



R.T.P. "Marino" : ABGroup s.n.c. (capogruppo), Vamirgeoind s.r.l. (mandante)
Via Maggiore Toselli n.10 - 90143 Palermo (PA) - Tel./Fax +39 091 2513514
Via Giuseppe Licata n.311 - 92019 Sciacca (AG) - Tel./Fax +39 0925 25144
www.abgroupweb.it email:info@abgroupweb.it

COMUNE DI MONTEVAGO

Provincia di Agrigento

Servizio di indagini, prove di laboratorio, verifica sismica al fine della vulnerabilità sismica e
definizione degli interventi strutturali della Scuola dell'infanzia "Biagio Marino"

CIG: Z9728B5ADC - CUP: C11G18000190006

IL R.U.P.

Ing. Rosa Letizia Maria Sanzone

IL TECNICO:

R.T.P. "Marino": ABGroup s.n.c. (capogruppo)

Ing. Matteo Accardi



R03

OGGETTO: PIANO DI INDAGINI E RISULTATI

SCALE:///

DATA: 07/01/2020

Revisione:00 - Prima emissione

SPAZIO PER I VISTI:

R.03 RELAZIONE PIANO DI INDAGINI E RISULTATI

Sommario

1.	PREMESSA.....	2
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
3.	DESCRIZIONE DELL'IMMOBILE OGGETTO D'INDAGINE	2
4.	IL PERCORSO DELLA CONOSCENZA	4
4.1.	INDAGINE DOCUMENTALE, STORICA E ARCHIVISTICA	6
4.2.	RILIEVO GEOMETRICO	7
4.3.	DETTAGLI COSTRUTTIVI	7
4.4.	PROPRIETA' DEI MATERIALI	10
5.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA LOCALE	14
6.	IDENTIFICAZIONE STRUTTURALE DINAMICA.....	15
7.	CONCLUSIONI.....	16
	ALLEGATO A – RISULTATI PROVE DI COMPRESSIONE SUI CLS.....	17
	ALLEGATO B – RISULTATI PROVE DI TRAZIONE BARRE	19
	ALLEGATO C – REPORT CARBONATAZIONE	21
	ALLEGATO D – PROVE SONREB.....	22

1. PREMESSA

La presente relazione si propone di definire il piano di indagini per l'esecuzione di indagini diagnostiche e verifiche tecniche finalizzate alla valutazione del rischio sismico della scuola dell'Infanzia "Biagio Marino", sita in via Meli n.2 a Montevago (AG) nonché al conseguenziale aggiornamento della relativa mappatura, prevista dall'OPCM n. 3274/2003 e ss.mm.ii..

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il piano di indagine proposto è stato sviluppato in accordo alla seguente normativa tecnica:

- D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018 (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni".
- Circolare 11 febbraio 2019 n. 5 alla Gazzetta ufficiale n. 35 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ("Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018").

3. DESCRIZIONE DELL'IMMOBILE OGGETTO D'INDAGINE

L'edificio oggetto della presente relazione, denominato scuola dell'infanzia Biagio Marino, è costituito da n. 3 strutture in cemento armato identificati al Foglio 13 p.lla 3217 del Comune di Montevago costruiti dopo il terremoto del Belice (1968) e precisamente nel 1974. Gli edifici si trovano all'interno di un lotto di terreno posto lungo la via Pirandello e confina da un lato col viale XV Gennaio, dall'altro con la via Largo Dante Alighieri e nel quarto lato con la via Giovanni Meli.

L'accesso all'area avviene dalla via Giovanni Meli attraverso un porticato circolare in c.a. dal quale dipartono le appendici di collegamento ai fabbricati. I percorsi e gli spazi esterni all'interno del lotto sono in parte pavimentati e in parte sistemati a giardino. L'accesso all'area avviene dalla via Giovanni Meli attraverso un porticato circolare in c.a. dal quale dipartono le appendici di collegamento ai fabbricati. I percorsi e gli spazi esterni all'interno del lotto sono in parte pavimentati e in parte sistemati a giardino. All'interno del lotto sono ubicati:

- un primo complesso scolastico di forma planimetrica a C (denominato corpo A), ad una elevazione, le cui dimensioni massime sono di 33,00m x 30,00m circa e altezze variabili di 5,45m – 4,00m e

2,90m, possiede un sistema strutturale a telai in c.a. con tamponamento in laterizi forati o blocchi di laterizio e rivestimento in intonaco civile su entrambe le facce della muratura e copertura non praticabile con annesso un piccolo fabbricato di dimensioni in pianta di 16m x 8,5m, ad una sola elevazione, anch'esso a struttura intelaiata in c.a. destinato ad ambienti di servizio per il corpo scolastico e copertura non praticabile;

- il secondo immobile, denominato corpo B, anch'esso destinato ad aule e uffici, è posto in posizione simmetrica rispetto all'ingresso e al porticato circolare, ma ha una forma planimetrica composta da due rettangoli sfalsati che occupano una dimensione in pianta di circa 25m x 40m. Il manufatto è ad una sola elevazione fuori terra con altezze variabili dai 3.50m ai 5.90m e solo in una limitata area possiede due elevazioni fuori terra con interpiani di altezza 3.30m ciascuno con copertura a livello praticabile.
- Il terzo manufatto, denominato corpo C, è costituito dal porticato circolare e dal tratto rettilineo che lo congiunge al corpo A



Figura 1 – Scuola dell'infanzia Biagio Marino

Il sistema strutturale è dunque comune a tutti e tre i corpi e riproduce il classico dell'epoca con schema a telaio in c.a., solai in laterocemento, fondazioni superficiali a travi rovesce poste ad una quota di circa 3.00m dal piano di campagna che delimitano un piano interrato non accessibile e racchiuso da pareti perimetrali in c.a..

4. IL PERCORSO DELLA CONOSCENZA

Le Norme Tecniche sulle Costruzioni del 2008 hanno introdotto nuovi principi di investigazione delle strutture esistenti identificando un metodo, denominato “percorso di conoscenza”, attraverso il quale è possibile definire le caratteristiche fisiche, geometriche e meccaniche del manufatto. Il percorso della conoscenza è stato confermato anche nelle più recenti NTC 2018 e i concetti applicativi sono stati ampliati ed esplicitati nella recente Circolare n.7 del 21.01.2019. In relazione al livello di conoscenza raggiunto (LC), funzione di diversi aspetti che riguardano il manufatto, si determina un fattore di confidenza (FC) che incrementa ulteriormente i coefficienti di sicurezza dei materiali.

Si distinguono tre livelli di conoscenza: LC1 (conoscenza limitata), LC2 (conoscenza adeguata) e LC3 (conoscenza accurata). Le informazioni che concorrono alla definizione del LC riguardano i seguenti aspetti strutturali:

- Geometria, ossia le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali;
- Dettagli costruttivi, ossia le quantità e disposizione delle armature;
- Materiali, ossia le proprietà meccaniche dei materiali costituenti.

La relazione tra livelli di conoscenza, metodi di analisi e fattori di confidenza è illustrata nella seguente Tabella C8.5.IVA estratta dalla Circolare n.7 del 11/02/2019 alle NTC 2018.

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

Obiettivo della campagna, come previsto dal *Disciplinare di Incarico* allegato al bando di gara, è il raggiungimento di un **livello di conoscenza LC2**.

A tale scopo è stata condotta una **ricerca archivistica** della documentazione originale di progetto, presso gli archivi del Comune di Montevago, gli uffici del Genio Civile di Agrigento e l'archivio dei progetti per la ricostruzione successiva al terremoto del Belice, presso il comune di Salaparuta rinvenendo copia del progetto redatto dall'ing. G. Fiore (I.S.E.S. Ispettorato per lo Sviluppo dell'Edilizia Sociale) risalente al 1970 e oggetto di successivi aggiornamenti e varianti, i cui lavori sono stati affidati all'impresa Crapanzano Salvatore e diretti dal D.L. Arch. Giuseppe Provenzale.

Sulla base della documentazione acquisita, la quale ha permesso di ricostruire compiutamente tutta la geometria degli elementi strutturali, è stato effettuato un **rilevo visivo e strumentale a campione** per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito agli elaborati grafici reperiti.

Per ciò che riguarda i *dettagli costruttivi*, vista la disponibilità della documentazione progettuale originaria per quasi tutti i corpi costituenti l'edificio, si è eseguita una **verifica limitata** in situ. Per quanto riguarda la *proprietà dei materiali*, disponendo della documentazione originaria di progetto, è stato sufficiente eseguire **prove limitate** in situ. Il numero di verifiche di dettagli e prove sui materiali di base, calcestruzzo ed acciaio, è riportato nella Tabella C8.5.V di seguito riportata ed estratta dalla Circolare n.7 del 11/02/2019.

Tabella C8.5.V – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di c.a.

Livello di Indagini e Prove	Rilievo (dei dettagli costruttivi) ^(a)	Prove (sui materiali) ^{(b)(c)(d)}
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
<i>limitato</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
<i>esteso</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
<i>esaustivo</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Come riportato nell'art. 4 del *Capitolato tecnico prestazionale* allegato al bando, e ribadito dalla stessa circolare esplicativa delle N.T.C. 2018, i valori riportati nella tabella sono indicativi in quanto 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.

(b) Le prove sugli acciai sono finalizzate all'identificazione della classe dell'acciaio utilizzata con riferimento alla normativa vigente all'epoca di costruzione. Ai fini del raggiungimento del numero di prove sull'acciaio necessario per acquisire il livello di conoscenza desiderato è opportuno tener conto dei diametri (nelle strutture in c.a.) o di più diffuso impiego negli elementi principali, con esclusione delle staffe.

(c) Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con almeno il triplo di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive.

(d) Il numero di provini riportato nelle tabelle C8.5.V e C8.5.VI può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera, tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine.

Si ricorda inoltre che ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con almeno il triplo di prove non distruttive.

4.1. INDAGINE DOCUMENTALE, STORICA E ARCHIVISTICA

Nelle more della definizione del piano d'indagine è stata condotta una **ricerca archivistica** della documentazione originale di progetto, presso:

- **gli uffici e gli archivi del Comune di Montevago**, in cui non è stata ritrovata nessuna documentazione inerente il manufatto, anche se la S.A. ha consegnato una copia del rilievo digitale del fabbricato;
- gli uffici del Genio Civile di Agrigento in cui non è stata ritrovata nessuna documentazione inerente il manufatto;
- **l'archivio dei progetti della ricostruzione posti sismica del '68** riguardante i comuni del Belice, presso i locali ubicati nel comune di Salaparuta, in cui sono state ritrovate due carpette riguardanti la scuola materna e asilo nido corrispondenti all'attuale scuola "Biagio Marino" di Montevago. Nello specifico è stato recuperato il progetto originario redatto dal prof. ing. G. Fiore redatto il 24.04.1970 e la perizia di variante redatta dal direttore dei lavori arch. Giuseppe Provenzale, comprensiva degli elaborati grafici (carpenterie ed esecutivi) e tecnici (computo metrico e calcoli esecutivi), con visto dell'Ispettorato Generale per le zone colpite dal terremoto del gennaio 1968 riportante la datazione del 27.07.1973, i cui lavori furono eseguiti dall'impresa Crapanzano Salvatore.

La ricerca ha evidenziato che la struttura, nel suo assetto attuale, è stata oggetto di modifiche al progetto originario, ma si è potuto appurare che l'attuale manufatto è stato eseguito unitariamente e non sono state effettuate trasformazioni strutturali successive a quella di realizzazione.

4.2. RILIEVO GEOMETRICO

Disponendo del progetto originario si è eseguito **un rilievo visivo e strumentale a campione** per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni originali.

Il rilievo ha consentito la ricostruzione delle carpenterie e delle sezioni strutturali che sono state successivamente restituite negli elaborati grafici allegati alla verifica di vulnerabilità. Contestualmente è stato eseguito anche un rilievo architettonico per cui sarà fornito alla committenza anche il **modello B.I.M.** architettonico e strutturale **LOD D** del plesso scolastico.

4.3. DETTAGLI COSTRUTTIVI

Disponendo del progetto originario si è eseguita una **verifica limitata** in situ dei dettagli costruttivi. Le verifiche sono state effettuate attraverso perforazioni e saggi a campione sugli elementi strutturali del sistema resistente, nonché con indagini pacometriche e termografiche.

I **saggi** e le **perforazioni** sono state eseguite con lo scopo di esaminare direttamente lo spessore e gli strati degli orizzontamenti, nonché rilevare numero e diametro delle barre in acciaio di travi, pilastri e setti in c.a.. A tale scopo sono stati praticati delle perforazioni sui solai eseguendo una endoscopia per rilevare lo spessore del massetto, della caldana e della pignatta in laterizio.



Figura 2 – Perforazione solaio in laterocemento_piano terra



Figura 3 – Endoscopia orizzontamento copertura P1

E' stato esaminato il grado di ossidazione, rilevato il numero delle barre e misurato il diametro delle barre in acciaio di travi, pilastri e setti, dopo aver rimosso intonaco e copriferro.



Figura 4 – Martello scalpellatore



Figura 5 – Misurazione del diametro delle barre

L'**indagine pacometrica** è una prova non distruttiva per l'identificazione delle armature all'interno dei getti di calcestruzzo: mediante tale indagine di tipo magnetico è possibile rilevare con buona precisione la posizione di barre di armatura presenti nelle membrature di calcestruzzo armato, la loro profondità (copriferro) e stimare il loro diametro.

Tale metodologia d'indagine si avvale del principio della misurazione dell'assorbimento del campo magnetico, prodotto dalla stessa apparecchiatura pacometrica, che viene evidenziato tramite un sistema analogico o digitale accoppiato ad un sistema acustico per una più comoda effettuazione della ricerca degli elementi metallici.

Per l'esecuzione della prova è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- pacometro "Covermaster P331-H" della Elcometer, Modello SH, s/n/ JD27057-003 con certificato di calibratura n. 46588 del 14/05/2009;
- sonda standard s/n JD28084-017;
- sonda maxi sonda maxi (di profondità) s/n JK36012-009.

La posizione di ciascuna barra di armatura rilevata è stata tracciata mediante pennarello sulla superficie indagata per una migliore lettura della gabbia d'armatura inglobata nell'elemento strutturale.



Figura 6 - Centralina pacometrica



Figura 7 – Indagine pacometrica su un pilastro in c.a.

La **termografia** è una tecnica diagnostica non invasiva che fornisce la distribuzione delle temperature sulle superfici misurando la radiazione infrarossa emessa dai corpi. Lo strumento utilizzato per valutare la distribuzione delle temperature superficiali è la termocamera, la quale "cattura" l'energia infrarossa emessa da un corpo, convertendola in un segnale elettronico che viene successivamente elaborato al fine di costruire una mappa termografica in bianco e nero o a falsi colori visualizzata sul display della stessa fotocamera. Per le indagini termografiche, utili per individuare le orditure dei solai e la presenza di elementi in c.a. inseriti all'interno delle tamponature esistenti, è stata utilizzata una termocamera Flir E8 con risoluzione a infrarosso a 76.800 (320 × 240).



Figura 8 – Vista all'infrarosso_telaio c.a. Corpo A

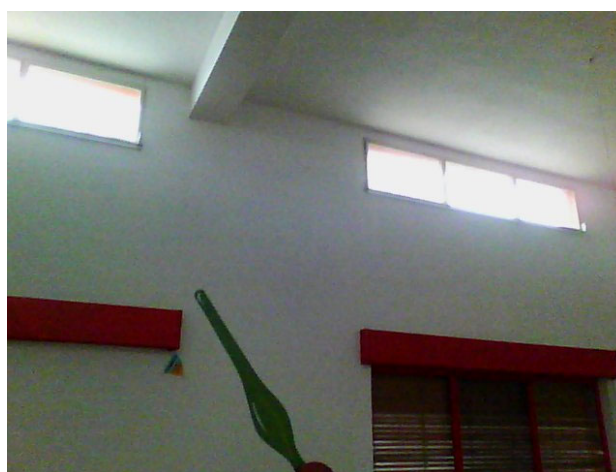


Figura 9 – Immagine visibile _Corpo A



Figura 10 – Vista all’infrarosso_orditura solai (Scuola)



Figura 11 - Immagine visibile_intradosso dei solai (Scuola)

4.4. PROPRIETA' DEI MATERIALI

L'edificio scolastico è strutturale suddiviso in 3 corpi strutturali, denominati corpo A, B e C ed ha una superficie coperta complessiva a **piano terra** di **1.171** mq e al **piano primo** di **49** mq (solo corpo B). Seguendo lo schema riportato nella Tabella C8.5.V di seguito riportata ed estratta dalla circolare 7 del 11/02/2019, per indagini limitate sarebbero necessari:

Piano Fondazioni/interrato: -----

Piano terra: n. 12 carotaggi, n. 1 estrazioni di barra

Piano primo: n. 2 carotaggi, n. 1 estrazioni di barra

Totale: n. 14 carotaggi, n. 2 estrazioni di barra

Il piano d'indagine proposto, tenendo conto delle diverse fasi costruttive dell'edificio e delle specificità riscontrate, prevede **n. 11 carotaggi** e **n. 2 estrazioni di barre**, dislocati come da elaborati grafici allegati al presente piano d'indagine. Nello specifico, in questo incarico sono stati effettuati n.7 carotaggi e n.1 prelievo di barra, mentre in una precedente campagna d'indagine eseguita nel 2015, ad opera della stessa ditta RTA, sono state eseguiti ulteriori n.4 prelievi di carote in cls e n.1 barra in acciaio.



Figura 12 – estrazione di carota in cls



Figura 13 – estrazione di barra in acciaio

Ad integrazione e completamento dei carotaggi prelevati, e in considerazione del vano interrato rinvenuto, sono state effettuate ulteriori **n. 21 prove non distruttive** (corrispondenti a 7 carotaggi), tipo **SONREB**, i cui risultati sono riportati per esteso in allegato. I risultati delle prove non distruttive sono stati prima calibrati sulle carote in cls e hanno permesso di definire i parametri “a” e “b” della curva di correlazione esponenziale, dunque estesi agli elementi strutturali portanti verticali e orizzontali.



Figura 14 Prova SONREB su elemento strutturale

Il metodo SONREB prevede l'uso combinato di due metodi indiretti di indagine per la valutazione della resistenza del cls: **sclerometro** e **onde ultrasoniche**. I margini di incertezza delle singole prove vengono in

tal modo mitigati dando quindi maggiore affidabilità ai dati rilevati. Su ciascun elemento strutturale da indagare sarà effettuata preliminarmente la rilevazione della disposizione dei ferri d'armatura dell'elemento strutturale indagato mediante pacometro e loro segnatura sull'elemento stesso tramite gessetti o altro. Tale operazione deve essere eseguita su entrambe le facce evidenziando sia le barre longitudinali che le staffe. La necessità di eseguire tale fase operativa con grande attenzione è legata all'esigenza di evitare l'intercettamento di barre d'armatura durante l'esecuzione delle battute sclerometriche e delle letture ultrasoniche, condizione indispensabile per desumere valori attendibili della resistenza del calcestruzzo, e ancor di più, durante l'operazione di carotaggio, al fine di escludere nello svolgimento della prova.

Lo **SCLEROMETRO** è uno strumento "a massa battente" con cui si misura la durezza superficiale dell'elemento strutturale che è strettamente collegata alla resistenza e durabilità dei materiali esaminati. La prova comprende n. 12 battute per ogni zona di misura individuata, avendo cura di mantenere una sufficiente distanza dalle armature rilevate, su entrambe le facce dell'elemento strutturale, alla stessa quota. La battuta deve essere eseguita sulla superficie di cls privata di sporgenze e resa uniforme dall'esecuzione di raschiatura della parte con mola a mano. Lo strumento sarà disposto in modo da formare un angolo pari a 0° rispetto all'orizzontale; possono usarsi altri angoli, ma 0° è il più semplice da mantenere per tutte le battute. Lo strumento è appoggiato alla superficie da provare con l'asta di percussione in posizione di massima estensione; l'asta di percussione viene pressata contro la superficie da provare. Nel momento in cui si raggiunge il fine corsa dell'asta dentro il fusto dello sclerometro si ha il colpo di martello della massa battente con l'indicazione su scala graduata del ritorno del martello in percento dello spostamento iniziale prima dell'urto. I risultati sono riportati nell'Allegato D.

Il **METODO A ULTRASUONI** consiste nella misurazione indiretta della resistenza del cls attraverso la rilevazione della velocità media di onde vibrazionali trasmesse a frequenze ultrasoniche all'interno dell'elemento strutturale da provare. La misurazione della velocità di propagazione delle onde ultrasoniche deve essere effettuata per trasmissione diretta (per trasparenza). La prova viene effettuata Sulla base delle indagini e delle prove eseguite dalla RTA srl di Agrigento, i cui certificati di prova sono riportati in Allegato A, B e C le specifiche di progetto desunte dagli elaborati tecnici, grafici ed economici rinvenuti, nonché con riferimento al paragrafo C11.2.6 della Circolare n.7 del 2019 sono stati desunti i seguenti risultati per il calcestruzzo:

[NTC 2018 § 11.2.6] e (Circolare 617 § C11.2.6) Controllo eseguito con prelievo di almeno 3 campioni cilindrici e in numero inferiore a 15							
Riferimento :		Scuola materna Biagio Marino - Montevago (AG)					
RESISTENZA sperimentale	Diametro D	Lunghezza L	Rapporto Lung./diam	fck / Rck (C11.2.6)	Resistenza carote <i>f_c opera</i>	Resistenza cubica <i>R_c opera</i>	Fattore di disturbo (C11.2.6.I) <i>F_d</i>
	<i>mm</i>	<i>mm</i>	L / D	fck / Rck	<i>N/mm²</i>	<i>N/mm²</i>	
<i>valori medi:</i>					19,55	19,55	1,09
1° Provino:	94,00	94,00	1,00	1,00	26,50	26,50	1,08
2° Provino:	94,00	94,00	1,00	1,00	18,50	18,50	1,10
3° Provino:	94,00	94,00	1,00	1,00	19,00	19,00	1,10
4° Provino:	94,00	94,00	1,00	1,00	20,50	20,50	1,09
5° Provino:	94,00	94,00	1,00	1,00	28,50	28,50	1,08
6° Provino:	94,00	94,00	1,00	1,00	11,00	11,00	1,10
7° Provino:	94,00	94,00	1,00	1,00	32,00	32,00	1,06
8° Provino:	74,00	74,00	1,00	1,00	14,50	14,50	1,10
9° Provino:	74,00	74,00	1,00	1,00	12,50	12,50	1,10
10° Provino:	74,00	74,00	1,00	1,00	15,00	15,00	1,10
11° Provino:	74,00	74,00	1,00	1,00	17,00	17,00	1,10
12° Provino:							
13° Provino:							
14° Provino:							
Resistenza cubica H/D=1		<i>R_{c, is}</i>		21,27	<i>N/mm²</i>		
Res. cilindrica H/D=2		<i>f_{c, is}</i>		21,27	<i>N/mm²</i>		
Classe di calcestruzzo C		17,70	/	21,30			

e si utilizzeranno le seguenti caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali di base:

CALCESTRUZZO

Caratteristiche calcestruzzo armato														
N _{id}	γ _k [N/m ³]	α _{T, i} [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	C _{Erld} [%]	Stz	R _{ck} [N/mm ²]	R _{cm} [N/mm ²]	%R _{ck}	γ _c	f _{cd} [N/mm ²]	f _{ctd} [N/mm ²]	f _{ctm} [N/mm ²]	n Ac
Cls C17,70/21,30 Fe32k - (C17,7/21,3)														
001	25 000	0,000010	30 200	12 583	60	F	21,30	-	0,85	1,50	8,35	0,79	2,04	002

LEGENDA:

N _{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ _k	Peso specifico.
α _{T, i}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
C _{Erld}	Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E _{sisma} = E·C _{Erld}].
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
R _{ck}	Resistenza caratteristica cubica.
R _{cm}	Resistenza media cubica.
%R _{ck}	Percentuale di riduzione della R _{ck} .
γ _c	Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.
f _{cd}	Resistenza di calcolo a compressione.
f _{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione.
f _{ctm}	Resistenza media a trazione per flessione.
n Ac	Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

ACCIAIO

Caratteristiche acciaio															
N _{id}	γ _k	α _{T, i}	E	G	Stz	f _{yk,1} / f _{yk,2}	f _{tk,1} / f _{tk,2}	f _{yd,1} / f _{yd,2}	f _{td}	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	^{γ_{M7}} NCnt Cnt
	[N/m²]	[1/°C]	[N/mm²]	[N/mm²]		[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]						
Acciaio Fe32k - (Fe32k)															
002	78 500	0,000010	210 000	80 769	F	315,00	-	228,26	-	1,15	-	-	-	-	-

LEGENDA:

N _{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ _k	Peso specifico.
α _{T, i}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
f _{tk,1}	Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).
f _{tk,2}	Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
f _{td}	Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
γ _s	Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.
γ _{M1}	Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.
γ _{M2}	Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.
γ _{M3,SLV}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).
γ _{M3,SLE}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).
γ _{M7}	Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.
f _{yk,1}	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).
f _{yk,2}	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
f _{yd,1}	Resistenza di calcolo (per profili con t ≤ 40 mm).
f _{yd,2}	Resistenza di calcolo (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
NOTE	[-] = Parametro non significativo per il materiale.

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA LOCALE

Ai fini della caratterizzazione sismica locale dell'area su cui ricade il complesso scolastico sarà eseguita una **prova sismica passiva a stazione singola (HVSr)**, ad opera del Dott. Gualtiero Bellomo, che fornirà le informazioni necessarie per definire le velocità delle onde sismiche V_s per uno spessore decisamente superiore ai 30 mt. previsti del D.M.17/01/2018. A tale scopo sarà eseguita una misura di microtremore ambientale, con un tromografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico.

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati sperimentali consiste in un **tromografo digitale** denominato "Tromino", dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, saranno acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

I dati sperimentali ricavati dalle indagini di sismica passiva a stazione singola permettono di ricavare una stima delle velocità delle onde di taglio V_s .

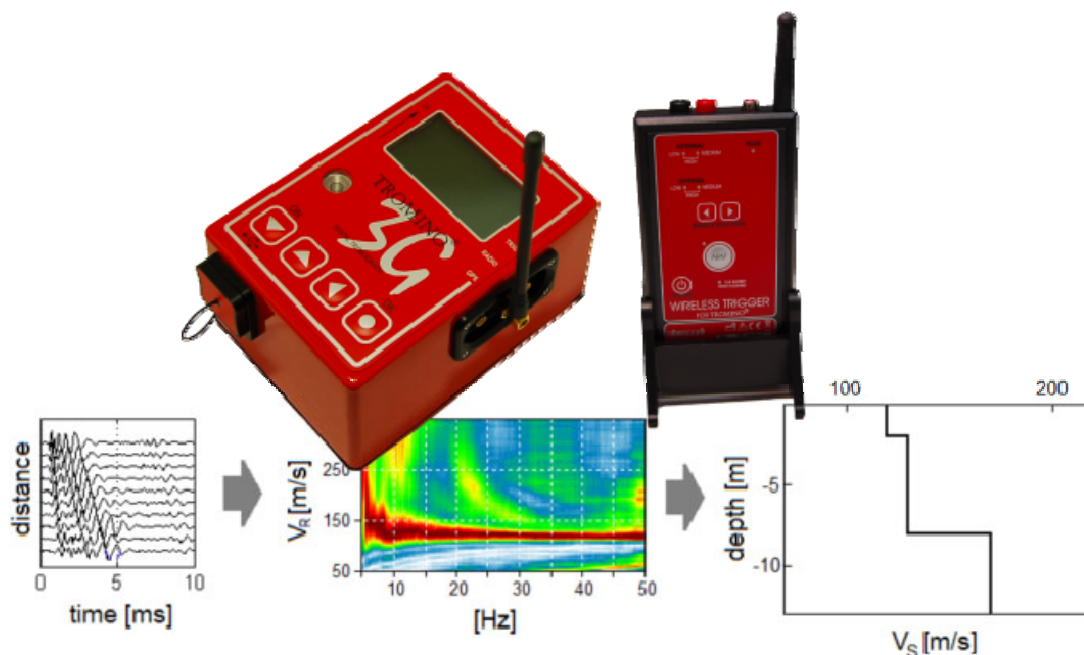


Figura 15 Tromografo digitale

6. IDENTIFICAZIONE STRUTTURALE DINAMICA

In aggiunta alle indagini previste dalle N.T.C. 2018 e ss.mm.ii., sono state effettuate indagini per la misura delle vibrazioni ambientali, finalizzate all'identificazione dinamica dei corpi di fabbrica (frequenze caratteristiche). Il rumore sismico ambientale è l'insieme delle piccole vibrazioni sismiche presenti ovunque sulla superficie terrestre e generate da sorgenti naturali o antropiche. Tra gli esempi più significativi, si può pensare al traffico veicolare e alle attività industriali, che producono onde superficiali di Rayleigh, e, in generale, all'attività dinamica terrestre. Le onde sismiche che ne derivano sono tipicamente a bassa energia, con ampiezze dell'ordine di $10^{-4}/10^{-2}$ mm [Okada, 2003]. Inoltre, in base al contenuto in

frequenza inferiore o superiore a 0.5 Hz, si parla rispettivamente di microsismica (primariamente di origine naturale) o microtremore (di origine generalmente antropica).

Il rumore sismico ambientale può essere utilizzato per identificare le frequenze proprie di vibrazione di un edificio, attraverso un tomografo digitale Tromino [Castellaro et al. 2005], e tecniche di analisi modale sperimentale (experimental modal analysis, o EMA).

Nel caso in esame saranno eseguite misure di microvibrazione sotto l'effetto del rumore ambientale e i dati registrati (finestra temporale di 20min con frequenza di campionamento di 128Hz) saranno elaborati per ottenere le densità spettrali di potenza (Power Spectral Density o PSD) dei segnali secondo due direzioni principali X-Y orientate come gli assi principali degli edifici. In corrispondenza dei picchi delle PSD si identificano le frequenze proprie dei corpi di fabbrica.

7. CONCLUSIONI

Nell'ambito dell'incarico conferitoci per le **Verifiche tecniche finalizzate alla valutazione del rischio sismico dell'edificio scolastico per l'infanzia "Biagio Marino"** è stato adottato un Livello di Conoscenza LC2 ottenuto eseguendo: un *rilievo* visivo e strumentale a campione su carpenterie originali; la definizione dei *dettagli strutturali* attraverso gli elaborati progettuali incompleti suffragati da indagini limitate in situ; prove e indagini in situ limitate a supporto delle informazioni delle specifiche originali di progetto per la definizione delle *proprietà dei materiali*. A tale scopo è stato redatto un piano di indagine (vedi elaborato grafico ST10), ed eseguite prove in situ e in laboratorio da un laboratorio autorizzato (vedi Allegato A, B e C), attraverso i quali è stato possibile identificare il calcestruzzo ad una tipologia C17.7/21.3 e l'acciaio delle barre del c.a. ad un FeB32k.

06.gennaio.2020 – Sciacca

ABGroup snc

Ing. Matteo Accardi

abgroup
ingegneria



ALLEGATO A – RISULTATI PROVE DI COMPRESSIONE SUI CLS

[illegible]

ALLEGATO B – RISULTATI PROVE DI TRAZIONE BARRE

 Via Unità d'Italia 62/f - 92100 Agrigento Tel. 0922. 605896 - www.laboratoriorita.it	CERTIFICATO UFFICIALE		PQ.08	
			Rev. 5.0	Mod. 5/b-PQ.08
	Codice Commessa: C0508	Codice Lavoro: L9803	Il certificato si compone di 1 foglio Foglio 1 di 1	
Laboratorio autorizzato per prove su materiali da costruzione ai sensi dell'art. 20, L. 05/11/1971 n. 1086 - Circolare Ministeriale 2617/STC-2010 con D.M. n. 9952 del 22-03-2017				

Certificato n°20028 del 09/12/2019	Data Inizio Prova	05/12/2019
	Data Fine Prova	05/12/2019

Verbale di Accettazione: 9605 del 03-12-2019

PROVA DI RESISTENZA A TRAZIONE SU ACCIAIO

Dati dichiarati nella Richiesta prove

Richiedente della prova: ING. MATTEO ACCARDI ISCRITTO ALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI AGRIGENTO CON N.1172
Persona che ha consegnato i campioni al laboratorio: SALVATORE PALILLO (DELEGATO DALLA D.L.)
Lavoro e provenienza dei campioni: SCUOLA DELL'INFANZIA "BIAGIO MARINO" SITA IN VIA MELI N.2 NEL COMUNE DI MONTEVAGO
Tecnico Incaricato: ING. MATTEO ACCARDI ISCRITTO ALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI AGRIGENTO CON N.1172
Ente Appaltante/Proprietario: COMUNE DI MONTEVAGO
Impresa Esecutrice: N.D.

Richiesta sottoscritta dal Direttore dei Lavori/Tecnico incaricato	51
--	----

Riferimenti Legislativi:	Procedura di Prova:	Apparecchiatura Utilizzata
- D. M. 17 gennaio 2016 "Norme Tecniche per le Costruzioni" - Circolare Ministeriale 08 Settembre 2010 n° 7617/STC	- Norma UNI EN 15630-1:2004	- Macchina Universale FDSU/1 Tecnotest - Classe 1 (con taratura annuale) - Macchina Piegafila F013 Tecnotest.

[illegible]

Legenda Trazione: Rch carico unitario di snervamento superiore - [N] R_{ch,2} carico unitario di scostamento dalla proporzionalità 0,2 % f_{sp1} allungamento percentuale totale a rottura (%) f_{sp2} carico unitario di snervamento nominale per acciai S450	Legenda Plega: AC assenta di cricche C formazione di cricche
--	--

Produttori qualificati acciaio		Tipo	Marchio di laminazione
1	NON DESUMIBILE	TONDO LISCIO	NON RILEVABILE

Scostamenti dalla Norma:

Note:

Lo Sperimentatore	Firma (Dr. Ing. Antonino Arcuri)	
-------------------	-------------------------------------	---

Il Direttore di laboratorio	Firma (Dr. Ing. Giuseppe Patti)	
-----------------------------	------------------------------------	--



ALLEGATO C – REPORT CARBONATAZIONE

 Via Unità d'Italia 62/f - 92100 Agrigento Tel./Fax 0922 605896 - www.laboratoriorta.it	RAPPORTO DI PROVA		PQ.10	
	Codice Commessa:	Codice Lavoro:	Rev. 5.1	Mod. 6/n-PQ.10
	C0508	S01916	Il rapporto si compone di 2 fogli Foglio 1 di 2	

Rapporto n° 7398 del 09/12/2019

Data Inizio Prova	21/11/2019
Data Fine Prova	21/11/2019

DETERMINAZIONE DELLA PROFONDITA' DI CARBONATAZIONE

Richiedente della prova: ING. MATTEO ACCARDI ISCRITTO ALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI AGRIGENTO CON N.1172
Lavoro e provenienza dei campioni: SCUOLA DELL'INFANZIA "BIAGIO MARINO" SITA IN VIA MELI N.2 NEL COMUNE DI MONTEVAGO
Tecnico Incaricato: ING. MATTEO ACCARDI ISCRITTO ALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI AGRIGENTO CON N.1172
Ente Appaltante/Proprietario: COMUNE DI MONTEVAGO
Impresa Esecutrice: N.D.

Riferimenti Legislativi:

- D. M. 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Norma UNI 9944:1992 "Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo. Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo."



E' vietata la riproduzione, anche parziale, del presente documento senza la preventiva autorizzazione scritta della R.T.A. s.r.l.

ALLEGATO D – PROVE SONREB

Di seguito si riportano i risultati della campagna i prove sclerometriche eseguite sul manufatto corredate dalla stima delle resistenza media a compressione ottenuta sulla base della curva di correlazione tarata sulle carote estratte.

Edificio	Nomenclatura	Luogo																		
Scuola	Biagio Marino	Montevago																		
	Num. Prova	Tipo	num. elemento	Direzione	Carota	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MEDIA (I)	Rcm	
SO	16	P	35	Orizzontale		32	33	32	32	31	33	33	33	30	31	32	33	32,08	13,90	
SO	15	P	48	Orizzontale		30	31	30	30	36	28	34	32	32	32	37	38	32,50	14,25	
SO	20	P	1	Orizzontale		35	28	32	30	28	32	33	34	32	36	36	30	32,17	13,97	
SO	19	P	5	Orizzontale		34	32	31	34	38	42	38	46	40	32	42	30	36,58	17,92	
SO	21	P	14	Orizzontale		28	30	26	12	16	26	30	32	30	26	33	28	26,42	9,54	
SO	13	T	21-22	Orizzontale		28	40	34	26	28	28	28	36	34	30	40	32	32,00	13,83	
SO	12	T	22-34	Orizzontale	C6	31	30	30	28	28	28	30	24	28	27	30	28	28,50	11,00	
SO	14	T	26-35	Orizzontale		33	32	31	32	30	28	30	30	28	30	30	30	30,33	12,47	
SO	24	T	16-26	Orizzontale		42	45	48	44	43	44	42	32	42	38	40	30	40,83	22,17	
SO	22	T	9-16	Orizzontale		38	38	38	38	32	36	30	34	32	30	36	32	34,50	16,00	
SO	10	T	70-85	Orizzontale		28	30	34	28	34	28	32	30	28	40	36	30	31,50	13,41	
SO	2	T	28-37	Orizzontale	C2	38	38	36	35	42	34	38	34	35	36	40	34	36,67	18,50	
SO	4	P	37	Orizzontale	C4	32	46	34	39	41	36	40	44	48	34	39	42	39,58	20,50	
SO	3	T	64-70	Orizzontale		36	32	33	37	36	34	32	36	36	36	32	30	34,17	15,70	
SO	7	P	64	Orizzontale		32	36	34	38	42	34	30	38	43	42	33	35	36,42	17,76	
SO	11	T	89-91	Orizzontale		38	38	38	39	37	36	44	40	42	54	42	38	40,50	21,82	
SO	8	P	71	Orizzontale		34	26	32	32	32	37	28	32	31	30	31	32	31,42	13,34	
SO	5	P	3	Orizzontale		41	49	41	35	40	39	41	48	37	48	45	46	42,50	23,96	
SO	6	P	8	Orizzontale		32	33	31	34	44	34	32	31	32	32	32	34	33,42	15,04	
SO	9	T	61-68	Orizzontale		36	32	35	32	32	32	36	32	32	34	32	34	33,25	14,89	
SO	1	T	60-67	Orizzontale		32	30	30	27	26	18	29	30	40	38	34	28	30,17	12,34	
																		MEDIA	15.82	

$R_m = a I^b$
 dove:
 $a = 0,0168$
 $b = 1,937$

