n° <b>MPD1</b>	
Tipologia Muraria:		Muratura in pietrame					
Martinetto:	350x260x4	Base (mm):	400	Km	0,897	$Ka=Am/At$	0,915

Foglio 2/6

### 1 - UBICAZIONE DEL PUNTO DI PROVA



Lo sperimentatore  
per *ing. Alberto La Placa*

Il Direttore di Laboratorio  
*dott. ing. Vincenzo Arena*

Il presente certificato è composto da n°6 fogli numerati da 1 a 6  
E' vietata la riproduzione, anche parziale, del presente documento.



Istituto di ricerca e sperimentazione

C.F.-Iscr.C.C.I.A.A. di C/ssetta: 01754820874

P.I.V.A.: 01479620856

Capitale Sociale: €102.774,92 i.v.

Laboratorio di Caltanissetta

via L. Grassi, 7 (Area Industriale Calderaro)

C.P. 287 – 93100 Caltanissetta

Tel.: 0934565012 - Fax.: 0934575422

e-mail: info@sidercem.it

CER 1.2.4.b Rev. 0 del 30/06/2020

Timbro a secco

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	<b>C-DIA-C 9675      05/04/2022</b>		Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta
Data accettazione:	15/02/2022				Divisione: Diagnostica
Data inizio prova:	04/02/2022				Settore: CND
Data fine prova:	04/02/2022				
Materiale di prova:	muratura				

**MARTINETTO PIATTO DOPPIO**

ASTM C1197

**MPD1**

Ubicazione indagine: Opera al km 339+697 - spalla lato Caltagirone a 4,00 m da imbocco lato monte

Tipologia Muraria: Muratura in pietrame

Martinetto:	350x260x4	Base (mm):	400	Km	0,897	Ka=Am/At	0,915
-------------	-----------	------------	-----	----	-------	----------	-------

Foglio 3/6

**4 - RISULTATI DI PROVA: martinetto piatto doppio**

Altezza da imposta arco:	M inf.	1,40 m (H)
	M sup	0,80 m (H')

Ora	ciclo	Fase	Pressioni	Tensioni	Deformazioni rilevate							
					Base 1		Base 2		Base 3		Base 4	
[hh:mm]			[bar]	[MPa]	m	e [10 <sup>-5</sup> ]	m	e [10 <sup>-5</sup> ]	m	e [10 <sup>-5</sup> ]	m	e [10 <sup>-5</sup> ]
14:40	1	post-taglio	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
14:45	-	carico	5	0,41	40	10,00	40	10,00	55	13,75	-5	-1,25
14:50	-	-	10	0,82	100	25,00	110	27,50	68	17,00	-45	-11,25
14:55	-	-	15	1,23	110	27,50	150	37,50	81	20,25	-45	-11,25
15:00	-	-	20	1,64	130	32,50	200	50,00	96	24,00	-55	-13,75
15:05	2	scarico	0	0,00	7	1,75	19	4,75	8	2,00	-8	-2,00
15:10	-	carico	20	1,64	132	33,00	204	51,00	99	24,75	-55	-13,75
15:15	-	-	25	2,05	140	35,00	210	52,50	113	28,25	-57	-14,25
15:20	-	-	30	2,46	150	37,50	220	55,00	127	31,75	-60	-15,00
15:25	-	-	35	2,87	155	38,75	230	57,50	136	34,00	-62	-15,50
15:30	-	-	40	3,28	180	45,00	240	60,00	145	36,25	-65	-16,25
15:35	-	-	50	4,11	210	52,50	270	67,50	175	43,75	-75	-18,75
15:40	-	-	60	4,93	230	57,50	300	75,00	230	57,50	-80	-20,00
15:45	-	-	70	5,75	290	72,50	370	92,50	250	62,50	-95	-23,75
15:50	-	-	80	6,57	350	87,50	445	111,25	335	83,75	-115	-28,75
15:55	-	-	90	7,39	420	105,00	470	117,50	382	95,50	-155	-38,75
16:00	-	-	100	8,21	515	128,75	580	145,00	485	121,25	-195	-48,75
16:05	-	scarico	50	4,11	350	87,50	395	98,75	335	83,75	-135	-33,75
16:10	-	-	0	0,00	120	30,00	180	45,00	135	33,75	-54	-13,50

Lo sperimentatore  
per .ind. Alberto La Placa

Il Direttore di Laboratorio  
dott. ing. Vincenzo Arena

Il presente certificato è composto da n°6 fogli numerati da 1 a 6  
E' vietata la riproduzione, anche parziale, del presente documento.



Istituto di ricerca e sperimentazione

C.F.-Iscr.C.C.I.A.A. di C/ssetta: 01754820874

P.I.V.A.: 01479620856

Capitale Sociale: €102.774,92 i.v.

Laboratorio di Caltanissetta

via L. Grassi, 7 (Area Industriale Calderaro)

C.P. 287 - 93100 Caltanissetta

Tel.: 0934565012 - Fax.: 0934575422

e-mail: info@sidercem.it

CER 1.2.4.b Rev. 0 del 30/06/2020

Timbro a secco

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta			
Data accettazione:	15/02/2022		<b>C-DIA-C 9675</b>	<b>05/04/2022</b>	Divisione: Diagnostica	
Data inizio prova:	04/02/2022				Settore: CND	
Data fine prova:	04/02/2022					
Materiale di prova:	muratura					

### MARTINETTO PIATTO DOPPIO

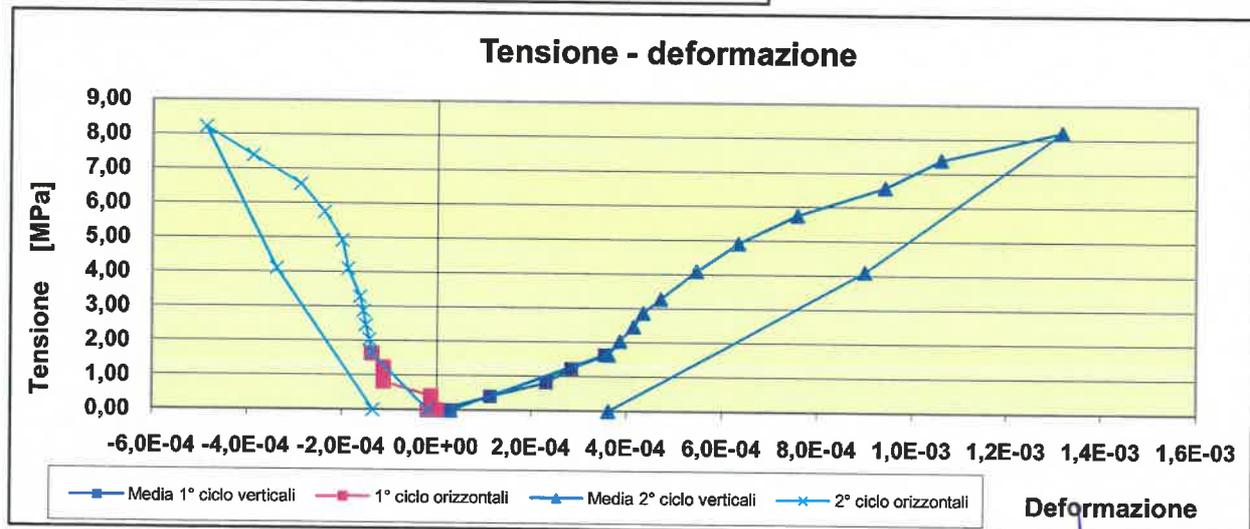
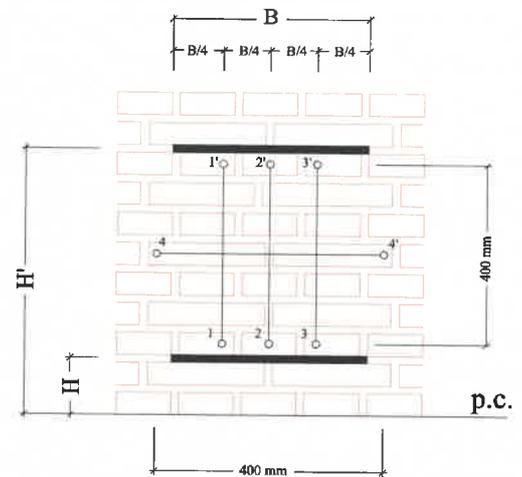
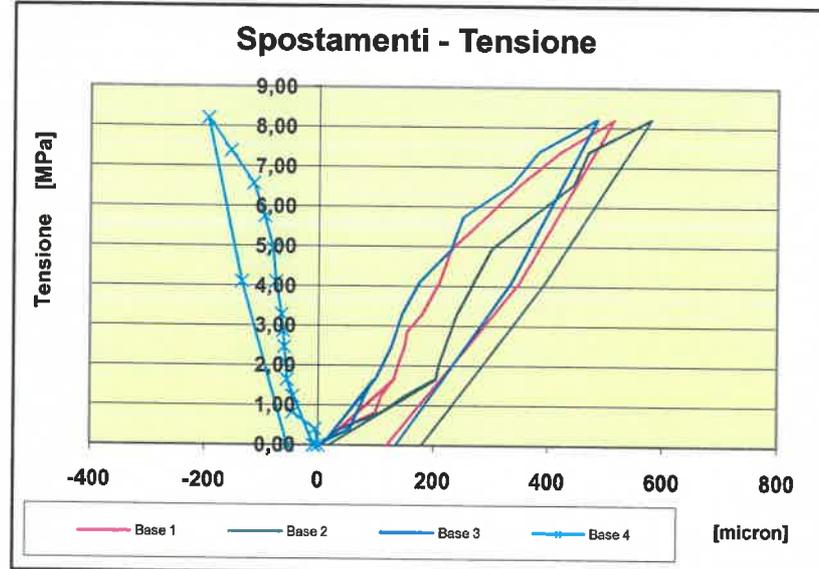
ASTM C1197

## MPD1

Ubicazione indagini:	Opera al km 339+697 - spalla lato Caltagirone a 4,00 m da imbocco lato monte						
Tipologia Muraria:	Muratura in pietrame						
Martinetto:	350x260x4	Base (mm):	400	Km	0,897	Ka=Am/At	0,915

Foglio 4/6

### 5 - DIAGRAMMI TENSIONI - DEFORMAZIONI



Lo sperimentatore

per .ind. Alberto La Placa

Il Direttore di Laboratorio

dott. ing. Vincenzo Arena

Il presente certificato è composto da n°6 fogli numerati da 1 a 6  
E' vietata la riproduzione, anche parziale, del presente documento.



Istituto di ricerca e sperimentazione  
C.F.-Iscr.C.C.I.A.A. di C/setting: 01754820874  
P.I.V.A.: 01479620856  
Capitale Sociale: €102.774,92 i.v.

Laboratorio di Caltanissetta  
via L. Grassi, 7 (Area Industriale Calderaro)  
C.P. 287 – 93100 Caltanissetta  
Tel.: 0934565012 - Fax.: 0934575422  
e-mail: info@sidercem.it  
CER 1.2.4.b Rev. 0 del 30/06/2020

Timbro a secco

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	<b>C-DIA-C 9675      05/04/2022</b>		Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta
Data accettazione:	15/02/2022				Divisione: Diagnostica
Data inizio prova:	04/02/2022				Settore: CND
Data fine prova:	04/02/2022				
Materiale di prova:	muratura				

**MARTINETTO PIATTO DOPPIO**

ASTM C1197

**MPD1**

Ubicazione indagine	Opera al km 339+697 - spalla lato Caltagirone a 4,00 m da imbocco lato monte						
Tipologia Muraria:	Muratura in pietrame						
Martinetto:	350x260x4	Base (mm):	400	Km	0,897	$Ka=Am/At$	0,915

Foglio 5/6

**6 - VALUTAZIONE CARATTERISTICHE MECCANICHE**

Altezza da p.c.:	M inf.	2,50	m	(H)
	M sup	1,90	m	(H')

Ora	Ciclo	Fase	Pressioni [bar]	Tensioni [MPa]	Deformazioni rilevate		Modulo di deformabilità E	Modulo di Dilatanza u
					Verticali media $e_v$	Orizzontali $e_h$		
14:40	1	post-taglio	0	0,00	0,00E+00	0,00E+00	-	-
14:45	-	carico	5	0,41	1,13E-04	-1,25E-05	3649,0	0,11
14:50	-	-	10	0,82	2,32E-04	-1,13E-04	3444,8	0,49
14:55	-	-	15	1,23	2,84E-04	-1,13E-04	7819,2	0,40
15:00	-	-	20	1,64	3,55E-04	-1,38E-04	5795,4	0,39
15:05	2	scarico	0	0,00	2,83E-05	-2,00E-05	-	-
15:10	-	carico	20	1,64	3,63E-04	-1,38E-04	4913,8	0,38
15:15	-	-	25	2,05	3,86E-04	-1,43E-04	17593,3	0,37
15:20	-	-	30	2,46	4,14E-04	-1,50E-04	14488,6	0,36
15:25	-	-	35	2,87	4,34E-04	-1,55E-04	20525,5	0,36
15:30	-	-	40	3,28	4,71E-04	-1,63E-04	11195,7	0,35
15:35	-	-	50	4,11	5,46E-04	-1,88E-04	10946,9	0,34
15:40	-	-	60	4,93	6,33E-04	-2,00E-04	9383,1	0,32
15:45	-	-	70	5,75	7,58E-04	-2,38E-04	6568,2	0,31
15:50	-	-	80	6,57	9,42E-04	-2,88E-04	4478,3	0,31
15:55	-	-	90	7,39	1,06E-03	-3,88E-04	6938,2	0,37
16:00	-	-	100	8,21	1,32E-03	-4,88E-04	3198,8	0,37
16:05	-	scarico	50	4,11	9,00E-04	-3,38E-04	-	-
16:10	-	-	0	0,00	3,63E-04	-1,35E-04	-	-

Lo sperimentatore  
per. ing. Alberto La Placa

Il Direttore di Laboratorio  
dott. ing. Vincenzo Arena

Il presente certificato è composto da n°6 fogli numerati da 1 a 6  
E' vietata la riproduzione, anche parziale, del presente documento.



Istituto di ricerca e sperimentazione

C.F.-Iscr.C.C.I.A.A. di C/ssetta: 01754820874

P.I.V.A.: 01479620856

Capitale Sociale: €102.774,92 i.v.

Laboratorio di Caltanissetta  
via L. Grassi, 7 (Area Industriale Calderaro)  
C.P. 287 - 93100 Caltanissetta  
Tel.: 0934565012 - Fax.: 0934575422  
e-mail: info@sidercem.it  
CER 1.2.4.b Rev. 0 del 30/06/2020

Timbro a secco

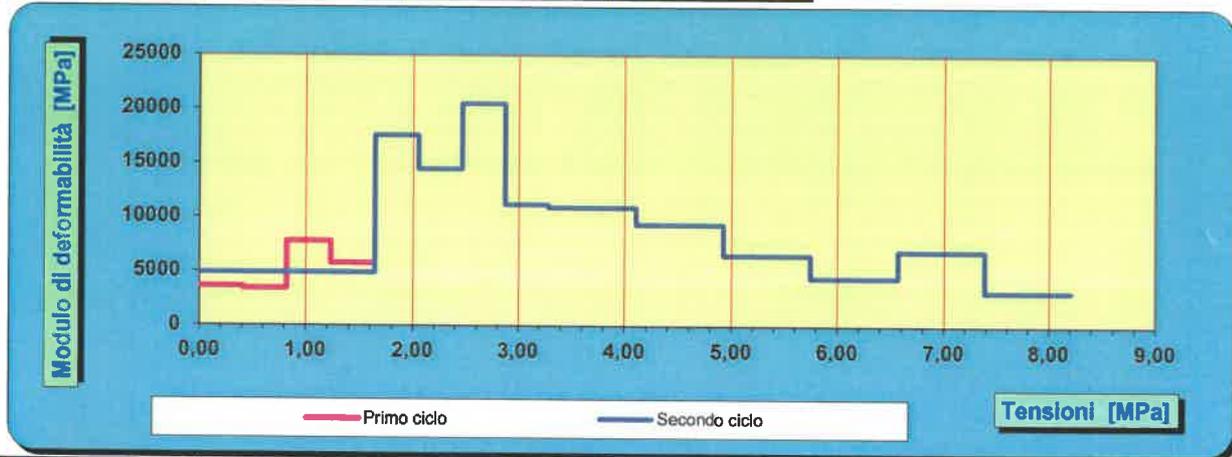
Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>				Luogo emissione: SIDERCER s.r.l. di Caltanissetta			
Data accettazione:	15/02/2022					<b>C-DIA-C 9675      05/04/2022</b>			
Data inizio prova:	04/02/2022	<b>MARTINETTO PIATTO DOPPIO</b>							
Data fine prova:	04/02/2022					<b>ASTM C1197</b>			
Materiale di prova:	muratura	Ubicazione indagini: Opera al km 339+697 - spalla lato Caltagirone a 4,00 m da imbocco lato monte							
						Martinetto:      350x260x4      Base (mm):      400      Km      0,897      Ka=Am/At      0,915			

Foglio 6/6

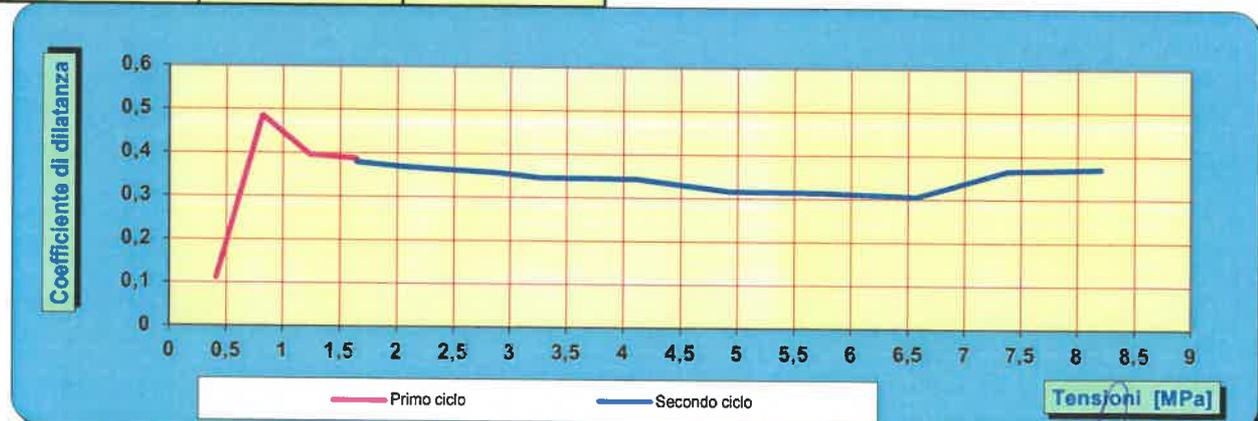
### 7 - Riepilogo

Pressione di rottura	<b>8,21 MPa</b>		
	Medio	Secante	
Modulo di deformabilità	1° ciclo	<b>5177,1</b>	<b>4625,5</b>
	2° ciclo	<b>8324,3</b>	<b>7932,5</b>

MPa  
MPa



Modulo di dilatanza	1° ciclo	<b>0,34</b>
	2° ciclo	<b>0,36</b>



Lo sperimentatore  
*Alberto La Maca*

Il Direttore di Laboratorio  
*dott. ing. Vincenzo Arena*

Il presente certificato è composto da n°6 fogli numerati da 1 a 6  
E' vietata la riproduzione, anche parziale, del presente documento.



P.I.V.A.: 01479620856

C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. - di Caltanissetta: 01754820874

Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.



Laboratorio: Via Libero Grassi,7  
(Area Industriale Calderaro)  
C.P. 287 - 93100 Caltanissetta  
Tel.: 0934 565012  
Fax.: 0934 575422  
e-mail: [info@sidercem.it](mailto:info@sidercem.it)  
pec: [sidercem@legalmail.it](mailto:sidercem@legalmail.it)  
web: [www.sidercem.it](http://www.sidercem.it)



**Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8**

<b>Committente:</b>	Italferr S.p.A.
<b>Direttore Esecuzione Contratto:</b>	ing. Stefano Ballerini
<b>Referente di Contratto:</b>	ing. Francesco Sacchi

**Ponte ad arco al km 339+697**



**Allegato D**

**Indagini magnetometriche**

Prott.nn.	Rev.	Indagini	Emissione	Redazione (UT)	Verifica (RLB)	Approvazione (RSQ)
C-DIA-A 5054	A	04/02/2022	06/04/2022	dott. ing. Angelo Pirrera	dott. ing. Nicola Gruttadauria	dott. ing. Vincenzo Arena



**SIDERCEM**  
S.r.l.  
Istituto di Ricerca e Sperimentazione  
C.F.-Iscr.C.C.I.A.A. di C/ssetta: 01754820874  
P.I.V.A.: 01479620856  
Capitale Sociale: €102.774,92 i.v.

**Laboratorio di Caltanissetta**  
via L. Grassi, 7 (Area Industriale Calderaro)  
C.P. 287 – 93100 Caltanissetta  
Tel.: 0934565012 - Fax.: 0934575422  
e-mail: info@sidercem.it  
CER 1.1.2 Rev. 0 del 30/06/2020

Timbro a secco

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta			
Data accettazione:	15/02/2022		<b>C-DIA-C 9673</b>	<b>05/04/2022</b>	Divisione:	Diagnostica
Data inizio prova:	04/02/2022				Settore:	CND
Data fine prova:	04/02/2022					
Materiale di prova:	Acciaio					

Foglio 1/2

**Richiedente:** ing. Stefano Ballerini nella qualità di Direttore per l'esecuzione del contratto  
**Committente:** Italferr s.p.A. nella qualità di Ente Appaltante  
**Referente di Contratto:** ing. Francesco Sacchi  
**Oggetto:** Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8

- (1) Le ubicazioni delle prove sono state indicate e sottoscritte dal: **Direttore per l'esecuzione del contratto**  
(2) Le prove sono state eseguite in data **04/02/2022**  
(3) Il presente certificato viene autenticato dalla SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione su ciascun foglio del timbro a secco visibile in alto. In assenza del timbro a secco il certificato è da ritenersi contraffatto.  
(4) Gli strumenti di misura impiegati per l'esecuzione delle prove, sono stati sottoposti alle verifiche di taratura in conformità alle periodicità prescritte nella circolare n° 633/STC e a quanto certificato dal DNV GL nel Sistema di Qualità Aziendale

Attrezzatura Impiegata	Matricola	Ente	Verifica Taratura	
			Data Verifica	Scadenza
Pacometro Ferroscan Hilti PS250	31224/014714003	Sidercem	All'utilizzo	-

**CERTIFICATO DI PROVA**  
**INDAGINE MAGNETOMETRICA**  
**[BS 1881-204:1998]**

Foto n°1 Ubicazione PAC1



Lo Sperimentatore  
Per: Ing. Alberto La Blaca

Il Direttore di Laboratorio  
dott. ing. Vincenzo Arena

Il presente certificato è composto da n°2 fogli numerati da 1 a 2  
E' vietata la riproduzione, anche parziale, del presente documento.



**SIDERCEM**  
s.r.l.  
Istituto di Ricerca e Sperimentazione  
C.F.-Iscr.C.C.I.A.A. di C/ssetta: 01754820874  
P.I.V.A.: 01479620856  
Capitale Sociale: €102.774,92 i.v.

Laboratorio di Caltanissetta  
via L. Grassi, 7 (Area Industriale Calderaro)  
C.P. 287 – 93100 Caltanissetta  
Tel.: 0934565012 - Fax.: 0934575422  
e-mail: info@sidercem.it  
CER 1.1.2 Rev. 0 del 30/06/2020

Timbro a secco

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta		
Data accettazione:	15/02/2022		<b>C-DIA-C 9673      05/04/2022</b>	Divisione:	Diagnostica
Data inizio prova:	04/02/2022			Settore:	CND
Data fine prova:	04/02/2022				
Materiale di prova:	Acciaio				

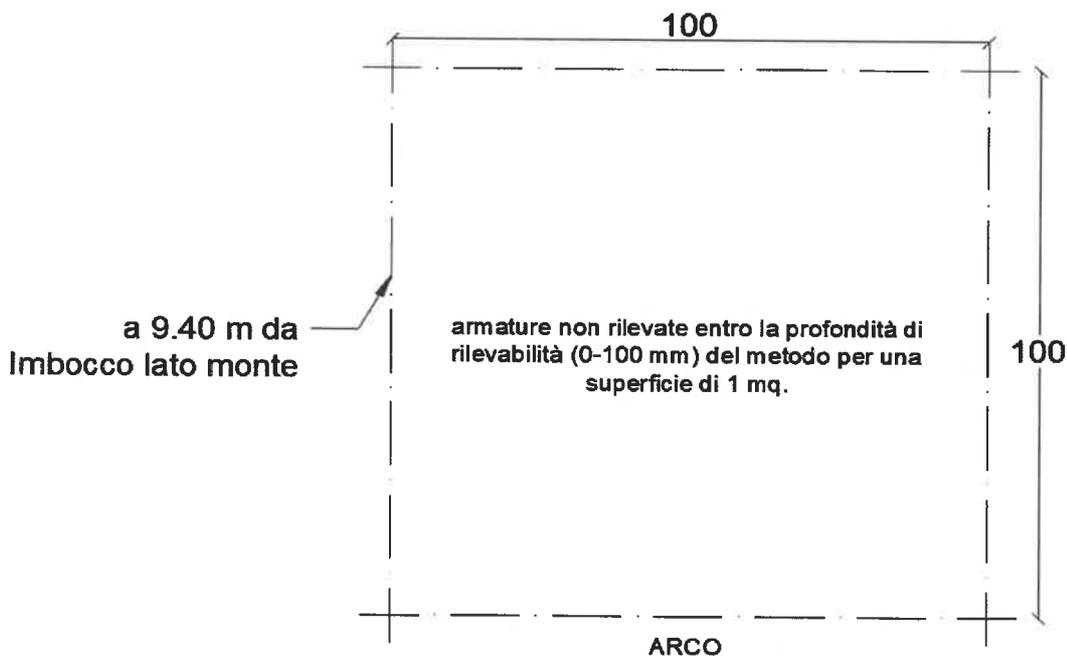
Pagina 2/2

**CERTIFICATO DI PROVA  
INDAGINE MAGNETOMETRICA**  
[BS 1881-204:1998]

**Scheda di rilievo delle barre d'armatura - PAC1**

Elemento Strutturale:	Ponte al km 339+697 - Arco
Ubicazione:	a 0,70 m da imposta arco, a 9,40 m da imbocco lato monte

**PAC1**



Staffe	Diametro (*)	Tipo di barra	Copriferro	Passo staffe
	[mm]	(**)	minimo [mm]	[mm]
	nr	nr	nr	-
Barre longitudinali	Diametro (*)	Tipo di barra	Copriferro	
	[mm]	(**)	minimo [mm]	
	nr	nr	nr	

Note: b: base putrella e: spessore ala  
h: altezza putrella

Lo Sperimentatore  
per: Ing. Alberto La Placa

Il Direttore di Laboratorio  
dott. ing. Vincenzo Arena



P.I.V.A.: 01479620856

C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. - di Caltanissetta: 01754820874

Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.

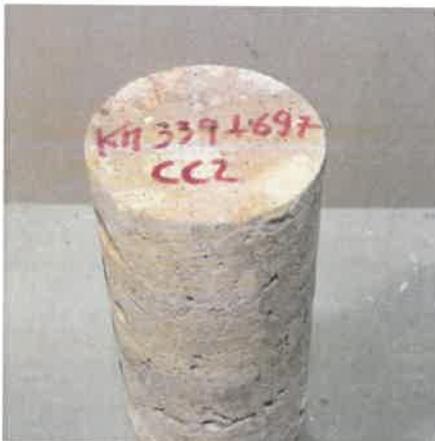
Laboratorio: Via Libero Grassi,7  
(Area Industriale Calderaro)  
C.P. 287 - 93100 Caltanissetta  
Tel.: 0934 565012  
Fax.: 0934 575422  
e-mail: [info@sidercem.it](mailto:info@sidercem.it)  
pec: [sidercem@legalmail.it](mailto:sidercem@legalmail.it)  
web: [www.sidercem.it](http://www.sidercem.it)



**Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8**

**Committente:** Italferr S.p.A.  
**Direttore Esecuzione Contratto:** ing. Stefano Ballerini  
**Referente di Contratto:** ing. Francesco Sacchi

**Ponte ad arco al km 339+697**



**Allegato E**

**Determinazione modulo elastico dinamico**

Prott.nn.	Rev.	Indagini	Emissione	Redazione (UT)	Verifica (RLB)	Approvazione (RSQ)
C-DIA-A 5054	A	04/02/2022	06/04/2022	dott. ing. Angelo Pirrera	dott. ing. Nicola Gruttadauria	dott. ing. Vincenzo Arena



**Istituto di Ricerca e Sperimentazione**  
 C.F.-Ischr.C.C.I.A.A. di C/ssetta: 01754820874  
 P.I.V.A.: 01479620856  
 Capitale Sociale: €102.774,92 i.v.

**Laboratorio di Caltanissetta**  
 via L. Grassi, 7 (Area Industriale Calderaro)  
 C.P. 287 – 93100 Caltanissetta  
 Tel.: 0934565012 - Fax.: 0934575422  
 e-mail: info@sidercem.it  
 CER 2.2.1 Rev. 0 del 30/06/2020

Timbro a secco

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	Luogo emissione:	SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta	
Data accettazione:	15/02/2022		C-DIA-C 9674	Divisione:	Diagnostica
Data inizio prova:	22/02/2022				Settore:
Data fine prova:	22/02/2022		05/04/2022		
Materiale di prova:	Calcestruzzo				

Foglio 1/2

**Richiedente:** ing. Stefano Ballerini nella qualità di Direttore per l'esecuzione del contratto

**Committente:** Italferr s.p.A. nella qualità di Ente Appaltante

**Referente di Contratto:** ing. Francesco Sacchi

**Oggetto:** Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8

- (1) Il numero di prove e le ubicazioni sono state indicate dal Direttore per l'esecuzione del contratto
- (2) Le prove sono state eseguite in data 22/02/2022 dal personale Sidercem srl
- (3) Il presente certificato viene autenticato dalla SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione su ciascun foglio del timbro a secco visibile in alto. In assenza del timbro a secco il certificato è da ritenersi contraffatto.
- (4) Gli strumenti di misura impiegati per l'esecuzione delle prove, sono stati sottoposti alle verifiche di taratura in conformità alle periodicità prescritte nella circolare n° 633/STC e a quanto certificato dal DNV GL nel Sistema di Qualità Aziendale

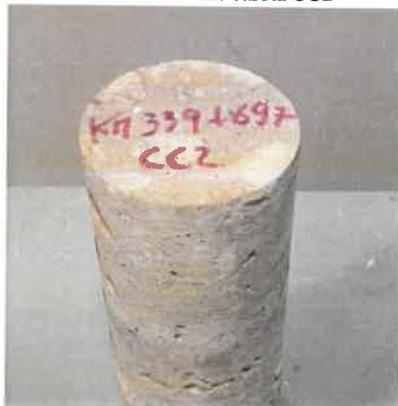
Attrezzatura Impiegata		Matricola	Ente	Verifica Taratura	
				Data Verifica	Scadenza
APPARECCHIATURA AD ULTRASUONI	MAE	M043424/M043425	Sidercem	All'utilizzo	-
Bilancia:	Ohaus	JA25781	SIDERCEM	gennaio-22	gennaio-23

**CERTIFICATO DI PROVA**

**MODULO ELASTICO DINAMICO DEL CALCESTRUZZO DA ULTRASUONI E CAROTAGGIO**

UNI EN 12504 – 4:2005 UNI 9524:1989

Foto 1- Misurazione carota CC2



Il presente certificato è composto da n°2 fogli numerati da 1 a 2

**Lo Sperimentatore**  
 dott. ing. Nicola Gruttadauria

**Il Direttore di Laboratorio**  
 dott. ing. Vincenzo Arena

Il presente certificato è composto da n°2 fogli numerati da 1 a 2  
 E' vietata la riproduzione, anche parziale, del presente documento.



**Istituto di Ricerca e Sperimentazione**  
 C.F.-Iscr.C.C.I.A.A. di C/ssetta: 01754820874  
 P.I.V.A.: 01479620856  
 Capitale Sociale: €102.774,92 i.v.

**Laboratorio di Caltanissetta**  
 via L. Grassi, 7 (Area Industriale Calderaro)  
 C.P. 287 – 93100 Caltanissetta  
 Tel.: 0934565012 - Fax.: 0934575422  
 e-mail: info@sidercem.it  
 CER 2.2.1 Rev. 0 del 30/06/2020

Timbro a secco

Prot. N°	C-DIA-A 5054	<b>CERTIFICATO</b>	<b>C-DIA-C 9674    05/04/2022</b>	Luogo emissione: SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta
Data accettazione:	15/02/2022			Divisione: Diagnostica
Data inizio prova:	22/02/2022			Settore: CND
Data fine prova:	22/02/2022			
Materiale di prova:	Calcestruzzo			

Foglio 2/2

## CERTIFICATO DI PROVA

MODULO ELASTICO DINAMICO DEL CALCESTRUZZO DA ULTRASUONI E CAROTAGGIO

**UNI EN 12504 – 4:2005    UNI 9524:1989**

### A- CARATTERISTICHE DELLA PROVA

La tecnica d'analisi si fonda sullo studio della propagazione di impulsi di vibrazione meccanica lungo una serie di traiettorie all'interno dell'elemento strutturale da analizzare. Lo scopo delle prove è:

- Verificare l'omogeneità di un elemento strutturale;
- Valutare qualsiasi mutamento delle proprietà dei materiali a causa di fenomeni di degrado;
- Esaminare i difetti in elementi strutturali (cavità, fessurazioni, strati superficiali danneggiati, ...).
- Stimare l'ordine di grandezza le proprietà meccaniche dei materiali utilizzati.

### B-STIMA DEL MODULO ELASTICO DINAMICO

Le velocità cui ci si riferisce, relative alle onde P (onde longitudinali primarie o di pressione), sono state determinate, calcolando il rapporto tra la distanza tra le sonde (pari nel caso specifico all'altezza della carota) ed il tempo di transito rilevato. Essa dipende dalle caratteristiche elastomeccaniche e dinamiche del mezzo (modulo di elasticità  $E_d$ , modulo di Poisson  $\nu$ , e dalla sua densità  $\rho$ ), secondo la seguente relazione, valida per mezzi omogenei e isotropi:

$$v_p = \sqrt{\frac{E \cdot (1 - \nu)}{\rho \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)}} \Rightarrow E = \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)} \cdot \rho v_p^2$$

Il presente certificato restituisce, sulla base delle misure eseguite, una stima del modulo elastico dinamico secondo la relazione sopra esposta, al variare del Coeff. di Poisson  $\nu$  secondo valori compresi tra 0,00 ( $E = \nu v^2$  ipotesi di calcestruzzo fessurato) e 0,20.

**Tabella 1.a** - Risultati delle prove di laboratorio sui provini ricavati dai campioni prelevati in cantiere.

Sigla	Parte d'opera	Localizzazione	PARAMETRI FISICI				Modulo elastico dinamico $E_d$ al variare del coeff. di Poisson			
			T	Vus	Mv	D	u=0	u=0,1	u=0,15	u=0,2
			[ms]	[m/s]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[mm]				
CC1	Ponte al km 339+697 - Arco	a 0,70 m da imposta arco, a 9,40 m da imbocco lato valle	100,4		1927	192,6	7092	6935	6717	6383
CC2	Ponte al km 339+697 - Arco	chiave in asse, a 9,30 m da imbocco lato valle	75,5	2550	1916	192,5	12458	12181	11798	11212
CC3	Ponte al km 323+371 - Arco faccia lato monte	a 0,90 m da estradosso cordolo, a 0,43 m da muro d'ala, lato monte	59,5	3244	1983	193,0	20864	20401	19760	18778

**Legenda:**

T: Tempo propagazione degli ultrasuoni [ms]; Vus: Velocità ultrasonica [m/s]; D: Distanza tra le sonde [mm];  
 \*Nota: Misura eseguita sui provini da sottoporre a prova di compressione

**Il Responsabile di Cantiere**  
 dott. ing. *Nicola Gruttadauria*

**Il Direttore di Laboratorio**  
 dott. ing. *Vincenzo Arena*

Il presente certificato è composto da n°2 fogli numerati da 1 a 2  
 E' vietata la riproduzione, anche parziale, del presente documento.



P.I.V.A.: 01479620856

C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. - di Caltanissetta: 01754820874

Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.

Laboratorio: Via Libero Grassi,7  
(Area Industriale Calderaro)  
C.P. 287 - 93100 Caltanissetta  
Tel.: 0934 565012  
Fax.: 0934 575422  
e-mail: [info@sidercem.it](mailto:info@sidercem.it)  
pec: [sidercem@legalmail.it](mailto:sidercem@legalmail.it)  
web: [www.sidercem.it](http://www.sidercem.it)

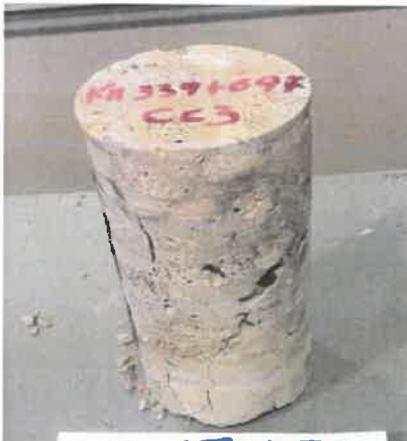
Timbro a secco



**Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8**

**Committente:** Italferr S.p.A.  
**Direttore Esecuzione Contratto:** ing. Stefano Ballerini  
**Referente di Contratto:** ing. Francesco Sacchi

**Ponte ad arco al km 339+697**



**Allegato F**

**Determinazione massa volumica e resistenza a compressione**

Prott.nn.	Rev.	Indagini	Emissione	Redazione (UT)	Verifica (RLB)	Approvazione (RSQ)
C-DIA-A 5054	A	04/02/2022	06/04/2022	dott. ing. Angelo Pirrera	dott. ing. Nicola Gruttadauria	dott. ing. Vincenzo Arena



**Istituto di Ricerca e Sperimentazione**  
 C.F.-Iscr.C.C.I.A.A. di C/ssetta: 01754820874  
 P.I.V.A.: 01479620856  
 Capitale Sociale: €102.774,92 i.v.

**Laboratorio di Caltanissetta**  
 via L. Grassi, 7 (Area Industriale Calderaro)  
 C.P. 287 – 93100 Caltanissetta  
 Tel.: 0934565012 - Fax.: 0934575422  
 e-mail: info@sidercem.it  
 CER 2.2.1 EDIZ. 2  
 REV 2 del 21/03/2018

Timbro a secco

<b>Prot. N°</b> 77797	<b>CERTIFICATO</b>	<b>Emesso il :</b>	<b>Luogo emissione:</b>
<b>Data accettazione:</b> 15/02/2022			SIDERCEM s.r.l. di Caltanissetta
<b>Data prova:</b> Vedi colonna data rottura			Laboratorio autorizzato: D.M. prot. 0000011 del 13/02/2020
<b>Materiali:</b> Carote di calcestruzzo			<b>Divisione</b> L. 1086/71 - Circ. 7617/STC
	<b>615222</b>	<b>06/04/2022</b>	<b>Settore</b> Calcestruzzi

Foglio 1 / 1

**Richiedente:** ing. Stefano Ballerini nella qualità di Direttore dell'esecuzione del Contratto

**Committente:** Italferr s.p.A. nella qualità di Ente Appaltante

**Referente di contratto:** ing. Francesco Sacchi

**Oggetto:** Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscampa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8

(1) La provenienza e le caratteristiche del prelievo sono dichiarate e sottoscritte dal: Direttore dell'esecuzione del Contratto

(2) I prelievi sono stati eseguiti in data 04/02/2022

(3) I provini sono stati ricavati in laboratorio dai campioni consegnati dal Personale Sidercem

(4) Gli strumenti di misura impiegati per l'esecuzione delle prove, sono stati sottoposti alle verifiche di taratura in conformità alle periodicità prescritte nella circolare n° 7617/STC e a quanto certificato dal DNV GL nel Sistema di Qualità Aziendale:

Attrezzatura Impiegata		Matricola	Ente	Taratura	
				Data Verifica	Scadenza
Pressa / Macchina:	Controls	15006326	UNIVERSITA' DI ENNA	15/01/22	31/01/23
Bilancia:	Ohaus	JA25781	SIDERCEM	15/01/22	31/01/23
Calibro:	A corsoio	CAL 1119	SIDERCEM	15/01/22	31/01/23

### CERTIFICATO DI PROVA

PROVA di COMPRESIONE e MASSA VOLUMICA

DM 17/01/2018 - UNI EN 12504-1 - UNI EN 12390-3 - UNI EN 12390-7

CARATTERISTICHE DEL PRELIEVO				CARATTERISTICHE MECCANICHE E FISICHE								NOTE		
Data Prelievo	Data rottura	Sigla	Ubicazione	D <sub>agg</sub> [mm]	P [g]	Mv (**) [kg/m <sup>3</sup> ]	d [mm]	h [mm]	A [mm <sup>2</sup> ]	F [kN]	f <sub>c</sub> [MPa]			
04/02/2022	22/02/2022	CC1	Caltagirone - Gela- Ponte al km 339+697 - Arco - a 0,70 m da imposta arco, a 9,40 m da imbocco lato valle	25,9	2576	1930	94,0	192,6	6940	15,5	2,3	S	R	a - c
04/02/2022	22/02/2022	CC2	Caltagirone - Gela- Ponte al km 339+697 - Arco - chiave in asse, a 9,30 m da imbocco lato valle	28,3	2560	1920	94,0	192,5	6940	14,3	2,1	S	R	a - c
04/02/2022	22/02/2022	CC3	Caltagirone - Gela- Ponte al km 323+371 - Arco faccia lato monte - a 0,90 m da estradosso cordolo, a 0,43 m da muro d'ala, lato monte	22,5	2656	1980	94,0	193,0	6940	70,0	10,1	S	R	a - c

**Legenda :** D<sub>agg</sub>= Diametro massimo aggregato; P: peso del campione; Mv: Massa volumica; d: diametro del provino; h: altezza del provino; F: carico totale; f<sub>c</sub>: resistenza a compressione;  
 Tipo di rottura : S = soddisfacente; A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K = non soddisfacente ai sensi della UNI EN 12390-3;  
 R: Provino rettificato mediante molatura; N.R.: Provino che non necessita di rettifica. "come ricevuto";  
 [a] Vuoti su superficie appoggio; [b] Lesioni visibili all'interno del provino; [c] Vespai visibili all'interno del provino; [d] Barre all'interno del provino;  
 (\*\*\*) Condizioni del provino al momento della prova "come ricevuto" e metodo per la determinazione del volume "misurazione dei lati";

**Lo Sperimentatore**  
 ing. Calogero Puleo

**Il Direttore di Laboratorio**  
 dott. ing. Vincenzo Arena

Il presente certificato è composto da un foglio e' vietata la riproduzione, anche parziale, del presente documento.



P.I.V.A.: 01479620856

C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. - di Caltanissetta: 01754820874

Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.

Laboratorio: Via Libero Grassi,7  
(Area Industriale Calderaro)  
C.P. 287 - 93100 Caltanissetta  
Tel.: 0934 565012  
Fax.: 0934 575422  
e-mail: [info@sidercem.it](mailto:info@sidercem.it)  
pec: [sidercem@legalmail.it](mailto:sidercem@legalmail.it)  
web: [www.sidercem.it](http://www.sidercem.it)



**Accordo Quadro N. 200001460 - Esecuzione di rilievi ed indagini strutturali conoscitive su opere d'arte sotto binario e muri di sottoscarpa nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica relativo al ripristino della tratta Caltagirone-Gela - C.A.8**

**Committente:** Italferr S.p.A.  
**Direttore Esecuzione Contratto:** ing. Stefano Ballerini  
**Referente di Contratto:** ing. Francesco Sacchi

**Ponte ad arco al km 339+697**



**Allegato G**

**Documentazione fotografica**

Prott.nn.	Rev.	Indagini	Emissione	Redazione (UT)	Verifica (RLB)	Approvazione (RSQ)
C-DIA-A 5054	A	04/02/2022	06/04/2022	dott. ing. Angelo Pirrera	dott. ing. Nicola Gruttadauria	dott. ing. Vincenzo Arena

Foto 1 - Vista panoramica dell'opera



Foto 2 - Tipologia di muratura



G - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 3 - Estrazione microcarota C1

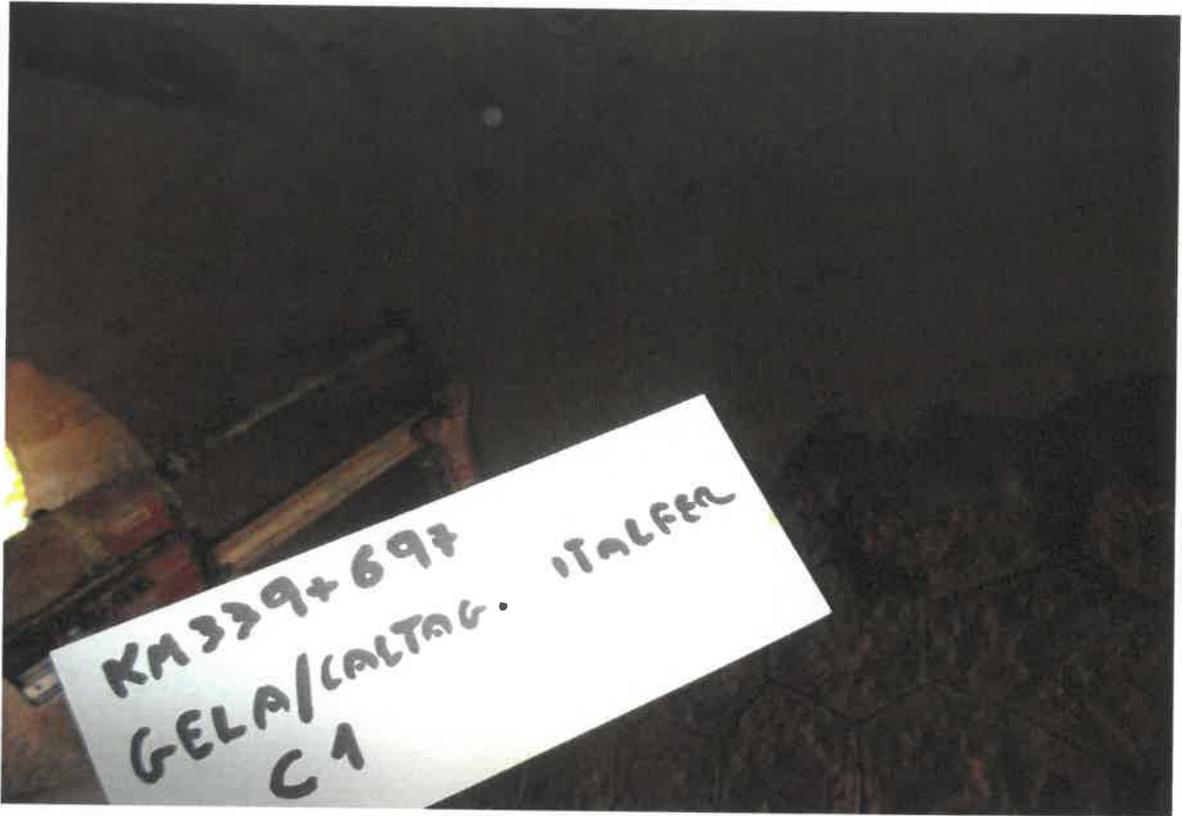
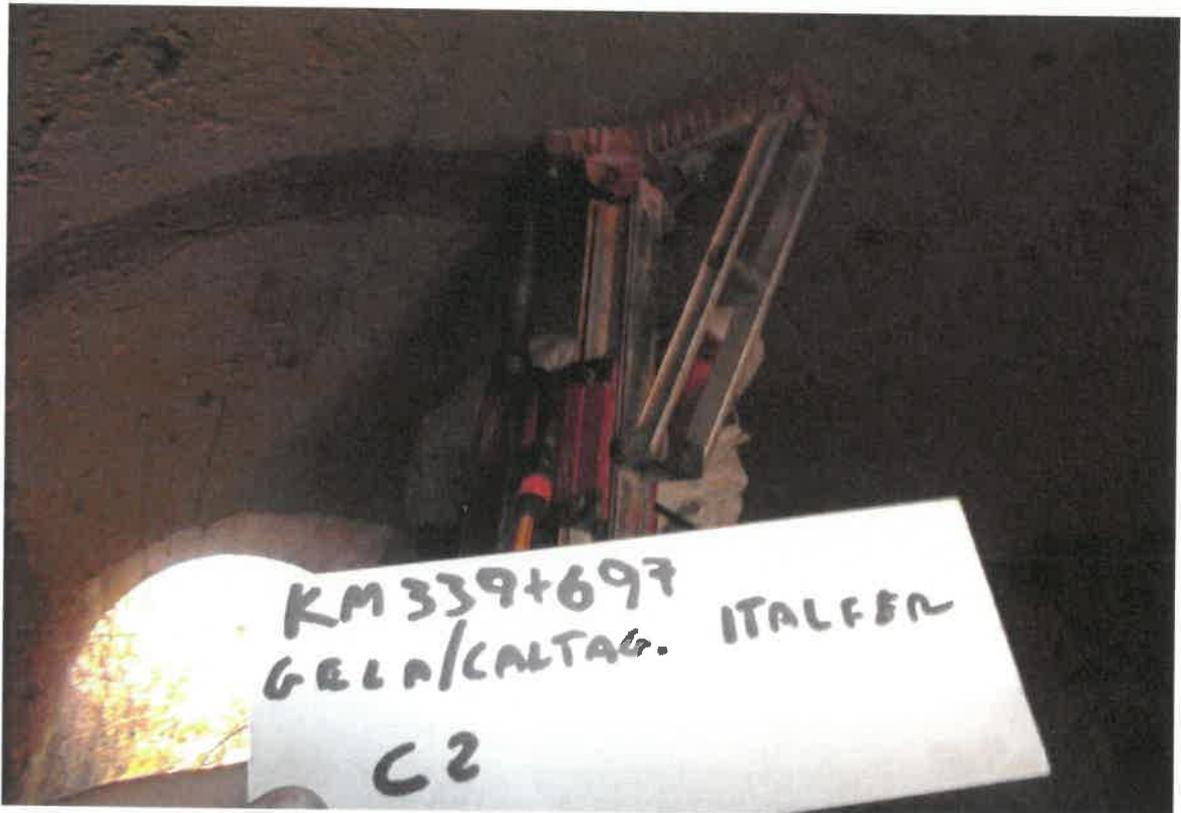


Foto 4 - Estrazione microcarota C2



G - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 5 - Estrazione microcarota C4

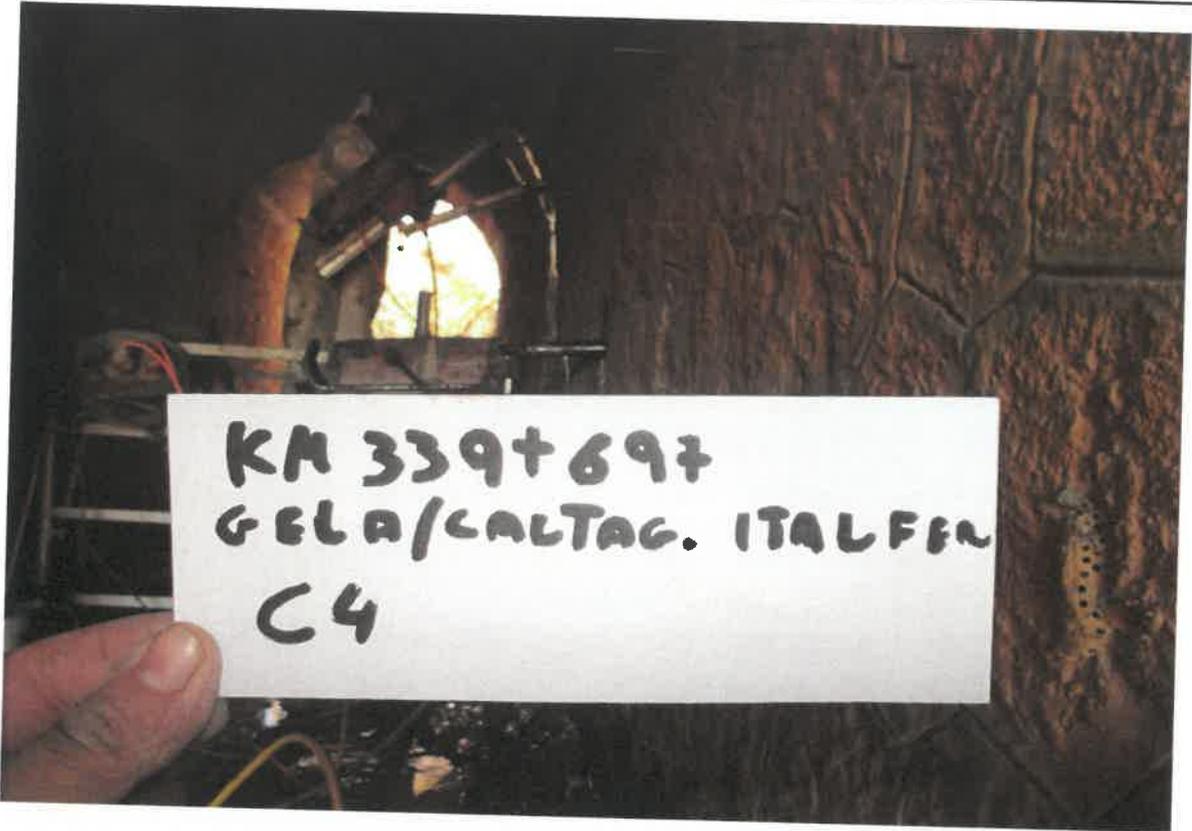


Foto 6 - Estrazione microcarota C6

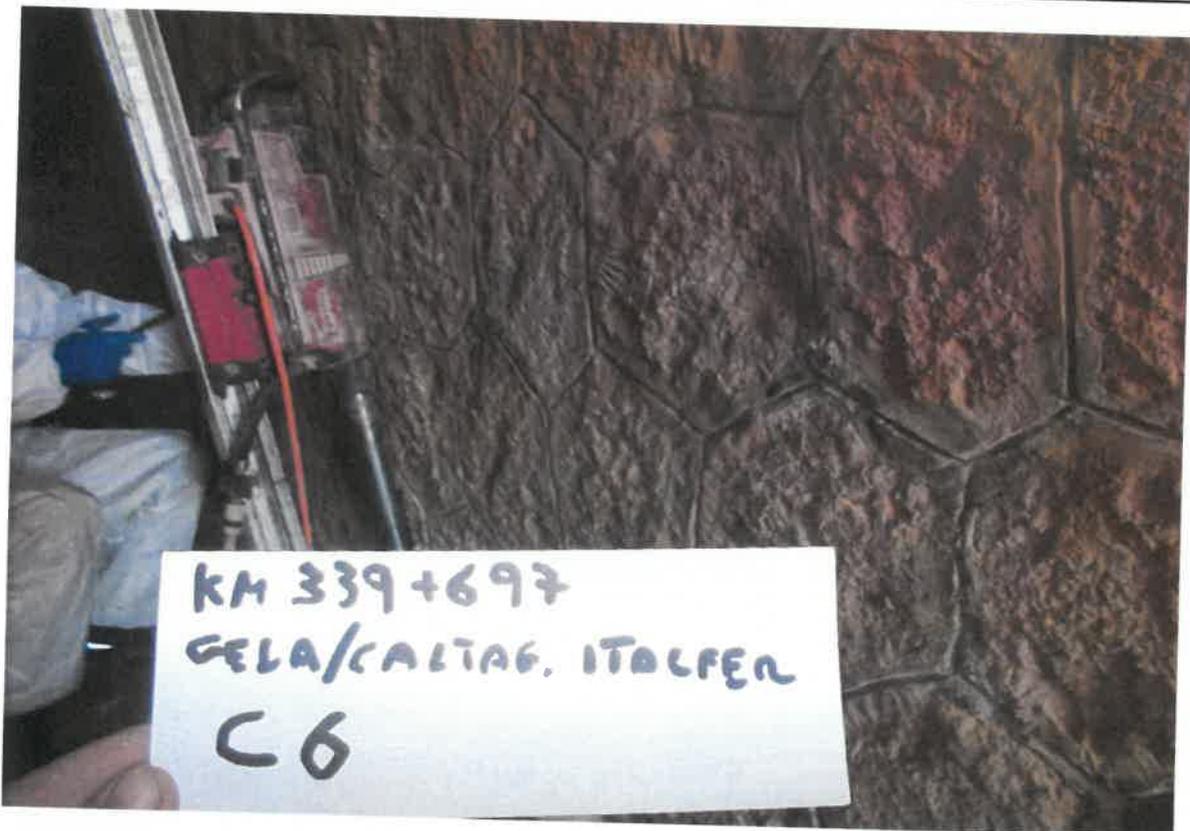


Foto 7 - Estrazione microcarota C7



Foto 8 - Estrazione microcarota C8

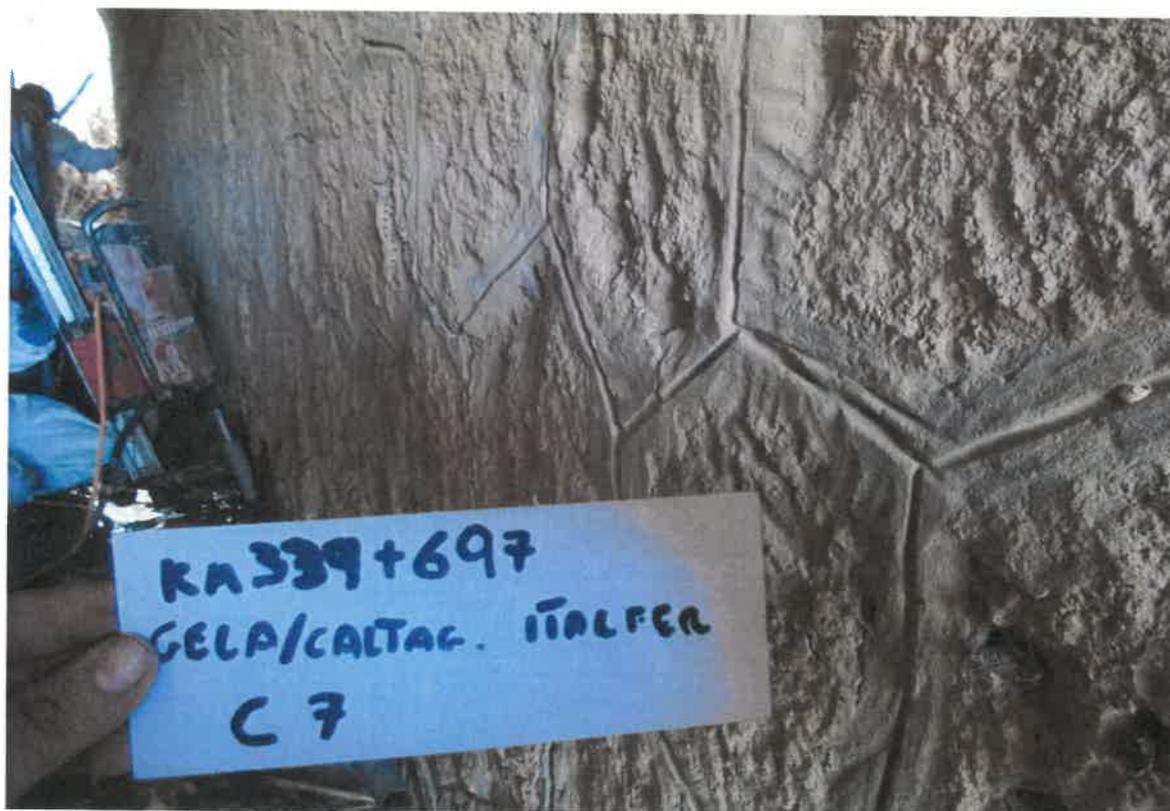


Foto 9 - Rottura della muratura MPD1



Foto 10 - Lettura deformazione MPD1



Foto 11 - Estrazione carota CC1

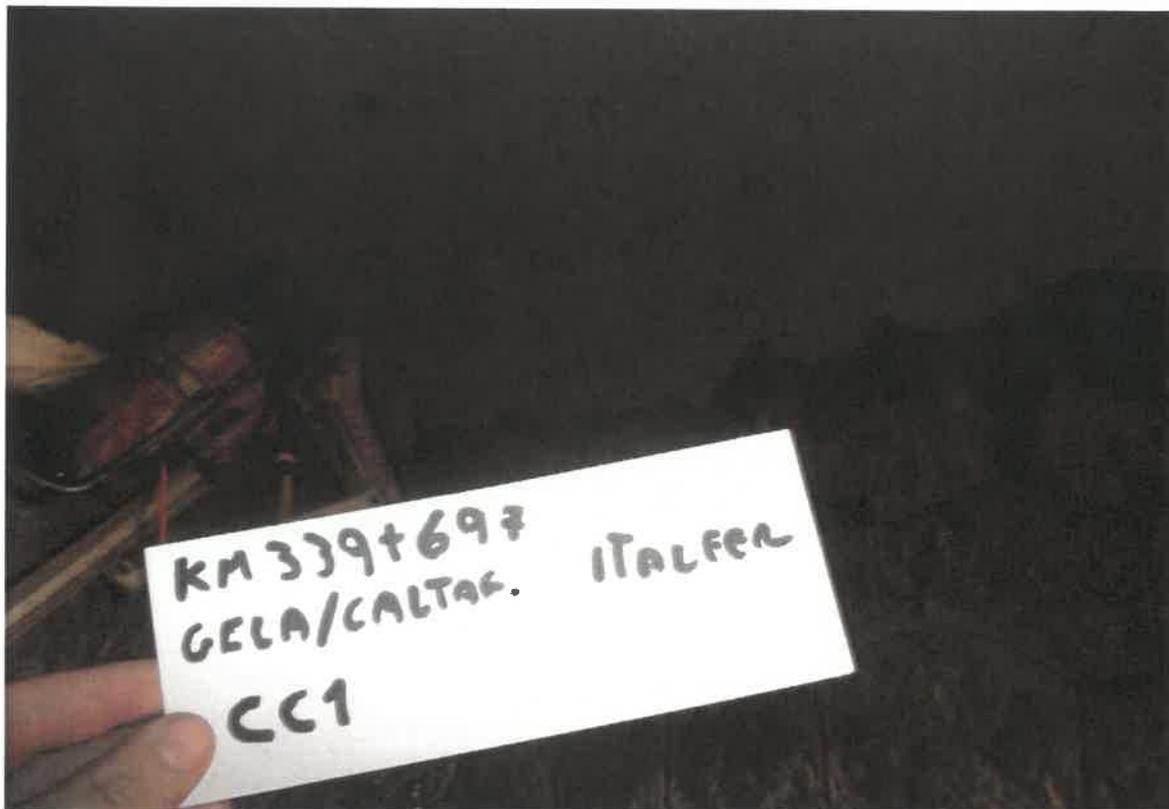


Foto 12 - Ubicazione PAC1

