



La Pietra di Montovolo
Grizzana Morandi - Bologna

**Studio petrografico e caratterizzazione
fisico-meccanica**

A cura di
Dott. Geol. Fausto Peddis
Collaborazione
Prof. G. M. Bargossi

Scopo della presentazione

In questo lavoro verrà descritto lo studio petrografico e la caratterizzazione fisico-meccanica dell'arenaria estratta nel Montovolo e Monte Vigese, nota merceologicamente con il nome di Pietra di Montovolo che permetterà di approntare la scheda di qualificazione tecnica utile per l'impiego ed il restauro delle opere realizzate con tale materiale

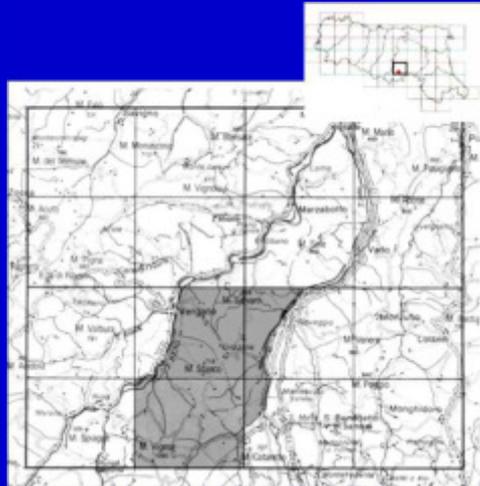
Struttura

- Inquadramento geologico e stratigrafico
- Descrizione delle cave
- Metodologia d'estrazione e impiego
- Caratterizzazione petrografica e chimica
- Caratterizzazione fisico-meccanica
- Scheda di qualificazione tecnica

Inquadramento geografico

L'area in esame è ubicata nel comune di Grizzana Morandi e la parte settentrionale del comune di Camugnano, provincia di Bologna.

Foglio I.G.M.I 237 Vergato 1:100.000
 Tav I.G.M.I 237 SO Vergato 1:25.000
 Foglio CTR 237140 M. Ragazza 1:10.000
 Foglio CTR 237100 Vergato 1:10.000



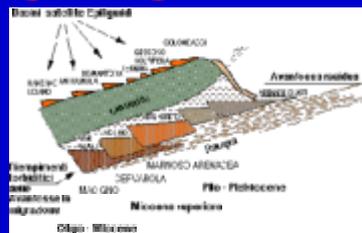
Inquadramento geologico

Il Gruppo di Bismantova fa parte delle unità epiliguri, risultato della deposizione di sedimenti terrigeni in piccoli bacini formati per la sovrapposizione delle falde liguridi.

Il periodo è tra il Miocene inferiore e medio.

Unità litologicamente eterogenea costituita nella sua parte inferiore da sedimenti arenitico-marnosi di piattaforma che evolvono nella parte superiore a sedimenti pelitico-arenitici di scarpata e bacino.

A scala regionale è stata suddivisa in vari membri in parte eteropici fra di loro e nel 1995 i membri di Pantano e Cigarelo sono stati elevati a Formazione mentre la formazione di Bismantova è stata elevata a Gruppo e adottata questa nuova denominazione per la nuova carta geologica d'Italia 1:50.000.



Spalluto (1995)	Amorosi et al. (1996)	Amorosi (1992)	Pagani et al. (1992)
B2a	TERMINA Formation	Sequence S4	M. Marola member
B2a, B2b, B2c	CIGARELLO Formation	Sequence S3	Cigarello member
	PANTANO Formation	Sequence S2	Pantano member
		Sequence S1	M. Castellone member
			Piazza member

Tettonica

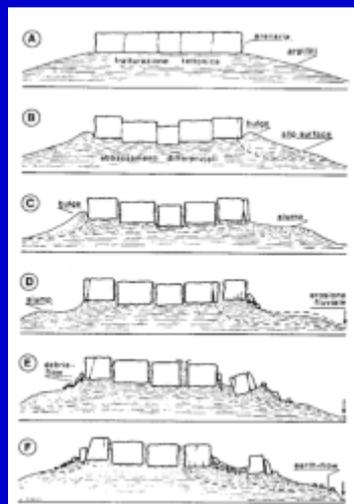
I rilievi del Montovolo e Monte Vigese sono interessati da fratture e dislocazioni variamente orientate.

La tettonica risulta in generale impostata su direzioni N-S e O-E.

I due rilievi sono soggetti a fenomeni di "deformazione gravitativa profonda".

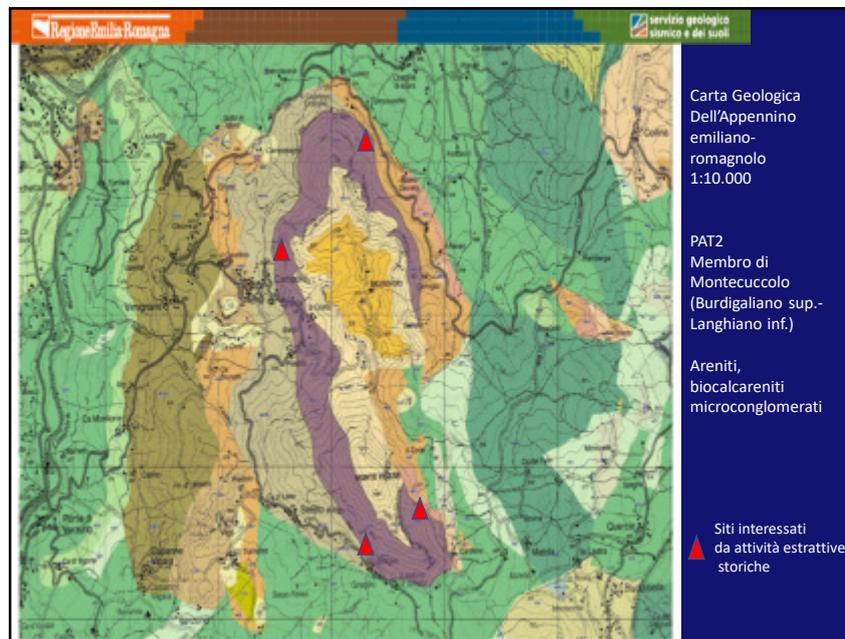


Tettonica



I due rilievi sono soggetti a fenomeni di "deformazione gravitativa profonda".

Schema del modello evolutivo del meccanismo di rottura di una placca "rigida" sovrastante a formazioni argillitiche a comportamento duttile. (Cancelli et alii, 1987)



Descrizione delle cave Cava Vecchi

- La cava è ubicata sul versante Nord del Montovolo e ricade entro il perimetro del Parco del Montovolo.
- Strati metrici e centimetrici alternati, Membro della Pietra di Bismantova.
- Forniva due tipologie di arenaria: grigia (detta "molassa ofiolitica") dalla parte basale e media, gialla, dagli strati superiori, ossidati.
- Attiva dal 1850, fornì l'arenaria per il Palazzo del Governo a Bologna, i blocchi per la chiesa del Reno a Casalecchio.
- Ha una potenzialità di circa 5000 m³
- La concessione è scaduta nel 1998.



Gradoni della cava Vecchi

Cava dei Berardi

- ▣ E' ubicata nel versante N-O del Montovolo.
- ▣ Strati metrici di arenaria grigia e gialla se ossidata.
- ▣ Estrazione impostata su di una parete inclinata (50-60°) ricavando i blocchi sfruttando le fratture con metodi artigianali.
- ▣ La cava era attiva dal 1900 circa e terminò la sua attività nel 1951.
- ▣ Data la poca visibilità dall'abitato di Campolo e dalla SS64, fu acquistata nel 1990 dal comune di Grizzana Morandi ed autorizzata l'attività estrattiva.



Essendo dentro l'area del Parco, è stato imposto il limite di 100 m³ annui d'estrazione e perciò non si è trovato un esercente.

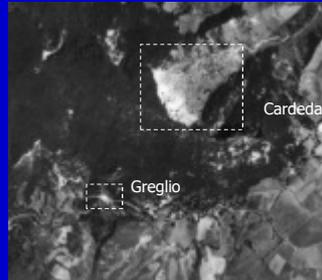
Cava Greglio

- ▣ Ubicata nel versante S-O del Monte Vigese, nel comune di Camugnano.
- ▣ Si tratta dello sfruttamento dei blocchi generati dalle frane di crollo.
- ▣ Disfacimento del Membro della Pietra di Bismantova.
- ▣ Nicchia di distacco lineare lunghezza 250 m e altezza tra i 10 e i 20 m.
- ▣ I blocchi venivano fatti scivolare, attraverso un canale di rotolio, nelle sottostanti piazzole, lavorati artigianalmente per costruzioni rurali.
- ▣ Non esiste una concessione allo sfruttamento.



Località estrattiva Cardeda

- Coltivazione di blocchi di arenaria derivanti da frane di crollo nel versante orientale del Monte Vigese.
- Nicchia di distacco arcuata, altezza 250 m.e larghezza 400 m.
- Potenzialità 10.000 m³.
- Situata in area vicino al Parco di Montovolo ma inserita nel PIAE 1999 per un'attività estrattiva artigianale posta al servizio dei restauri dell'edilizia storica locale.
- Fotogramma 863, strisciata 28, volo 1971-73, conc. Uff. Cart. R.E.R.



Tecniche estrattive e della lavorazione

- L'estrazione prevedeva l'utilizzo di un fioretto con il quale si praticavano dei fori di circa 1 m. nei quali si inseriva a percussione un'asta metallica con ali laterali che dava la direzione di taglio all'esplosione.
- Successivamente i blocchi venivano tagliati utilizzando mazze, cunei e scalpelli.
- E' importante conoscere le tecniche di lavorazione dell'arenaria, soprattutto per gli effetti dannosi che possono provocare al materiale in opera.
- Una documentazione sulla lavorazione è stata ottenuta dal corso per "operatori della lavorazione della pietra arenaria" organizzata nel 1989 dal comune di Grizzana Morandi.



Utensili per la lavorazione dell'arenaria



Tecnica della scalpellatura diritta (Rockwell, 1989)

Impiego della Pietra di Montovolo

Le case di pietra

- L'edilizia del comune di Grizzana è da sempre legato all'utilizzo dell'arenaria.
- L'opera dei maestri comacini che dal XI secolo hanno edificato case-torri e borghi molti dei quali rimasti intatti nei secoli.
- L'arenaria veniva utilizzata sia per le murature e per le coperture in lastre, sia per l'arredamento interno, con pavimenti, camini, secchiali, sedute.
- Oggi si ripropone il problema della salvaguardia di questo patrimonio edilizio.



Camino, finestra e casa nel Borgo La Scola

Edilizia monumentale e artistica



Ponte di Verzuno, Riola, 1888



Rocchetta Mattei, Riola, 1872



Chiesa di Aalvar Alto,
Riola, 1978



Facciata Questura,
Bologna, 1933.

Caratterizzazione petrochimica

- Studio petrografico su sezioni sottili da campioni delle cave Vecchi, Berardi e Greglio e su due campioni di Pietra di Montovolo messa in opera a Bologna agli inizi del secolo.

- Descrizione petrografica e analisi modale secondo normativa UNI EN 12407

- Classificazione.

- Studio della composizione chimica tramite analisi per fluorescenza ai raggi X, calcinazione e calcimetria.



Pilastro museo Mineralogia, Bologna



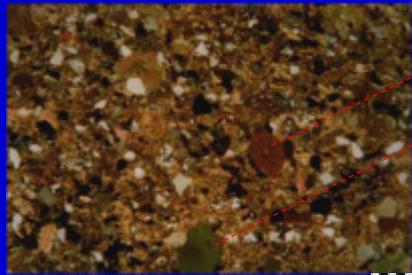
Gradinata monumento a Carducci, Bologna

Petrofacies di piattaforma

Le unità di piattaforma corrispondenti alla Formazione di Pantano (PAT) sono costituite tutte da areniti ibride (ZUFFA, 1980). Esse sono caratterizzate da una grande quantità di:

- componenti intrabacinali --> da bioclasti di acqua bassa: echinodermi, briozoi e alghe, oltre che da foraminiferi bentonici e planctonici di età miocenica. Si riconoscono anche più rari intraclasti pelitici e granuli glauconitici.
- la componente extrabacinal è costituita da granuli di quarzo, feldspati e da frammenti di rocce, essenzialmente metamorfiche (filladi, scisti a muscovite, serpentinoscisti, cloritoscisti e più rare metamorfiti a epidoto), subordinata-mente vulcaniche (vulcaniti acide e intermedie) e serpentiniti massive. I frammenti di rocce sedimentarie sono rari e sono rappresentati per lo più da dolomie e da subordinati calcari micritici e siltiti. Le rocce granitoidi prevalgono tra i frammenti di rocce a grana grossa. La porosità è sempre molto bassa e la calcite, spesso in forma di ampi accrescimenti attorno ai gusci di echinodermi, costituisce il cemento della roccia; tale calcite è riconducibile a una fase diagenetica precoce, sicuramente pre-compattazione.

Aspetto in sezione sottile



Cava Greglio: campione FP2B (NX)



Cava Vecchi: campione FP10 (NX)

Spicole di
echinodermi

Glauconite

Briozoi

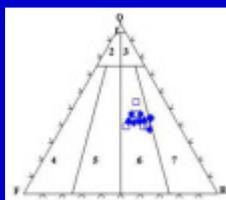
Analisi modale

Località	CAVA GREGLIO							BERARDI	CAVA VECCHI					FPmin	FPMC
	FP1A	FP1B	FP2A	FP2B	FP3A	FP3B	FP4B	FP6	FP5A	FP7	FP8	FP9	FP10		
Q								18,4	29,4	20,0	21,9	13,3	11,6	19,0	20,4
QUARZO	16,2	10,4	12,4	13,8	7,6	10,5	8,6								
F								3,0	2,5	3,5	3,0	2,6	2,4	2,8	2,9
K-FELDSPATI	2,5	2,3	1,7	2,1	1,1	1,3	0,6								
PLAGIOCLASI	3,3	2,1	1,9	1,9	2,3	4,4	2,6	4,6	5,8	7,0	5,9	3,9	3,1	5,1	7,7
R															
VULCANITI ACIDE	2,0	0,9	1,0	1,7	0,2	0,2	0,4	0,7	0,4	0,4	0,6	0,9	1,1	0,8	0,5
VULCANITI BASICHE	0,4	0,2	0,3	0,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,5
SCISTI ALBITICI EPIDOTI	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2
FILLADI etc.	4,3	4,0	5,6	5,1	1,6	2,7	2,4	9,5	6,7	6,6	5,9	6,1	5,3	4,3	5,0
CLORITOSCISTI	0,4	1,1	0,3	0,9	0,6	0,6	1,1	1,2	1,3	1,4	1,7	1,5	1,1	2,4	0,7
SERPENTINOCISTI	3,7	0,4	0,3	0,8	0,9	0,6	0,2	0,5	0,8	1,0	0,8	0,2	0,2	0,4	0,2
SERPENTINITI	0,8	0,9	0,5	0,2	0,6	1,0	0,4	0,2	1,3	1,2	1,1	0,2	0,4	1,2	0,7
ARGILLITI	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SILTITI	0,4	2,1	1,0	1,9	1,1	1,7	0,9	3,2	1,0	1,7	3,0	1,3	2,2	0,4	0,9
SELCI	0,0	3,0	2,8	2,3	1,7	2,1	2,6	4,8	5,4	3,7	3,4	1,3	1,7	2,0	3,2
MICHE e CLORITI	1,0	3,2	2,4	2,6	2,5	2,1	1,3	2,1	3,8	4,3	4,0	2,2	2,8	1,6	1,1
ALTRI	0,8	0,4	0,5	0,8	0,0	0,4	0,6	0,7	0,2	0,6	0,6	0,4	0,7	1,2	0,9
C															
CLASTI CARBONATICI	3,9	5,1	3,8	5,5	6,4	6,7	4,9	8,1	3,5	7,0	7,8	8,3	6,4	2,8	4,5
INTRACLASTI	52,1	51,3	56,4	53,0	60,3	54,7	65,5	28,3	23,4	24,0	22,6	35,7	41,1	52,2	43,4
CEM. CARBONATICO	6,8	12,6	8,2	6,4	13,1	11,0	7,9	13,3	14,4	16,9	16,7	20,9	19,9	4,0	7,2
ALTRI CEMENTI	0,6	0,0	0,5	0,6	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	1,0	1,1	0,7	0,0	0,0	0,0
TOT. PUNTI	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
GRAN SILT e MATRICE	1,3	3,5	3,2	3,8	2,3	2,2	2,5	6,0	4,0	5,0	4,6	5,9	1,8	1,2	2,2

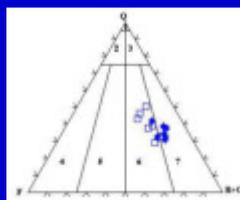
Composizione principale. IL valore della matrice è stato calcolato sul totale dei punti.

Classificazione

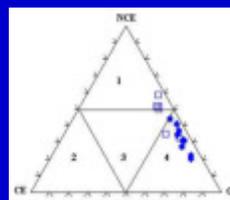
● = Cava Greglio □ = Cava Vecchi e Monumenti



1= Quarzareniti
2= Subarcose
3= Sublitareniti
4= Arcose
5= Arcose litiche
6= Litareniti feldspatiche
7= Litareniti



1= Quarzareniti
2= Subarcose
3= Sublitareniti
4= Arcose
5= Arcose litiche
6= Litareniti feldspatiche
7= Litareniti



1= Arenarie non carbonatiche
2= Calclititi
3= Arenarie ibride
4= Calcareniti

Arenaria ibrida calcarenitica

Analisi per fluorescenza ai raggi X

Da notare gli elevati valori di Cu, Zn e Pb nei tre campioni prelevati da manufatti in ambiente urbano, dovuti al deposito del particolato prodotto dalla combustione incompleta dei combustibili fossili.

ANALISI PER FLUORESCENZA AI RAGGI X							
Campioni	FP1S	FP1A	FP6	FP5	FP10	FP5I	FPmin
Elementi maggiori (in % peso dell'ossido)							
SiO2	29,95	27,55	47,70	41,41	22,77	44,70	36,19
TiO2	0,18	0,16	0,22	0,17	0,16	0,18	0,13
Al2O3	3,85	3,68	6,37	5,49	3,72	5,13	3,37
Fe2O3	1,82	1,76	1,85	1,68	1,66	2,04	1,81
MnO	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,07	0,08
MgO	3,22	3,08	5,25	5,31	3,57	4,00	5,10
CaO	33,73	35,45	20,54	24,14	40,05	21,93	28,27
Na2O	0,46	0,42	0,95	0,76	0,38	0,83	0,62
K2O	1,15	1,08	1,85	1,72	1,04	1,58	1,48
P2O5	0,06	0,06	0,07	0,05	0,07	0,09	0,10
LOI	25,49	26,68	15,13	19,19	26,50	19,43	20,30
Tot.	99,99	100,00	100,01	100,00	100,01	99,98	100,01
Elementi in tracce (ppm)							
Sc	26	24	17	20	29	15	21
V	33	24	24	29	25	27	29
Cr	131	122	126	163	95	118	138
Ni	73	65	75	84	60	62	72
Cu	17	22	16	16	22	27	35
Zn	40	38	21	28	36	70	110
Rb	49	43	68	71	49	70	63
Sr	404	399	418	432	598	558	538
Zr	68	68	59	90	51	81	65
Nb	5	7	8	7	7	7	8
Ba	288	409	284	337	325	246	598
La	19	-	10	12	10	10	25
Ce	21	29	18	18	20	19	22
Pb	-	5	9	11	-	20	21
Th	-	4	-	7	-	-	6
S	1316	310	263	106	1351	1023	2187

Assorbimento d'acqua

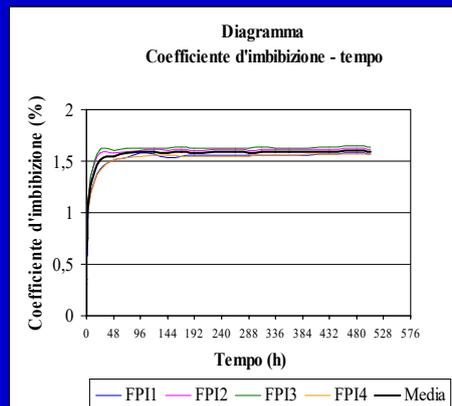
Norma UNI EN 13755

Parametro importante per la scelta di materiali utilizzabili all'esterno e a contatto del suolo, in presenza di acqua di risalita.

Coefficiente d'imbibizione 1,6 %

Pietra Serena	2,05 %
Arenaria di Varignana	5,36 %
Aren. Praduro Sasso	4,23 %

Il grafico coefficiente d'imbibizione-tempo mostra che l'imbibizione massima viene raggiunta già nelle prime 72 ore.



Norma UNIEN 1936

Massa volumica apparente 2.590 Kg/m³

Classificazione : roccia pesante

Pietra Serena	2538 kg/m ³
Arenaria di Varignana	2311 kg/m ³
Aren. Praduro Sasso	2277 kg/m ³

Massa volumica reale 2.715 Kg/m³

Porosità totale 4,6 %

Pietra Serena	5,8 %
Arenaria di Varignana	13,9 %
Aren. Praduro Sasso	15,6 %

Porosità accessibile all'acqua 4,1 %

Grado di compattezza 0.96 (adim.)

Pietra Serena	0,94
Arenaria di Varignana	0,86
Arenaria di Praduro Sasso	0,84

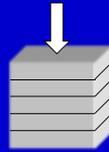
Carico di rottura a compressione semplice

Norma UNIEN 1926

□ Campioni con stratificazione perpendicolare all'asse del carico applicato

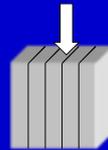
□ C	MPa
□ Stato secco	113
□ Dopo 20 cicli gelività	111

Pietra Serena stato secco	139
Arenaria di Varignana "	25
Aren. Praduro Sasso "	19



□ Campioni con stratificazione parallela all'asse del carico applicato

□ C	MPa
□ Stato secco	99,1
□ Dopo 20 cicli gelività	117,2



Carico di rottura a trazione indiretta mediante flessione

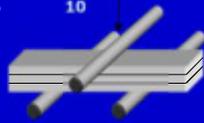
Questa prova riveste particolare importanza nell'utilizzo della pietra per mensole, architravi, balconi.

Norma UNIEN 12372

□ Campioni con stratificazione perpendicolare all'asse del carico applicato

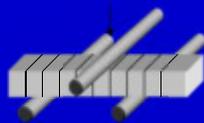
□ C	MPa
□ Stato secco	10

□ Pietra Serena	12 MPa
□ Arenaria di Varignana	6 MPa



□ Campioni con stratificazione parallela all'asse del carico applicato

□ C	MPa
□ Stato secco	7,5



Pressa con il campione posizionato

Abrasione

- Permette di valutare il comportamento della pietra impiegata in quelle parti soggette a sfregamento per transito di persone o veicoli.
- Coefficiente di usura relativo al granito di S. Fedelino **0,51**

R.D.2234 (1939)

Gradinata della Chiesa di San Giovanni in Monte a Bologna



Presenza di bioturbazioni



Diversa usura tra l'arenaria gialla e grigia



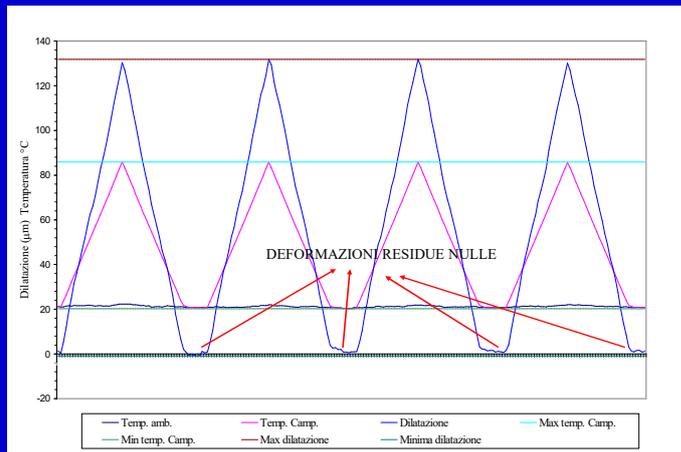
Coefficiente di dilatazione termica lineare



Questo parametro consente di valutare la variazione di lunghezza di un manufatto e il suo comportamento nei confronti delle escursioni termiche.

□ N° cicli	4
□ Temp. iniz.	21 °C
□ Temp. fin.	85 °C
□ ΔP (H ₂ O)	2,3 g
□ Dilatazione per metro	655 μm
□ Coefficiente dilatazione termico lineare medio	10,05 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Pietra Serena	11,56 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Arenaria di Varignana	10,5 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

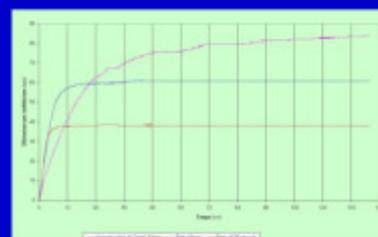
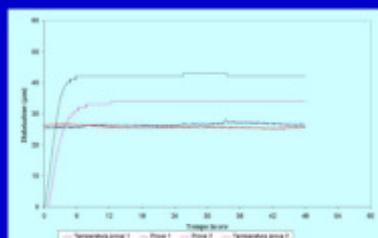
Il diagramma sviluppo temperatura del campione e dilatazione vs prove mostra la mancanza di deformazioni residue.



Dilatazione per imbibizione

La prova permette di conoscere l'entità della dilatazione per imbibizione, fenomeno che si verifica tutte le volte in cui il materiale è a contatto con i fluidi.

❑ Campione	FPT2	Media due cicli
❑ Percentuale d'imbibizione (%)		1,55
❑ Dilatazione max rilevata (µm)		38,5
❑ Dilatazione per metro (µm)		207
❑ Dilatazione per metro (mm)		0,20
❑ Percentuale di dilatazione (%)		0,020



Scheda di qualificazione tecnica

Nome Commerciale	<i>Pietra di Montovolo</i>	
Definizione Petrografica	<i>Arenaria ibrida calcarenitica</i>	
Caratteristiche Tecniche		
Massa volumica apparente	Mv= 2592 kg/m ³ <i>Bil idrostatica</i> Mv= 2590 kg/m ³ <i>Metodo metrico</i>	
Coefficiente d'imbibizione	Ci= 16,08 ‰	<i>Picnometro</i>
Porosità totale	P= 4,6 %	
Porosità accessibile all'acqua	Pa= 4,1 %	
Carico di rottura a compressione semplice (stato secco)	113 MPa <i>Perpend. al verso</i> 99 MPa <i>Parall. al verso</i>	
Carico di rottura a compressione semplice (dopo 20 cicli di gelività)	111 MPa <i>Perpend. al verso</i> 117 MPa <i>Parall. al verso</i>	
Carico di rottura a trazione mediante flessione	10 MPa <i>Perpend. al verso</i> 7 MPa <i>Parall. al verso</i>	
Usura per attrito radente (riferita al granito di S.Fedelino)	0,51	
Coefficiente di dilatazione termica lineare	10 *10 ⁻⁶ /°C	
Dilatazione per imbibizione	207 μm/m	

Conclusioni

- Lo studio petrografico e le prove fisico meccaniche eseguite sulla Pietra di Montovolo hanno permesso la compilazione di una scheda di qualificazione tecnica che fornisce un valido aiuto per l'impiego e il restauro del materiale in opera.
- La Pietra di Montovolo è classificata come una roccia pesante e con un coefficiente d'imbibizione basso (1,6%) (arenaria di Varignana 5,36%, Pietra Serena 2,05%).
- La porosità totale (4,6%) e il grado di compattezza (0,96) valori buoni e paragonabili alla Pietra Serena.
- Le prove per la resistenza a compressione semplice e a trazione indiretta mediante flessione hanno evidenziato valori inferiori alle arenarie più quarzoso-feldspatiche ma valide anche per un impiego strutturale.
- Secondo le norme italiane è classificato come un materiale non gelivo.

- La determinazione del coefficiente di dilatazione termica ($10 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) ha evidenziato basse dilatazioni massime e mancanza di deformazioni residue.
- La dilatazione per imbibizione presenta dei valori bassi nei confronti della Pietra Serena e dell'Arenaria Grigia di Castel D'Aiano, confermando una bassa deformabilità alle azioni termiche e igroscopiche.

- **In ultima analisi si può affermare che la Pietra di Montovolo presenta delle buone caratteristiche sia per un impiego strutturale che ornamentale, ma nell'impiego esterno si sconsigliano lavorazioni superficiali a percussione che possono provocare microlesioni causando il decadimento del materiale. Questo problema può essere evitato con un trattamento consolidante superficiale.**