



La Calce come legante Idraulico

15 Novembre 2018

Collegio Ingegneri di Venezia

Gianfranca Mastroianni





*... al tecnico consapevole che ogni singola scelta
progettuale è azione presente e soluzione per il futuro....*

*... Affinché lo Studente possa avere la voglia di toccare e
sentire la materia del costruire....*





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE



Visita Tecnica - Fornace Calce Raffinata in Savignano sul Panaro (MO)

SCRITTO IL 16 SETTEMBRE 2018.



Sabato 15 settembre 2018 si è svolta la Visita Tecnica presso Fornace Calce Raffinata in Savignano sul Panaro (MO).

Obiettivo della giornata di studio è stato creare consapevolezza sul valore della calce quale elemento essenziale per una buona costruzione, cioè quale legante idraulico per la realizzazione di malte da costruzione e intonaci.

[LEGGI TUTTO](#)





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE







PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE







LA SCUOLA DEL FARE





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE





LA SCUOLA DEL FARE

Indice

- **I Leganti: Antichi e Moderni**
- **Il Legante Idraulico: La Calce**
- **Le Malte: da costruzione e restauro**
- **Le Calchere**
- **I Colori**
- **Per il Cantiere**
- **La regola D'Arte**





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE



LA CALCE EVENTI MASTRO QUARNETI LEZIONI SCRITTI DI RESTAURO DIDATTICA RESTAURO E BIOEDILIZIA MEDIA CONTATTI



GILBERTO QUARNETI

LO STUDIO DI CIÒ CHE È ANTICO CON TECNICHE SCIENTIFICHE

SCUOLA D'ARTE MURARIA

GILBERTO QUARNETI



Mastro Quarneti è il testimone di un modo empirico, forse secolare, da cui ci si può informare ed imparare le cose: scoprire un modo vecchio di studiare che non si usa più da tempo, da quando il sapere è diventato scuola di teoria e di lezioni fatte di sole parole e di tesi riciclate.

Tanti, anche troppi, sono oggi i testi, i manuali, i trattati sull'arte del costruire, che spesso risentono di questo modo moderno di insegnare, decisamente sordo e difficile. Libri pieni di formule e di numeri, di grafici e tabelle, che fanno della scienza solo una quantità così infinita di dati e numeri al punto che si fa una grande fatica a registrarne e a memorizzarne i contenuti.

E' nella "Bottega" di Mastro Gilberto che si impara davvero tanto, perché accanto alla bravura e alla passione del docente, si avverte la forte volontà di diffondere un pensiero, che va ben oltre la semplice nozione di lavoro. I suoi scritti e le sue disquisizioni, di fatto, rappresentano la riscoperta di un modo antico di lavorare in cui è l'uomo responsabile delle proprie scelte, che progredisce con la sua esperienza, la sua curiosità e le proprie mani. I suoi testi non sono solo una fonte inesauribile di conoscenze diverse, sono anche un romanzo appassionato che ci svela molti dei segreti dei più grandi architetti e costruttori dell'umanità fatta attraverso aneddoti ed il racconto vero della loro esperienza vissuta.

Il Maestro non si è limitato a leggere tutte le pubblicazioni storiche e scientifiche reperibili ai nostri giorni, ma ne ha fatto anche una puntuale verifica concreta provando e riprovando nel suo laboratorio tutto ciò che riguardava la preparazione dei materiali e le tecniche di uso descritte. Tutto questo per essere sicuro di comprendere bene il significato di tradizioni e di un lessico ormai perduti, per capire a pieno il processo evolutivo della tecnologia, cogliendo le significative differenze e miglione, che la pratica e la ricerca hanno apportato, per essere in grado di riportare alla luce quello che si è dimenticato e che può tornare a dare risposte utili anche per il futuro.

Con lui sta partendo di nuovo un processo creativo fatto di protagonisti consapevoli e liberi, che si configurano al tempo stesso come artigiani del passato e inventori del domani.





LA SCUOLA DEL FARE

La Regola D'Arte

«L'esperire è venire in cognizione provando e riprovando e si connette con la capacità del soggetto di apprendere dal contatto *con le cose*, oltre che di lasciarsi guidare per agire *sulle cose*.»

Maestro G.Quarneti

Tecnici di oggi dovrebbero avere l'abilità della commistione tra Approccio Scientifico e Regole del CapoMastro

L'uno senza l'altro: Carezza nella progettazione e nel risultato finale dell'opera





LA SCUOLA DEL FARE

CANTIERI SCUOLA



Pontinpietra, G Mastroianni, Napoli - Italy

www.pontinpietra.eu

<https://www.facebook.com/Pontinpietra-286800348414178/>





PONTINPIETRA



LA SCUOLA DEL FARE

CANTIERI SCUOLA

Cantieri Scuola come strumenti formativi e di attivazione di comunità

Nuove
Generazioni

Antiche
Conoscenze

Pontinpietra, G Mastroianni, Napoli - Italy

www.pontinpietra.eu

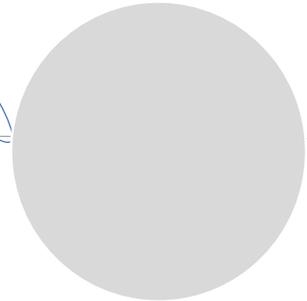
<https://www.facebook.com/Pontinpietra-286800348414178/>





LA SCUOLA DEL FARE

CANTIERI SCUOLA



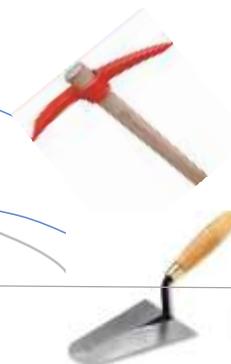
Ancient
knowledge





LA SCUOLA DEL FARE

CANTIERI SCUOLA





LA SCUOLA DEL FARE

CANTIERI SCUOLA





LA SCUOLA DEL FARE

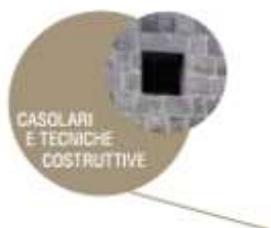
CANTIERI SCUOLA



PONTINPIETRA



LA SCUOLA DEL FARE



Antiche tecniche costruttive per il recupero ed il risanamento conservativo di edifici in muratura

Pontinpietra

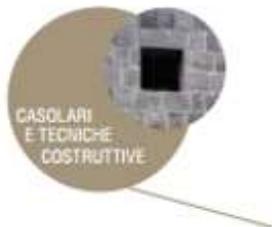
Ruviano (CE), Italia

Risanamento Conservativo 2014-2017





LA SCUOLA DEL FARE



Antiche tecniche costruttive per il recupero ed il risanamento conservativo di edifici in muratura

Pontinpietra

Ruviano (CE), Italia

Risanamento Conservativo 2014-2017





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE



Archi Volte e Cupole

Dipartimento di Ingegneria Strutturale – Facoltà di Ingegneria Federico II

2017 - 2018 Napoli

Cantieri didattici di archi e volte, comportamento statico e realizzazione in scala reale





Archi Volte e Cupole

Dipartimento di Ingegneria Strutturale – Facoltà di Ingegneria Federico II

2017 - 2018 Napoli

Cantieri didattici di archi e volte, comportamento statico e realizzazione in scala reale





LA SCUOLA DEL FARE

La Calce come legante Idraulico

Dipartimento di Ingegneria Strutturale – Facoltà di Ingegneria Federico II

Pontinpietra, Calchera San Giorgio - Napoli 2016

Cantieri didattici e visite tecniche





La Tecnica Dell' Affresco

Frescopolis- Arteside- Pontinpietra

Ruviano (CE), Marzabotto (BO) Italy

Cantieri didattici estivi 2017





La Tecnica Dell' Affresco

Frescopolis- Arteside- Pontinpietra

Ruviano (CE), Marzabotto (BO) Italy

Cantieri didattici estivi 2017





La Tecnica Dell' Affresco

Frescopolis- Arteside- Pontinpietra

Ruviano (CE), Marzabotto (BO) Italy

Cantieri didattici estivi 2017





La Tecnica Dell' Affresco

Frescopolis- Arteside- Pontinpietra

Ruviano (CE), Marzabotto (BO) Italy

Cantieri didattici estivi 2017

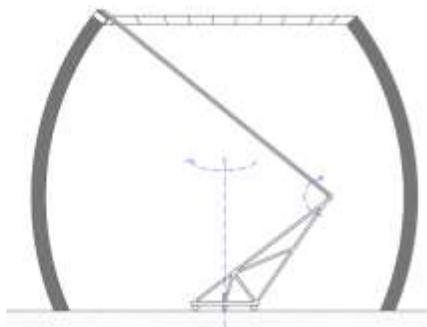




LA SCUOLA DEL FARE

Le Cupole con la tecnica del compasso

Università degli Studi di Napoli– Federico II – Facoltà di Ingegneria – Fabrizio Carola





LA SCUOLA DEL FARE

Le Cupole con la tecnica del compasso

Università degli Studi di Napoli– Federico II – Facoltà di Ingegneria – Fabrizio Carola





LA SCUOLA DEL FARE

Le Cupole con la tecnica del compasso

Università degli Studi di Napoli– Federico II – Facoltà di Ingegneria – Fabrizio Carola



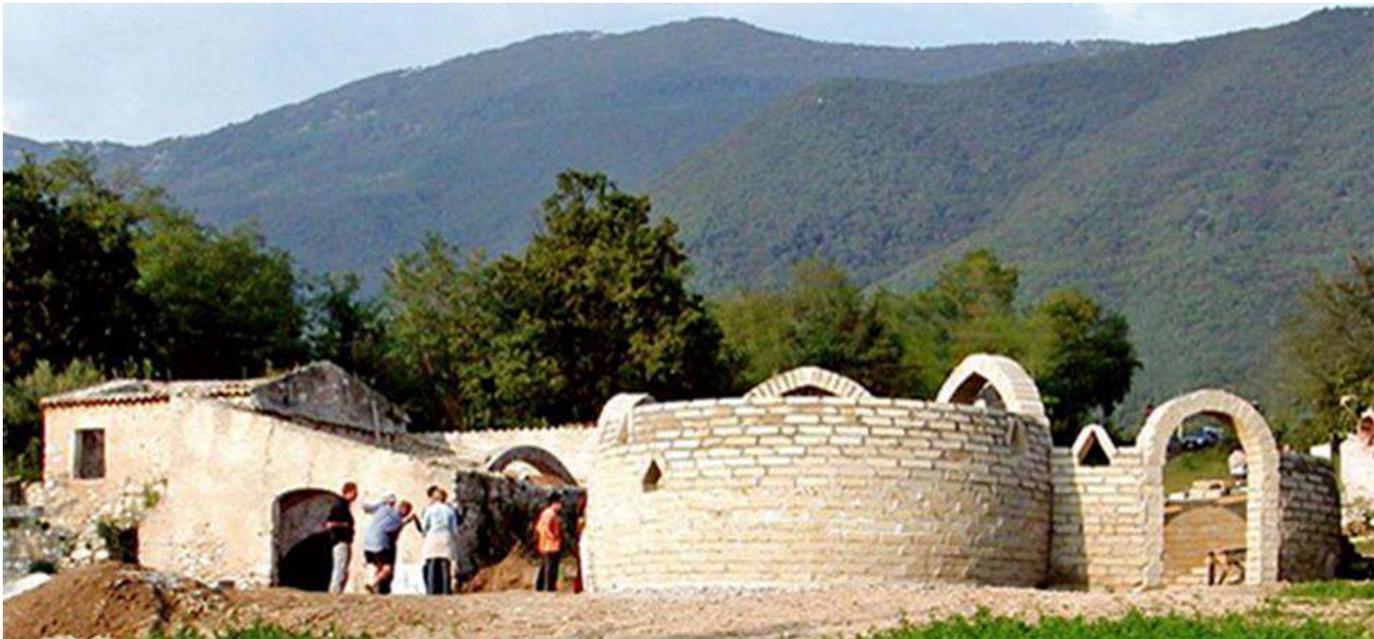


LA SCUOLA DEL FARE

Rigenerazione Urbana

Progetto Neagorà 7 Piazze – Arch Fabrizio Carola & Studio 2111

San Potito Sannita (CE) Italy





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE



Rigenerazione Urbana





LA SCUOLA DEL FARE

Rigenerazione Urbana

Progetto Neagorà 7 Piazze – Arch Fabrizio Carola & Studio 2111

San Potito Sannita (CE) Italy





Collegio Ingegneri di Venezia

Visita tecnica alla Fornace di calce Raffinata di Savignano sul Panaro (MO)
e seminario in aula





Collegio Ingegneri di Venezia

Visita tecnica alla Fornace di calce Raffinata di Savignano sul Panaro (MO)
e seminario in aula





LA SCUOLA DEL FARE

Napoli 12-21 Ottobre 2018

CANTIERI SCUOLA COME STRUMENTI DI ATTIVAZIONE DI COMUNITÀ NEI
PROCESSI DI RIGENERAZIONE URBANA

Come le tecniche tradizionali costruttive trasformano gli spazi in luoghi e creano comunità. L'assunto di base è che le architetture, le scelte progettuali e il modo di fare scuola possono innescare processi di miglioramento sociale e di attivazione del senso di cittadinanza e comunità.





Napoli 12-21 Ottobre 2018

**CANTIERI SCUOLA COME STRUMENTI DI ATTIVAZIONE DI COMUNITÀ NEI
PROCESSI DI RIGENERAZIONE URBANA**





LA SCUOLA DEL FARE

Napoli 12-21 Ottobre 2018

**CANTIERI SCUOLA COME STRUMENTI DI ATTIVAZIONE DI COMUNITÀ NEI
PROCESSI DI RIGENERAZIONE URBANA**

Come le tecniche tradizionali costruttive trasformano gli spazi in luoghi e creano comunità. L'assunto di base è che le architetture, le scelte progettuali e il modo di fare scuola possono innescare processi di miglioramento sociale e di attivazione del senso di cittadinanza e comunità.





LA SCUOLA DEL FARE

Napoli 12-21 Ottobre 2018

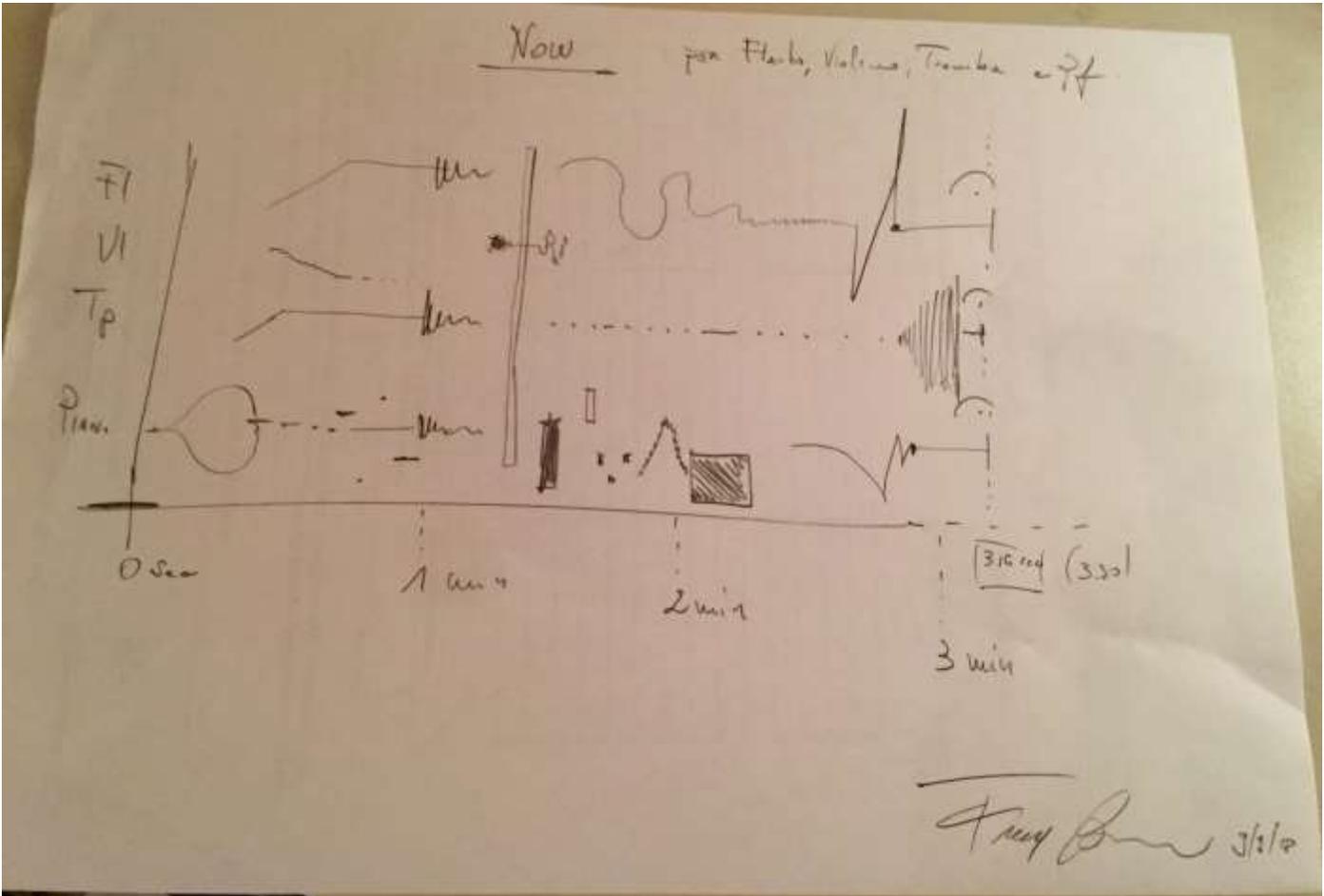
CANTIERI SCUOLA COME STRUMENTI DI ATTIVAZIONE DI COMUNITÀ NEI
PROCESSI DI RIGENERAZIONE URBANA





LA SCUOLA DEL FARE

Il progetto di Ingegneria





LA SCUOLA DEL FARE

Il mestiere e l'arte di edificare: La calce



La metamorfosi della materia

che cambia, si trasforma, si ricompone per ritornare alla fine sempre uguale a se stessa





LA SCUOLA DEL FARE

I Leganti: Antichi e Moderni

L'Origine della manifattura della calce è cosa incerta

Epoca Natufiana (Palestina e dintorni) 14-15 mila anni fa sono state ritrovate pareti rivestite in calce

Terrazza in calce con aggregati lapidei Anatolia – 6250 a.C.

Conoscenze archeologiche di costruzioni di forni verticali da calce – 2000 a.C. – Mesopotania

Calce come colorante dai vasellami ai dipinti murari





LA SCUOLA DEL FARE

I Leganti: Antichi e Moderni

La figura del Magister Calcariarum tra i romani era molto considerata

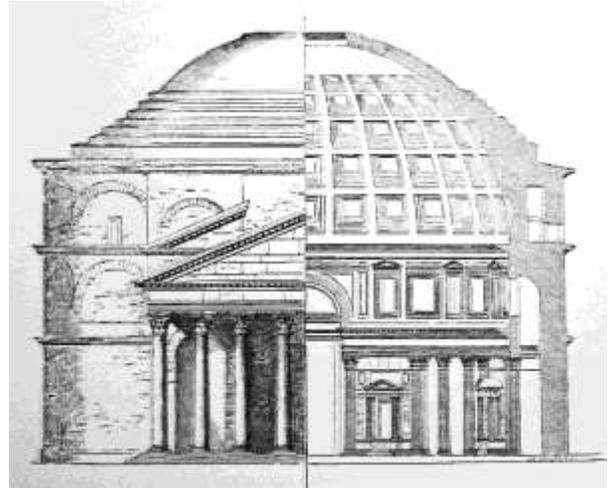
opera di Marco Pollio Vitruvio:
un'opera organica e pervenuta intera a noi
sull'opus caementicium (miscela di calce
viva, pozzolana, cocchio pesto e sabbia)

Molto probabilmente, alla calce da calcari puri sono stati aggiunti cocchiopesto, terra di Santorini, pozzolana di Pozzuoli ecc come semplici sabbie da costruzione, e dall'uso sono state poi constatate le proprietà idrauliche





I Leganti: Antichi e Moderni



Cupola del Pantheon: 44 m di diametro di base a spessore variabile (anelli concentrici sovrapposti), inerti sempre più leggeri negli anelli superiori; le nicchie alleggeriscono ulteriormente la cupola, realizzando piacevole effetto architettonico



I Leganti: Antichi e Moderni

Nell' ottocento si chiarirono i processi di:
 calce viva,
 calce spenta,
 decarbonatazione e ricarbonatazione,
 presa indurimento
 presa aerea
 presa idraulica

Con la possibilità dei forni a + elevate temperature
 Si arriva al 1824 brevetto n° 5022 legante portland..

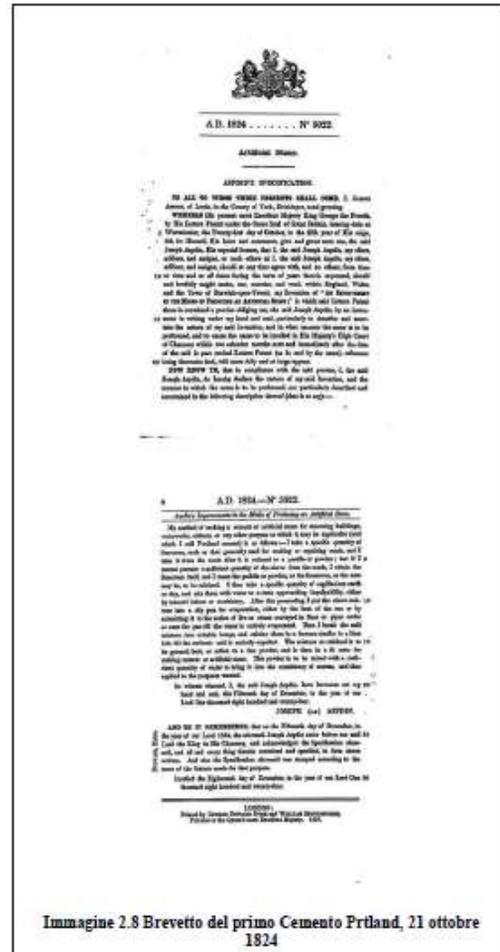


Immagine 2.8 Brevetto del primo Cemento Prtland, 21 ottobre 1824



LA SCUOLA DEL FARE

I Leganti: Antichi e Moderni

Inizia a scomparire la figura del Magister Calcariarum

Johnson introdusse l'alta temperatura di cottura 1844

Un po' di storia sul cemento portland:

«..ASpdin .. A narrative of the eddystone lighthouse»

Prima fabbrica italiana compare a Palazzolo sull'oglio nel 1870

(periodo in cui si scopre che si possono migliorare le capacità

(calce di aberthaw (blu lias) del sud del Galles pozzolana fatta arrivare da civitavecchia)



Immagine 2.7 Vista del faro di Eddyston oggi





LA SCUOLA DEL FARE

Le calce aeree ed idrauliche

Capacità di formare con l'acqua dei prodotti di impasto fluidi detti **malte**

Fenomeni di accrescimento della resistenza:

Presa - prima fase - dalla fluidità della massa si passa ad un consistente rassodamento del manufatto per la perdita dell'acqua

Indurimento - seconda fase - aumento nel tempo della resistenza meccanica del manufatto

In funzione della possibilità di impiego i materiali leganti sono stati suddivisi in due differenti classi :

- **Leganti aerei** (capacità di indurire se esposti all'aria)
- **Leganti idraulici** (capacità di indurire anche se immersi in acqua)





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE



Le calce aeree ed idrauliche

La calce idraulica

- Calcinata a bassa temperatura (900-1000°C)
- Silicato bicalcico BC_2S
- Libero da solfati SO_3
- Libero da clinker C_3S
- silicati e alluminati di calcio reagiscono con acqua creando idrati stabili e insolubili che permettono al materiale di indurire e rimanere stabile anche sott'acqua
- calcari marnosi o marne calcaree - tenore 6-22% argille o altri alluminosilicati

Cementi

- Calcinati ad alta temperatura (1200-1500°C)
- Solfati SO_3
- Clinker C_3S

Solfati SO_3 => Anidride Solforica + Acqua = Acido Solforico fenomeno della Solfatazione cioè: H_2SO_4 Acido Solforico + $CaCO_3$ carbonato di calcio = $CaSO_4$ solfato di calcio – dilavato dalle acque





LA SCUOLA DEL FARE

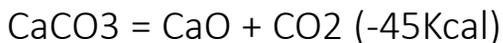
La calcinazione delle pietre

Con la Cottura delle Pietre Calcari si ha la decomposizione dei carbonati di calcio e magnesio, e l'eliminazione dell'acqua di cristallizzazione e dell'anidrite carbonica.

Tale decomposizione avviene sotto effetto di calore

Il processo di carbonatazione avviene in presenza di aria per dar sfogo all'anidrite carbonica e al vapor acqueo

Cottura delle pietre a circa 950°C



Dissociazione termica del Carbonato di Calcio in Ossido di Calcio e CO₂





LA SCUOLA DEL FARE

La calcinazione delle pietre

CaO Calce Viva

Massa bianca porosa avidissima d'acqua, che sfiorisce all'aria trasformandosi in polvere. La Calce Viva reagisce con l'acqua violentemente

SPEGNIMENTO DELLA CALCE

$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 15\text{Kcal}$ *Calce Spenta* Idrato di Calcio

Quantitativo teorico di acqua circa il 24-25% del peso della massa di calce spenta

Quantitativo maggiore si ha il *GRASSELLO DI CALCE* (circa 3 volte il suo peso in acqua)





LA SCUOLA DEL FARE

La calcinazione delle pietre

L'influenza della temperatura di cottura

Il lavoro di cottura



Dal peso molecolare abbiamo che alla cottura di circa 100gr di CaCO_3 si producono circa 56 gr di CaO;

quindi un materiale con circa il 52% di pori ideali

Alla temperatura di cottura costante di:

900°C

Densità 1.6 gr/cm³

Porosità circa 52%

1100°C

Densità 2.0 gr/cm³

Porosità circa 35%

1300°C

Densità 2.8 gr/cm³

Porosità circa 10%





LA SCUOLA DEL FARE

Spegnimento - Grassello - latte di calce



> Purezza > facilità di cottura a basse temperature

< la temperatura > porosità della calce

> Porosità > acqua viene assorbita nella fase di spegnimento

> Acqua è assorbita > aumento di Volume > la Resa in Grassello





LA SCUOLA DEL FARE

Spegnimento - Grassello - latte di calce

La bontà di una Calce viene dedotta dalla sua Resa in Grassello:
dal Volume della pasta che si ottiene dopo lo spegnimento

Calce grassa: pasta bianca, untuosa, plastica, forte rigonfiamento dopo lo spegnimento

1kg Calce viva -----1.8-2.4 litri di grassello e fissa 1.7 -2.8 litri d'acqua

Calce magra: contenuto rigonfiamento dopo lo spegnimento

1kg Calce viva-----1.4 -1.8 litri di grassello e fissa da 1.0-1.7 l d'acqua

In fase di spegnimento, in forte eccesso d'acqua si ottiene una sospensione di idrato di calce in acqua: *latte di calce*





Calce Idrata

Calce Viva bagnata con circa $\frac{1}{4}$ dell'acqua necessaria per renderla pasta.
Così idratata secca si definisce *Fior di Calce*

Cioè spenta con la bastanta quantità di acqua necessaria ad idratarla e farla cadere in polvere. L'aggiunta in cantiere dell'acqua di impasto la rende GRASSELLO (alla stregua del prodotto bagnato in fossa)

Calce Idrata in polvere ha una curva granulometrica passante fra i 40 e gli 80 microns

Quindi la scelta della curva granulometrica della sabbia dovrebbe essere dagli 80 microns in su

Se alla calce si aggiungono inerti < 40microns si avrà un impasto con la calce più grossa della carica

Cioè la carica si trova ad avviluppare la calce e non viceversa, si impedisce la presa tra granulo e granulo della calce stessa: disgregazione dei manufatti





LA SCUOLA DEL FARE

Calce Idraulica

Cottura a basse temperature di sassi CARBONATI cioè calcari marnosi (con quantità di argilla al loro interno)

Il prodotto di cottura è un silicato bicalcico C_2S che viene spento nella sua esclusiva parte di calce aerea (senza cioè attivare il silicato di calcio che altrimenti darebbe inizio ad una presa di tipo idraulico e non aereo)

Le marne contenenti del ferro producono leganti idraulici leggermente colorati

Nocciola-rosato bigio-gialliccio

A differenza dei cementi ha un'alta porosità e non contiene solfati

NHL *Natural Hydraulic Lime* EN 459 -1

usualmente seguito dal valore della resistenza a compressione a 28 gg

NHL 2.5 - NHL 3.5 - NHL 5 (es: 3.5 Mpa)





LA SCUOLA DEL FARE



Chi Siamo



Calce Raffinata: calce idraulica naturale... italiana e certificata!

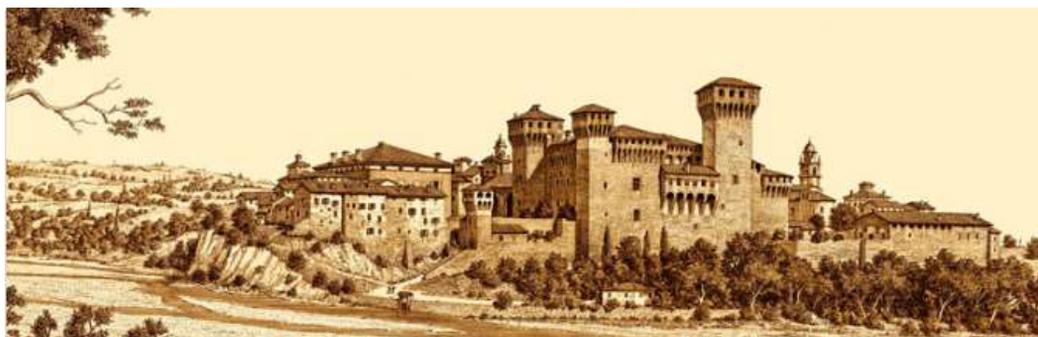
Una storia che ha inizio nel 1955

La Società Calce Raffinata opera nel settore delle calce idrauliche, prodotte nello stabilimento di Savignano sul Panaro, fin dagli inizi del secolo scorso.

Fonti documentali indicano l'esistenza ancora più antica di fornaci nei pressi di Savignano e testimoniano le straordinarie qualità della calce ottenuta dalla cottura di marne calcaree delle prime colline emiliane.

A seguito della costante attività di ricerca e dei lavori di adeguamento degli impianti, tutta la nostra produzione di calce ha ottenuto la certificazione CE, secondo la norma europea UNI EN 459-1:2015.

Particolare rilievo è dato alla Calce Idraulica Naturale (NHL) impiegata nella realizzazione di malte per muratura ed intonaci, nella bioedilizia, in ristrutturazioni e nei restauri conservativi di beni di particolare valore architettonico e monumentale.





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE



CR CALCE RAFFINATA
DI SAVIGNANO SUL PANARO SRL

Cava: calcari marnosi

Pezzatura:

Cottura: forni verticali a combustibili
fossini, temperature $< 1200^{\circ}\text{C}$





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE



CR CALCE RAFFINATA
DI SAVIGNANO SUL PANARO SRL



15 Novembre 2018 – Collegio Ingegneri Venezia, Convegno: La Calce come Legante Idraulico - G Mastroianni





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE



CR CALCE RAFFINATA
DI SAVIGNANO SUL PANARO SRL

Spegnimento:

Il prodotto calcinato, una volta raffreddato, subisce un processo di idratazione controllata

Macinazione: con mulini a sfera

Confezionamento





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE



15 Novembre 2018 – Collegio Ingegneri Venezia, Convegno: La Calce come Legante Idraulico - G Mastroianni





LA SCUOLA DEL FARE

Le Malte: da Costruzione e restauro

La buona riuscita di una malta dipende:

dalla buona qualità degli ingredienti

dalla loro giusta proporzione

dalla perfetta lavorazione

Le malte semplici: Acqua +
Legante

Le malte composte: Acqua + Legante + altro
materiale inerte

Le malte comuni o
Aeree:
Acqua + Sabbia +
calce comune (ovvero
grassello)

Le malte Idrauliche:
Acqua + Sabbia +
calce forti
Acqua + Sabbia +
Calce grassa +
pozzolana

Le malte
Bastarde:
Acqua + Sabbia +
calce + cemento





Le Malte

Per la costruzione

Gli ingredienti si dosano in parti in **volume**

Generalmente si realizzano malte con quantità di calce e sabbia proporzionando la calce alla sabbia/pozzolana in maniera che occupi tutti gli spazi esistenti fra i granelli (malte piene)...durante la mescolazione quindi non è + visibile la sabbia

Cantiere:

sulla cazzuola si possono verificare sbavature bianche: troppa calce nell'impasto

«la malta deve scivolar via dal ferro della cazzuola lasciandolo ben lucido e pulito»



Le Malte

Come capire la giusta proporzione tra calcina e sabbia

La proporzione in volume delle materie e non in peso

1:3

1 volume di calcina

3 volumi di sabbia

- Riempire un vaso dalla capacità nota con sabbia asciutta e livellata
- Versare quantità d'acqua tale che il livello giunga alla superficie superiore della sabbia
- Il Volume d'acqua è circa uguale al volume della calcina in pasta da mescolare con la sabbia nel vaso
 - Grassello di calce aerea
 - Calce aerea idrata in fiore bagnata
 - Impasto di Calce idraulica naturale

LEGANTE	PARTI IN PESO							
Calce magra magrestica	2	1						
Calce grassa (grassello)			1	1			1	
Calce idraulica naturale					1	1		1 1
SABBIA								
Sabbia di frantoio (carbonatica)		1		2	3			
Sabbia silicea	3	3				3	2	1
Cocciopesto							1	2 3



LA SCUOLA DEL FARE

Le sabbie per le malte da
costruzione

Frazione granulometrica continua
delle sabbie da utilizzare per le
malte

sabbie fini: da 0.08 a 0.6
mm

Sabbie medie: da 0.6 a 2 mm

Sabbie grosse: da 2 a 8 mm
Fuso di Fuller – ASTM 144-76



Curiosità: Sabbie umide sono meno pesanti a parità di volume delle sabbie secche, se acqua è al 2-5%, perché c'è un aumento di volume fra i granelli della sabbia





Le sabbie per le malte da costruzione

Frazione granulometrica continua delle sabbie da utilizzare per le malte

- Per le malte da muro: Sabbie che passino al setaccio da 3-4mm
- Per murare con ciottoli, si aumenterà la sabbia e la ghiaietta fino a 7-10mm
- Per gli intonaci: Sabbie che passino al setaccio da 3mm
- Per le stabiliture: Sabbie che passino al setaccio da 1-2 mm



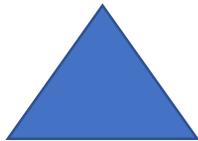


Le sabbie per le malte da costruzione

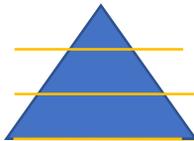
Frazione granulometrica continua delle sabbie da utilizzare per le malte

Metodo tradizionale ed empirico per determinare il rapporto tra le differenti frazioni granulometriche delle sabbie da utilizzare per realizzare la malta

Importante: Frazione Granulometrica Continua



Disegnare un triangolo equilatero



Dividere l'altezza del triangolo in parti uguali alle frazioni considerate (in questo caso 3)



Quindi il numero dei triangoli per livello corrisponde alle parti da utilizzare.

1 parte di grossa

3 parti di sabbia media

5 parti di sabbia fina

Se si vuole realizzare un intonaco con il massimo granulometrico di 3mm quindi bisognerà acquistare tre tipi di sabbia:

Sabbia fina con granulometria da 0.1 a 1mm

Sabbia media con granulometria da 1 a 2mm

Sabbia grossa con granulometria da 2 a 4 mm



PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE



Le sabbie per le malte da costruzione

Le impurezze nelle sabbie si ripercuotono nelle malte:

Sostanze organiche – azione chimica - intervengono nel processo di idratazione dei leganti idraulici rallentando o impedendo i fenomeni di presa e indurimento

Sostanze argillose - azione fisica –formano uno strato inerte tra la pasta del legante ed il granulo dell'aggregato impedendone l'aderenza





Le sabbie per le malte da costruzione

Calcolo delle impurezze negli

aggregati:

Argilla

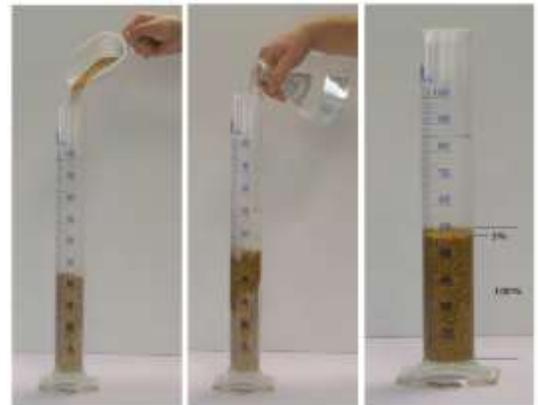
Riempire cilindro di vetro graduato
da 1l fino a 500cm³ con sabbia

Aggiungere acqua pulita fino al 1l
Agitare energicamente per 3-4volte

Lasciare riposare 1h

Valutazione dello strato argilloso
se $> 3\%$ di h_{tot} (sabbia+argilla)

Malta con impurezze argillose





Le sabbie per le malte da costruzione

Calcolo delle impurezze negli

Sostanze ^{aggregati:} organiche

Riempire cilindro di vetro graduato
da 1l fino a 130 cm³ con sabbia

Aggiungere soluzione di soda caustica al
3% (quindi 30gr di NaOH in 970 cm³ di
acqua distillata)

quindi il livello sabbia + liquido 200 cm³

Agitare e lasciar riposare 24h

Se colore sopra la sabbia è giallino OK

Se colore rosso-bruno **NO MALTA**





LA SCUOLA DEL FARE

Pozzolana

«Avvi ancora un'altra specie di polvere che fa naturalmente effetti meravigliosi. Si trova essa ne' contorni di Baja, e ne' territorj de municipj che son intorno al Vesuvio; la quale mescolata con calcina e pietre, reca fermezze non solo ad ogni specie di fabbriche, ma particolarmente assoda quelle moli che si fanno in mare sott'acqua» Vitruvio Pollione – De Architectura- libro II, Cap VI.

Le pozzolane sono ceneri o deiezioni vulcaniche, modificate dall'azione del tempo e dagli agenti atmosferici.

Sono composte di Silice – Allumina – Ossido di Ferro, Calce, Magnesio ecc

Silicati Multipli più o meno basici





LA SCUOLA DEL FARE

Pozzolana

L'Opus Caementitium

Materiali che hanno comportamento pozzolanico cioè che unite alla calce e all'acqua creano un legame idraulico:

Tufo giallo Napoletano, tufi pozzolanici,

Materiali argillosi cotti a temperature comprese 600-900°C, macinati in polvere per il loro contenuto di silicati hanno una buona attività pozzolanica – macinazione vecchi mattoni, coppi, e vario materiale fittile cotto a bassa temperatura Cocciopesto





LA SCUOLA DEL FARE

Le calce aeree ed idrauliche

I materiali argillosi cotti ad alte temperature non producono effetti pozzolanici nelle malte.

I mattoni cotti intorno ai 900 °C possono avere una buona attività pozzolanica;

Cioè riescono a fissare l'idrato di calcio costituito dalle calce grasse spente, dando origine al fenomeno di indurimento dalle caratteristiche idrauliche e non propriamente aeree.

Questo è dovuto alla presenza dei silicati ed alluminati presenti nell'argilla calcinata a queste temperature. Il tempo di indurimento delle malte di cocchiopesto è molto lungo – lunghissimo ∞





LA SCUOLA DEL FARE

Cocciopesto

..e il tempo da forza all'intonaco..

La definizione comune « l'intonaci di cocciopesto sono impermeabili » è impropria

- A fine reazione tra silico-alluminati del cocciopesto e la calce con la formazione di idrosilicati CSH la crosta formatasi è impermeabile – ma i tempi sono lunghissimi (intonaci romani ancora attivi)
- Gli intonaci di cocciopesto servono per omogeneizzare la superficie dei supporti sottostanti creando uno strato monolitico con la sottostante muratura
- Una volta essiccate le malte signine diventano con la muratura tutto un solido: perché idrossido di calce Ca(OH)_2 la calce aerea reagisce con i silico-alluminati $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ contenuti nei mattoni frantumati ridotti in sabbia, innescando un processo pozzolanico a presa idraulica





Cocciopesto

..e il tempo da
forza
all'intonaco..

Buone caratteristiche di
pozzolanicità



- Tanto più porosi sono i mattoni frantumati, tanto maggiore sarà la superficie di scambio di reazione



- La presa idraulica sarà tanto maggiore quanto maggiore è la possibilità di far penetrare la calce tra i meandri e le cavità dei mattoni



- Il cocciopesto ottenuto da mattoni sovraccotti o invetriati non ha alcun potere pozzolanico



PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE





LA SCUOLA DEL FARE

Il Ciclo della Calce

La raccolta

I quattro momenti della calce: (schema semplificato)

Selezione del calcare -

La cottura

Lo spegnimento

La carbonatazione





LA SCUOLA DEL FARE

Indurimento ----- carbonatazione

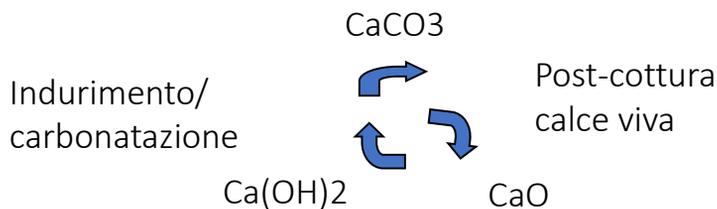
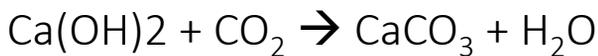
Importante il ruolo della sabbia nelle malte:

Da un lato limita il ritiro delle malte durante l'essiccamento

Dall'altro mantiene la malta porosa in modo da permettere una buona carbonatazione nell'intero spessore

Indurimento -----carbonatazione

Cioè l'assunzione da parte dell'idrato di calce dell' CO_2



Spegnimento malta





Indurimento ---carbonatazione



L'importanza di bagnare i mattoni prima di porli in opera

L'anidrite carbonica reagisce con l'idrato di calcio quando questo si trova in soluzione satura nell'acqua

I mattoni asciutti sottraggono velocemente acqua alle malte arrestando così il fenomeno della carbonatazione e di indurimento proprio dove c'è il contatto fra malta e mattoni





LA SCUOLA DEL FARE

Fioriture di Sali sui muri

- Cloruro di Sodio
- Cloruro di magnesio
- Nitrati
- Carbonati di potassio ecc

Sono presenti:

- nelle acque utilizzate per la preparazione delle malte
- Nei mattoni
- Nelle acque che ristagnano attorno alle fondazioni e che vengono assorbite dalle mura





LA SCUOLA DEL FARE

Fioriture di Sali sui muri

I cementi moderni sono ricchi di Sali idrosolubili

cedono i Sali all'acqua di impasto

attraverso la muratura fuoriescono in superficie e cristallizzando formano le bianche e fastidiose fioriture





LA SCUOLA DEL FARE

Tempi di prosciugamento di un muro umido

$$t = p * s^2$$

t tempo [giorni]

s spessore del muro [cm]

p coefficiente di prosciugamento f(materiali)

Cristallizzazione dei Sali all'interno tra intonaco e muratura:

> volume quindi cause di pressioni che portano alla sgretolamento della sup dei mattoni e scollamento degli intonaci

Malte deumidificanti super leggere p=0.15

Malta di calce aerea e sabbia p=0.25

Malta di calce forte e sabbia p=0.27

Malta bastarda p=1.35

Malta cementizia p=1.58

Mattoni fatti a mano p=0.28

Pietra calcarea p=1.22

Mattoni fatti a mano p=0.28

Calcestruzzo strutturale p=1.60

Esempio muratura in mattoni di spessore di 70cm
 $t = 0.28 * 70^2 =$ quasi 4 anni

Fuoriuscita dei Sali - efflorescenze biancastre

Esempio muratura in mattoni di spessore di 70cm con intonaco deumidificante
 $t = 0.15 * (3+70+3)^2 =$ 2 anni e 4 mesi

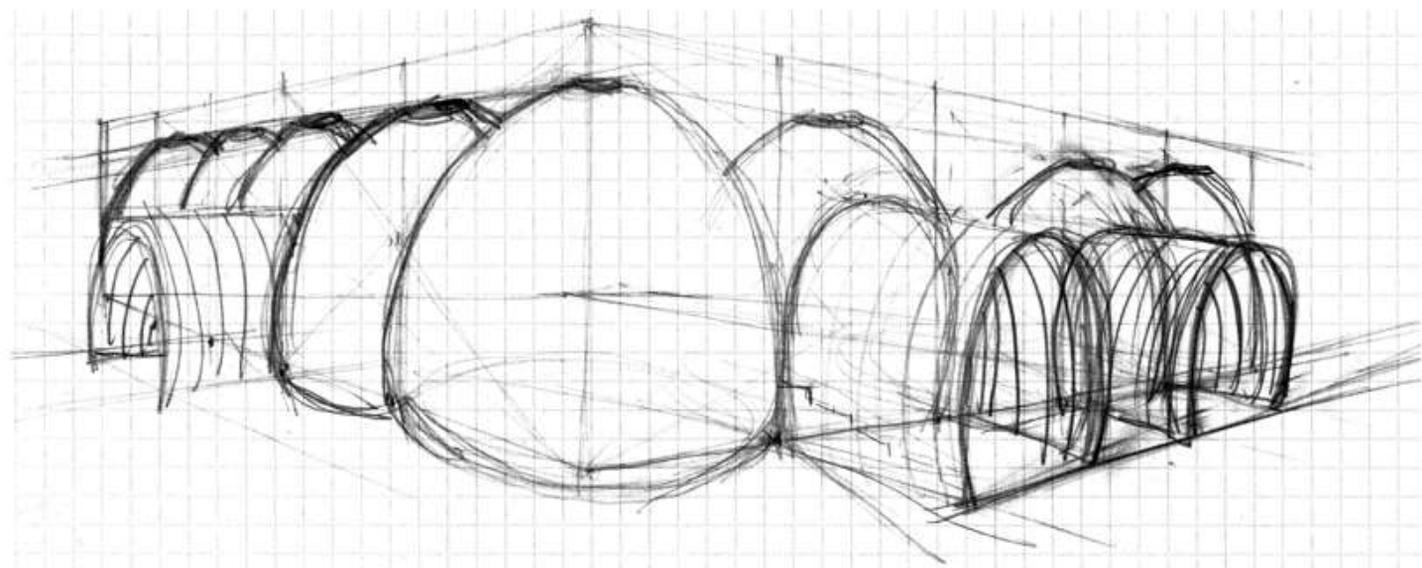
Esempio muratura in mattoni di spessore di 70cm con malta cementizia
 $t = 1.58 * (3+70+3)^2 =$ 25 anni!





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE



La Calce come legante Idraulico





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE



ISTITUTO
NAZIONALE
DI RICERCA
METROLOGICA

Alessandro Schiavi

**RIFLESSIONI SULLE
PRESTAZIONI STRUTTURALI,
TERMICHE E ACUSTICHE DI
EDIFICI COSTRUITI IN
MURATURA LAPIDEA**





LA SCUOLA DEL FARE

NTC 2008

Murature costituite dall'assemblaggio organizzato ed efficace di elementi naturali ricavati da materiale lapideo non friabile o sfaldabile e malta

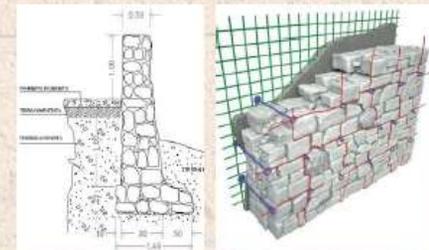


Alessandro Schiavi

Muratura di pietra: la Normativa

Recentemente, in campo normativo si è assistito ad un importante ripensamento riguardo l'edilizia in muratura di pietra: si è passati da una rigida concezione della modellazione strutturale, che ha spinto a trasformare gli edifici esistenti per rendere le strutture più rispondenti alle ipotesi di calcolo, ai contenuti del **D.M. 17 gennaio 2018**, con il quale sono state approvate le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (**NTC 2018**).

Le **NTC 2018** hanno portato ad una revisione culturale sull'uso di specifiche tecniche costruttive mediante murature costituite dall'assemblaggio organizzato ed efficace di elementi naturali ricavati da materiale lapideo non friabile o sfaldabile e malta.



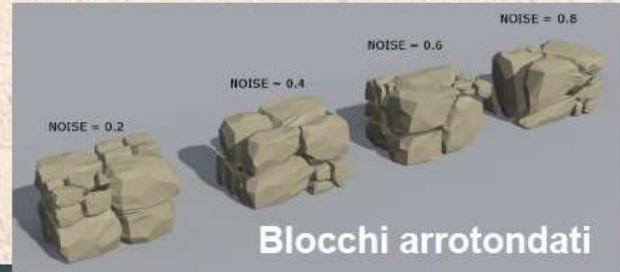
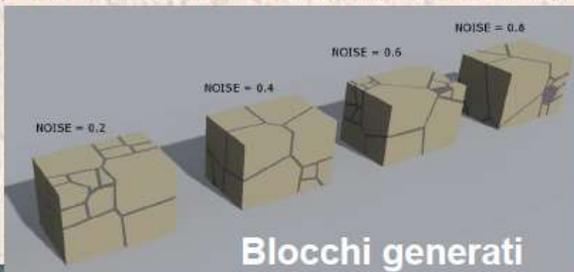


Alessandro Schiavi



Influenza degli aspetti fisico-geometrici: Prestazioni termiche ed acustiche delle murature

Al fine di approfondire il ruolo della tipologia muraria è allo studio l'approntamento di modelli geometrici di murature incoerenti. Tuttavia, la modellazione "*diretta*" del tipo risulta inevitabilmente condizionata dalla scelta dell'operatore e, pertanto, si è deciso di utilizzare algoritmi grafici che potessero generare il modello automaticamente creando un disturbo random del frazionamento (NOISE da 0,2 a 0,8). A tal fine si utilizzano software che permettono di *frazionare* e in seguito *arrotondare*, simulando più propriamente la muratura, un solido secondo parametri specifici preimpostati. La quantificazione dei giunti di malta è poi realizzata sottraendo il volume del pietrame dal volume totale.





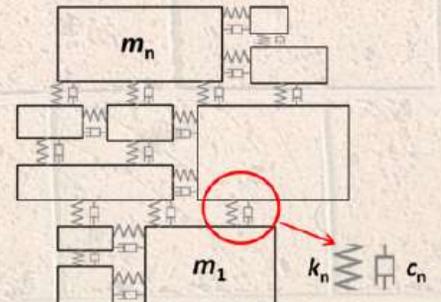
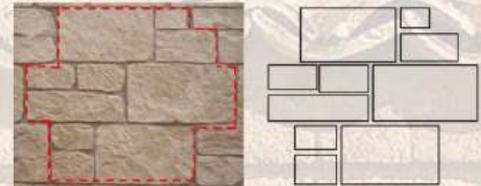
Alessandro Schiavi



Gli aspetti fisico-tecnici: Attenuazione alle vibrazioni

Una muratura in materiale lapideo è un sistema meccanico complesso a molti gradi di libertà, composto da un insieme di corpi rigidi (pietre) interconnessi tra loro tramite malta. L'azione di una forza su tale sistema pone in accelerazione i corpi rigidi e si propaga, in forma di vibrazione, attraverso l'intero sistema.

Le discontinuità del sistema sono un primo ostacolo alla libera propagazione delle vibrazioni e riducono l'ampiezza della vibrazione trasmessa. In tale sistema la malta può essere considerata come un insieme di molle e smorzatori interconnessi.



Alessandro Schiavi



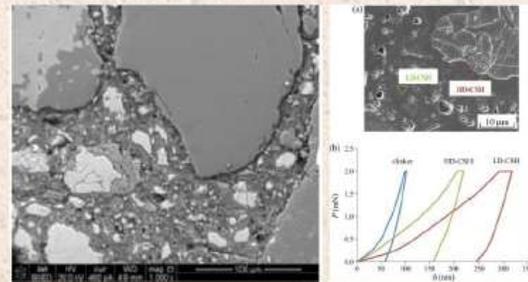
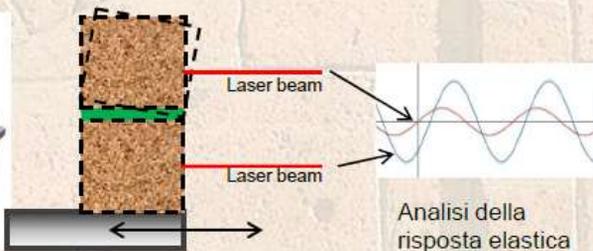
Ipotesi di incremento antisismico e di dissipazione delle vibrazioni

L'impiego di malte cementizie strutturali speciali, caratterizzate da bassi Moduli Elastici ($< 8\text{GPa}$) rispetto alle malte tradizionali ($\sim 12\text{GPa}$), congiuntamente alle maglie a reticolo, possono ridurre ulteriormente la trasmissione dell'energia di vibrazione meccanica, per dissipazione termica.

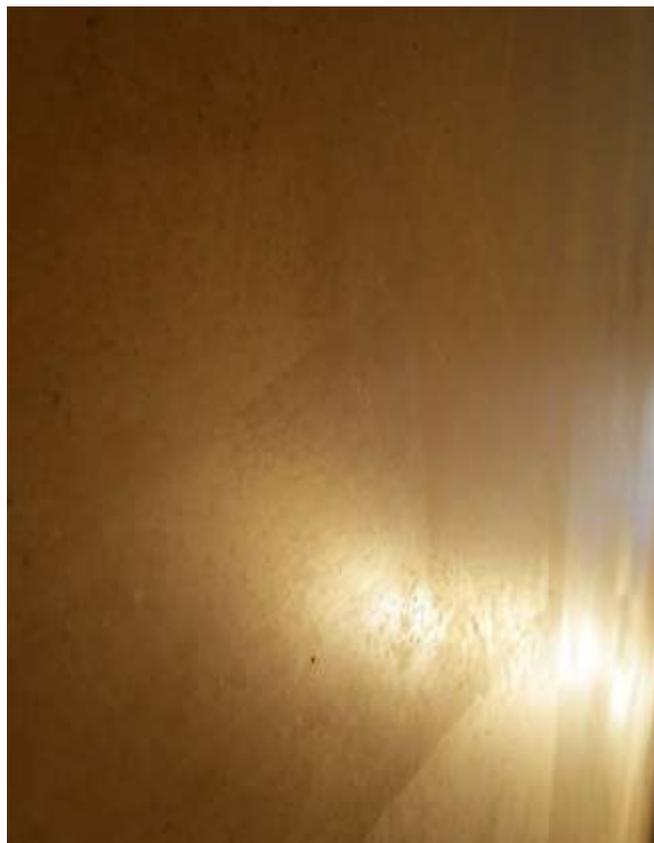
Sono attualmente in corso prove sperimentali su macro-scala al fine di individuare l'attitudine di malte strutturali speciali a dissipare efficacemente l'energia meccanica. E sono in programma anche analisi microstrutturali tramite micro- e nano-indentazione.



Tavola vibrante



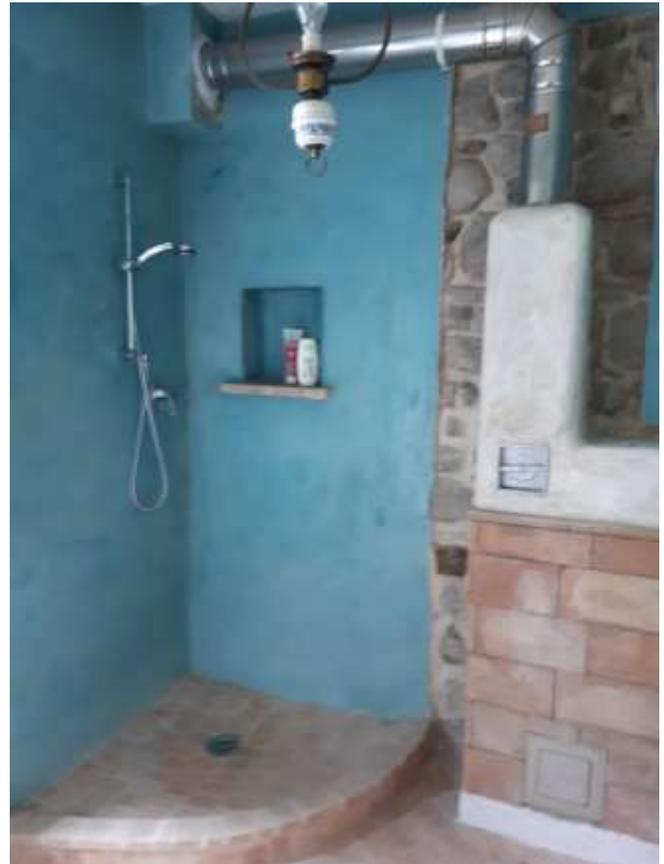
Siming Liang, Ya Wei, Zehong Wu, *Construction and Building Materials*, 154, 2017



Andrea Magnolini

<http://www.passileggerisullaterra.it/>





Andrea Magnolini

<http://www.passileggerisullaterra.it/>





PONTINPIETRA

LA SCUOLA DEL FARE



Andrea Magnolini

<http://www.passileggerisullaterra.it/>





LA SCUOLA DEL FARE

... Affinché lo Studente possa avere la voglia di toccare e sentire la materia del costruire....

... al tecnico consapevole che ogni singola scelta progettuale è azione presente e soluzione per il futuro....

... Buon Lavoro

...



*Fonte Bibliografica della
presentazione:*

*Restauro & Colore - L'empirico
e la regola dell'Arte*

*Gilberto Quarneti - Calchera
San Giorgio - Grigno (Trento)*



La Calce come legante Idraulico

15 Novembre 2018 –

Collegio Ingegneri di Venezia

g.mastroianni@gmail.com

