

CALCHÈRA

San Giorgio



Scuola d'Arte Muraria

Calchèra San Giorgio

Maestri nel trattamento delle murature



LA DEUMIDIFICAZIONE

diagnostica
indagini di laboratorio
ricerca storica
formulazioni tradizionali
tecniche applicative
materie e materiali





Calchèra San Giorgio

Maestri nel trattamento delle murature

LA DEUMIDIFICAZIONE

diagnostica
indagini di laboratorio
ricerca storica
formulazioni tradizionali
tecniche applicative
materie e materiali

Indice:

Cos'è la Calchèra San Giorgio	7
La Scuola d'Arte Muraria	8
La Deumidificazione dei muri	
Le origini della ricerca	9
Storia e riscoperta di un antico legante	11
Delle <i>malte porcellane</i>	14
La Calce Pozzolanica Pantheon	16
L'intonaco Pozzolanico Deumidificante Calchèra San Giorgio	
Prova di resistenza all'aerosol marino	18
Traspirabilità	20
Punto di rugiada	21
La struttura microporosa	22
Descrizione della struttura porosa	23
Teoria sulla deumidificazione delle murature	
La pratica	28
Teoria sui tempi di prosciugamento di un muro umido	32
Alcune osservazioni	
I volumi d'acqua e la concentrazione dei sali	36
Realizzazione di un cavedio aerato	
Un'indagine preventiva della struttura muraria	39
Il tampone estraattore dei sali	47
<i>Sistema Deumidificante Calchèra San Giorgio</i>	
Procedura applicativa	52
Le finiture	
I tonachini color naturale	53
Lo stucco pozzolanico "Vetus"	57
Il tonachino "lavato"	61
I tinteggi al silicato di potassio	63
Conclusioni	68
Il laboratorio tecnologico	70
Le schede tecniche del sistema	73



La Calchèra di Grigno (Trento)

LA CALCHÈRA SAN GIORGIO

La Scuola d'Arte Muraria – Calchèra San Giorgio - ed il suo Centro di Ricerca e Formulazione, sono oggi un punto di riferimento per quanto attiene l'indagine, lo studio ed il riproponimento dei leganti e delle malte storiche che connotano l'architettura monumentale attorno all'intero bacino del Mediterraneo.

L'*humus* culturale della Scuola d'Arte Muraria è riconducibile, sin dall'inizio, alla perfezione tecnica dei materiali da costruzione adoperati dai nostri predecessori storici, i quali, dopo lungo tempo, sono ancor oggi oggetto di ammirazione ed emulazione da parte dei ricercatori che operano nel mondo del restauro architettonico.

Le tecniche e le conoscenze, a cui la Calchèra San Giorgio ha sempre attinto, sono da collegarsi ai vari autori classici del passato: da Vitruvio a Plinio, da Alberti a Di Giorgio Martini, fino a Palladio, Scamozzi e a tutti coloro che, in tempi più vicini a noi, hanno progettato e costruito quelle opere, che ancor oggi sono indiscutibili esempi di longevità e bellezza.

La traduzione e l'interpretazione dei testi classici hanno prodotto, attraverso i secoli, il perpetuarsi di un'Arte ancor valida ai giorni nostri. Il processo di trasmissione del sapere, da *Mastro* a *giovane di Bottega*, di generazione in generazione, ha consentito una lenta, continua evoluzione delle conoscenze, che hanno lasciato preziose memorie sul nostro territorio.

Se da un lato i professionisti del restauro tendono ad applicare materie e modi di costruire del passato, perché più in aderenza alla verità storica del fabbricare, dall'altro, però, vi è anche una consolidata propensione all'utilizzo di materiali e tecnologie moderni: i lunghi tempi di elaborazione e le tecniche costruttive del passato - che erano un patrimonio culturale dei costruttori d'un tempo - sembrano oggi quasi improponibili a causa dell'impossibilità di disporre delle tradizionali *Arti* dei vecchi *Mastri*. Non di meno, la mancanza delle materie originarie delle antiche ricette, sta causando, nella moderna produzione industriale, modificazioni tali da poter compromettere irreversibilmente una cultura che sembra oggi cadere nell'oblio.

L'obiettivo della *Scuola d'Arte Muraria* e del suo *Laboratorio di Prove e Composizione* ha come scopo la riconquista delle antiche Regole poiché i Mastri, che in essa lavorano, hanno piena consapevolezza, che la loro conoscenza è l'unico supporto culturale che metta in grado il progettista-restauratore di valutare quali siano le caratteristiche dei materiali del passato e quali le virtù che li rendono ancor oggi compatibili col progetto di restauro.

Ulteriore scopo della nuova "Bottega" – Calchèra San Giorgio - è di porre in rilievo scelte e strategie, che possano condurre gli operatori del settore, a riconvertire tecniche generalizzate ad un più specifico uso locale della materia e del colore, con particolare attenzione al patrimonio storico che caratterizza la cultura e l'ambiente in cui è inserito.

La Scuola d'Arte Muraria – Calchèra San Giorgio

La Scuola d'Arte Muraria - Calchèra San Giorgio - dispone di un "Laboratorio Tecnologico Artigianale" di Mastri, esperti nell'Arte del trattamento delle murature. Tale esperienza si caratterizza in tecniche di consolidamento delle cortine ammalorate, scelta dei materiali più idonei, composizione delle malte e conseguenti innovative modificazioni, preparazione dei tinteggi e loro stesura, che si complementa con ogni altra forma artigianale di applicazione dei materiali, in stretta aderenza con la tradizione e le esigenze progettuali di ogni intervento a cui sono chiamati.

I Mastri della Scuola provengono da varie discipline: vi sono mastri da muro, intonatori, tinteggiatori, decoratori, scalpellini, restauratori d'affresco e affrescatori, addetti al lapideo, periti nell'Arte lignea, esperti di consolidamento, e così di sèguito. Vanto del gruppo di lavoro Calchèra San Giorgio è l'esclusivo uso di materiali preparati in Laboratorio o a "pie' di fabbrica", secondo le richieste progettuali, in piena aderenza con quanto richiesto dalla Tradizione e la Regola dell'Arte.

Per ogni muro da riporre in pristino, la Calchèra ha lo specifico rimedio. I materiali sono, quindi, tutti espressamente formulati per il cantiere cui sono destinati.



LA DEUMIDIFICAZIONE DEI MURI

Le origini della ricerca

Nel 1770, M. Lorient, un eclettico ricercatore francese, primo meccanico di sua Maestà Luigi XV, pose quest'intrigante quesito: «Come si spiega che i romani abbiano costruito l'acquedotto, conosciuto col nome Pont du Gard, nelle vicinanze di Nîmes, senza far uso di pozzolana? Se hanno usato esclusivamente calce grassa, come è possibile che abbiano messo in uso l'acquedotto senza veder la calce dilavarsi?». Eppure l'incredibile opera è arrivata fino a noi in tutta la sua possanza.

Il celeberrimo Lorient, era convinto che i romani custodissero il segreto di un metodo di preparazione delle malte "acquatiche" e che non lo volessero divulgare.

Così, nelle *Mémoire sur une découverte dans l'art de bâtir, faite par le Sr. Lorient, Mécanicien, Pensionnaire du Roi* (A Paris, 1774), si impara sulla scoperta del geniale Lorient:

«Il signor Lorient, dopo aver esaminato quasi tutto ciò che i Romani hanno lasciato in Francia, si è intimamente convinto che essi non impiegavano materiali diversi da quelli di cui noi ci serviamo; che la calce, la sabbia, il cocchiopesto, ed altre materie di questa specie, ottenevano da soli la perfezione di questi composti, ma che essi avevano un altro metodo rispetto al nostro nella manipolazione e la preparazione».

Noi siamo convinti che oltre alle materie prime scelte dai *Magister Calcariarum*, siano state la sapiente preparazione ed applicazione delle malte a renderle così tenaci all'aggressione dell'acqua e dei sali. L'uso reiterato del *Baculus* nelle loro applicazioni doveva aver conferito ai manufatti una compattezza straordinaria, confinando il volume dei pori nella frazione microporosa. Il *Baculus* era un attrezzo simile ad uno spesso frattazzo quadrato, di metallo, di dimensioni ridotte; esso era dotato d'un manico ed era usato come un pesante martello per compattare lo strato d'intonaco facendone uscire tutta l'acqua d'impasto in esubero, riducendo le macroporosità a microporosità. Nelle malte romane costipate coi *Baculus*, che ancor oggi si mostrano integre, la porosimetria a mercurio ha indicato un diametro medio dei pori molto regolare (circa 0.1 μ m), mentre i pori medi della malte degradate sono molto più grossi e coprono una gamma che va da 1 μ m circa, fino a 22 μ m, anche se la percentuale di porosità aperta è simile nei due casi (circa il 25%).

Sicuramente l'osservazione microstrutturale della malta originale romana non degradata ha riservato le sorprese più grandi.



Le osservazioni al SEM hanno messo infatti in evidenza una microstruttura molto compatta (Fig. a) e molto simile a quella di un materiale ceramico sinterizzato, con presenza di grani addirittura submicronici. Questa compattezza ha sicuramente favorito la durabilità dell'opera. La malta degradata ha invece rivelato una microstruttura molto meno compatta con numerose cavità (Fig. b), a conferma dei risultati di porosimetria.

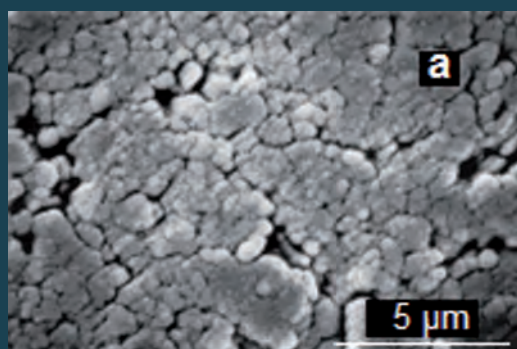


Fig. a Malta romana integra

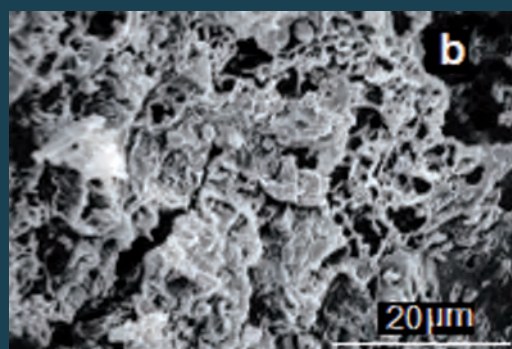


Fig. b Malta romana degradata

L'analisi alla microsonda sulle malte ha confermato i dati diffrattometrici: la causa del degrado della malta (b) va quindi cercata nei continui cicli di bagnasciuga che hanno portato ad una maggiore porosità, probabilmente anche a seguito di fenomeni di gelo e disgelo.

L'eccezionale compattezza della malta integra è un'autentica testimonianza, a 2000 anni di distanza, della destrezza e dell'abilità della manodopera dell'epoca, anche in opere comuni, che purtroppo non sempre riscontriamo in era moderna. I muratori d'un tempo accompagnavano quindi intelligenza e abilità manuale, in piena aderenza con l'immutata aurea regola del costruire.

Sulla scorta di tutte le conoscenze pervenuteci e dalle indagini condotte sulle malte del passato, è stato dato vita ad un progetto volto ad identificare un sistema di deumidificazione che avesse le stesse caratteristiche dei manufatti del passato e che di questi avessero gli stessi risultati e le stesse garanzie.

Il nostro studio si è svolto, quindi, mirando a riprodurre e riproporre le stesse malte del passato, mettendo a disposizione del nostro gruppo di studio le medesime materie che la storia suggerisce, con la certezza della loro durabilità ed integra efficacia nel tempo.

Il progetto è stato denominato:

SISTEMA DEUMIDIFICANTE CALCHÈRA SAN GIORGIO

La riscoperta di un antico legante: la Calce Pozzolanica Pantheon

L'opera di ingegneria più prestigiosa dell'antichità è il Pantheon a Roma. Su questo stupefacente monumento, dedicato a tutte le divinità, insiste una volta a cupola in calcestruzzo alleggerito, il cui diametro raggiunge l'incredibile luce di 43,3 metri.

Prima che tale opera fosse eretta, nessuno aveva mai osato pensare di progettare una struttura di tale ardimento. Né la maestosa cupola di Hagia Sophia ad Istanbul (33 metri circa), né la cupola di San Pietro, anch'essa a Roma (circa 42 metri), nonostante la loro imponentza, mostrano tutto il genio di chi la progettò e la capacità di chi la costruì, che solo ai nostri tempi è stato possibile sorpassare, grazie alla tecnica costruttiva del calcestruzzo armato. Come arrivarono i Romani a realizzare opere così prestigiose?

Fu l'uso dell'*Opus Caementitium* (anche: *opus caementicium*) che permise tanta bellezza.



La forma dell'elemento da costruire veniva ottenuta mediante una cassaforma costruita in pietre opportunamente posate, oppure formata da tavole e travi di legno; gli aggregati venivano accuratamente e prolungatamente mescolati alla malta. Con l'indurimento del legante e la sua maturazione si otteneva un conglomerato assai resistente alla compressione, la cassaforma di legno veniva quindi rimossa, come si fa tutt'oggi, per essere eventualmente riutilizzata. Il termine *Opus caementitium* indica sia la tecnica, che la qualità del manufatto. La locuzione può pertanto essere tradotta come "costruzione in calcestruzzo" o più genericamente "calcestruzzo romano".

Originariamente la tecnica di preparazione del calcestruzzo romano si sviluppò per contenere gli aggravii di spesa e per offrire soluzioni più spedite per la costruzione delle mura delle città, dei granai, delle conserve d'acqua, delle strutture portuali, degli acquedotti ed altro. A partire dalla metà del primo secolo della nostra era, col raffinarsi della tecnica dell'*Opus Caementitium*, abili architetti inventarono nuove strategie progettuali, nel momento in cui poterono impiegare tale materiale per la costruzione di volte e cupole.

E' sorprendente scoprire come gli ingegneri romani avessero già sperimentato anche il principio del moderno cemento armato.

In un ipocausto che veniva, come di consueto, fornito d'acqua calda attraverso le condutture, l'elemento più sorprendente consiste nel fatto che nella copertura di una di queste canalizzazioni realizzate, appunto, in *Opus Caementitium*, gli archeologi abbiano rinvenuto armature di rinforzo in ferro annegate nel conglomerato. Si sono anche ritrovate armature in ferro intrecciate a forma di rete nelle coperture dell'*Herculaneum* e delle terme di Traiano a Roma.

Sono state condotte indagini sulla resistenza meccanica di questo materiale, indagando su provini provenienti da strutture storiche romane di tutta Europa, prelevati da manufatti appartenenti alle più ricorrenti tipologie costruttive, quali murature e pareti, fondazioni di colonne, volte di copertura, conserve d'acqua e condutture. I risultati rilevati dall'indagine conducono ad una sorprendente conclusione: i valori di resistenza alla compressione dei vari *Opus Caementitium* sono compresi mediamente tra 50 e 400 Kg/cm² circa, dopo 2000 anni. Essi, pertanto, si sovrappongono, in ordine di grandezza, ai valori di resistenza di un calcestruzzo dei nostri tempi. Ma ciò che stupisce maggiormente è che la scelta della granulometria degli inerti avveniva in modo scrupoloso secondo criteri analoghi ai nostri. Dalla ricostruzione di due originarie curve granulometriche si evince come queste potrebbero perfettamente soddisfare anche le attuali prescrizioni normative.

Il minerale di partenza per la preparazione di un Opus Caementitium è sostanzialmente analogo a quello impiegato oggi per la produzione del cemento e della calce grassa. Alla calce ed agli aggregati, venivano aggiunti composti pozzolanici come il tufo vulcanico e la sabbia ottenuta dalla frantumazione dei mattoni cotti. Il calcestruzzo veniva gettato a strati e la reiterata battitura e costipazione del materiale consentivano una uniforme trasmissione del carico alla struttura. Quindi, per effetto della eguale aderenza tra gli strati, ottenuta dalla compattazione, si otteneva un manufatto d'un solo corpo, con proprietà paragonabili a quelle della pietra.

Si può pertanto affermare che la tecnica della preparazione dell'Opus Caementitium abbia svolto un ruolo fondamentale nella stabilità secolare del costruito nell'Impero Romano e di come la durabilità di siffatte opere sia tutt'ora una testimonianza di rara capacità costruttiva. Più che l'oltraggio del tempo fu l'uomo ad infierire: gli antichi monumenti, sono sempre stati privilegiate cave di pietra per il nuovo fabbricare. Ma ciò che rimane di estremamente prezioso degli Opus Caementitium e che fu oggetto di studio per molti ricercatori dell'800, è il sapiente uso che i Romani seppe fare della pozzolana.

E' qui da osservare in che modo si sia appurato che le malte romane vitruviane mostrano di avere un setto poroso tale da porle fra i composti con il miglior coefficiente alla diffusione al vapore nonostante il loro peso specifico. Ecco enunciata la composizione della malta definita "Pantheon", composta come prescritto dalla ricetta originaria:

<i>calx intrita</i>	(calce spenta di fossa),
<i>pulvis Baianus</i>	(pozzolana di Baia),
<i>testa tunsam</i>	(coccio pesto),
<i>pumex et</i>	(pomice),
<i>sabulum</i>	(sabbia silicea).

L'impasto battuto ed essiccato, mostra di avere un peso specifico medio di 2,0 Kg/litro e, nonostante ciò, il relativo coefficiente di diffusione al vapore (μ) è pari a 3. Si noti poi che, nell'impasto nel quale tutta la calce $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ si è combinata con i silico-alluminati delle pozzolane (pozzolana di Baia, cocciopesto, pomice), non vi è alcun residuo di calce libera. Avendo come aggregato sabbia silicea (*sabulum*), che resiste egregiamente all'aggressione chimica e non carbonatica, ben si comprende come questi manufatti abbiano resistito integri alle ingiurie del tempo nei secoli.

DELLE MALTE “PORCELLANE”

Da qualche anno, in tutto il mondo, molti ricercatori, che si occupano di materiali per il restauro monumentale storico, si stanno assiduamente applicando per trovare spiegazioni che possano dare adeguate risposte alle istanze che vengono da chi è preposto al riproponimento di materie e soluzioni, che abbiano la medesima bellezza e longevità di quelle storiche. Come è già avvenuto in altri casi, la risposta viene ancora dall'opera di chi ci ha preceduto.

Ecco cosa si legge in un capitolo nel piccolo tomo *Manuale D'Architettura* (1629) di Giovanni Branca, l'ascolano.

«Nuova materia all'Architettura massimamente per gli ornamenti più delicati può somministrare la nuova Plastica de' Tartari inventata dallo Scrittore di queste Aggiunte, e della quale a spese del medesimo, [...] se n'è eretta modernamente una fabbrica a i Bagni di S. Filippo in Toscana con privilegio Reale. Con questa nuov'Arte l'acque di quei Bagni si lasciano sopra cavi, o sieno forme un tartaro bianco lattato, duro a piacimento fin' a farlo superare la durezza del marmo Carrarino Statuario, dependendo ciò da alcune leggi, [...] resistente alle ingiurie quanto il travertino, improntato fedelmente di tutti i tratti anche più minuti e capillari, che abbia il modello».

La singolarità di questa indicazione risiede nel modo con cui il Branca suggerisce di replicare pezzi di statue e capitelli, mediante la preparazione di un suo ritrovato da versare in stampi confezionati per la riproduzione di “capricciosissimi” pezzi originari. Non esiste in letteratura nessun riferimento a malte che facciano pronta presa (idrauliche), che raggiungano resistenze alla compressione tali da sorpassare in durezza il celeberrimo marmo di Carrara. Evidentemente l'innovazione sta nell'uso di un ingrediente (una sorta di pozzolana), che dia nervo e resistenza alla malta e che nel contempo rimanga di color “bianco lattato” come altrimenti nessuna pozzolana può fare. Dalla lettura del Branca si intuisce che egli è depositario di un qualche “segreto” che non vuol svelare, un segreto di Bottega che solo lui e pochi altri conoscono e che gli permette di sfruttarlo in una “nuova fabbrica”. L'inventamento (personalmente provato dal Branca medesimo), che egli rende pubblico attraverso le pagine del suo *Manuale*, sta fra la semplice testimonianza di una verità che proviene da lontano e il riproponimento di un precetto che non può che essergli pervenuto dalla tradizione di Bottega.

Non vi è alcun dubbio che il miracoloso “Tartaro bianco lattato”, di cui egli orgogliosamente disquisisce, altro non è che una malta “porcellana” in uso presso i mastri

genovesi sin dai secoli antecedenti l'affermazione che si trova nel suo manuale e che una vera e propria innovazione non si può definire.

I genovesi conoscevano da tempo, per tradizione, l'uso del caolino calcinato per rafforzare le loro malte e questa tecnica, ancor per tradizione, essi stessi devono averla appresa e consolidata, attraverso pratiche consacrate da millenni di esperienza, da chi li aveva preceduti in quest'Arte, probabilmente dai Fenici.

E' certo che, una volta provato in laboratorio il comportamento di una mistura di calce idrata d'origine ligure e di caolino della Tolfa, calcinato a bassa temperatura, come raccontano i vecchi artieri genovesi, non si può non intuire, che probabilmente l'uso di questi innovativi leganti potrebbero condurci sulla giusta strada.



In documenti d'archivio quattrocenteschi si trovano notizie sul trasporto via mare, dai monti della Tolfa, dietro Civitavecchia, d'un minerale che veniva impiegato per conciare le pelli e per preparare tinteggi per i tessuti. L'elemento ricercato era il così detto allume di rocca, ovvero l'alluminato di potassio, ben conosciuto nelle Botteghe di pittura. Tale allume era estratto dal minerale importato. Ciò che rimaneva, dopo la selezione, era *caolino* con qualche traccia di *alluminato*. Coscientemente o per avventura, i mastri calcinai genovesi mescolarono il materiale a calcari magnesiaci (molto comuni sul territorio ligure) ed ottennero, calcinandoli a bassa temperatura, un materiale, che usato per formare delle malte, si dimostrò un formidabile legante idraulico. E poiché le malte così preparate si mostravano bianche, nitide e lucide come la preziosa terraglia cinese, l'impasto rimase nella tradizione col nome di "porcellana".

I fenomeni di presa idraulica fra materiali cotti a temperature inusualmente basse, contrastano con l'ormai radicata convinzione che, più alta sia la temperatura di cottura dei materiali, più alta sarà la resistenza alla compressione dei manufatti con essi composti. I resti di antiche malte "porcellane" ritrovate a Porto Vecchio, a Genova, e le antiche "misteriose" malte pozzoloniche romane, dimostrano esattamente il contrario.

I risultati preliminari, che concernono il fenomeno generale di indurimento del metacaolino (caolino calcinato) mescolato all'idrossido di calcio, come agente attivante, sono così stupefacenti da far pensare che forse, a guardare nelle pieghe dell'empirico, si possono trovare quelle risposte, che la ricerca scientifica ottocentesca non seppe del tutto spiegare.

Orbene, mescolando l'antichissima arte dei Magister Calcariarum della preparazione dell'Opus Caementitium, con la sapienza empirica dei costruttori genovesi, si arriva oggi a disporre di leganti di grandissima affidabilità. Questa, infatti, è la premessa su cui si è fondato lo studio e la realizzazione del legante denominato "Calce Pozzolanica Pantheon".

Il *legante* formulato è una calce idraulica (FL 5.0, secondo la normativa UNI EN 459-1:2010), composto a freddo, ottenuto dalla mistione di calce idrata in polvere, ad alto titolo di idrato di calcio (98%), calcinata a bassa temperatura (850°C) e selezionata con appropriati separatori. La parte pozzolanica è costituita da pozzolane naturali zeolitiche, rafforzate da composti caolinitici (2SA) micronizzati. Il rapporto fra idrato di calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ e prodotti pozzolanici è stato raggiunto dopo una attenta indagine sullo Chapelle, ovverosia l'indice di pozzolanicità. (L'indice di Chapelle determina la quantità di milligrammi di idrato di calcio che si combinano con 1000 grammi dello specifico aggregato pozzolanico in esame, all'atto dell'idratazione).

La carica da aggregare al legante nella formulazione è una ponderata quantità di pura polvere silicea, composta in curva granulometrica continua, selezionata fra 0 e 40 μm , eventualmente modificata con filler super-leggeri a base di silico-alluminati, idrati, espansi, al fine di raggiungere il peso specifico voluto.

La *Calce Pozzolanica Pantheon*, che è la sintesi di tutti i leganti descritti nei documenti d'archivio, da Vitruvio alla letteratura più recente, è perfettamente compatibile con le strutture storiche d'ogni tempo, ed è estremamente versatile nella preparazione di ogni tipo di malta si voglia usare nell'opera di restauro. E' infatti con questo legante e simili aggregati, che la Calchèra San Giorgio propone materiali, che di quelli storici romani hanno le stesse caratteristiche.



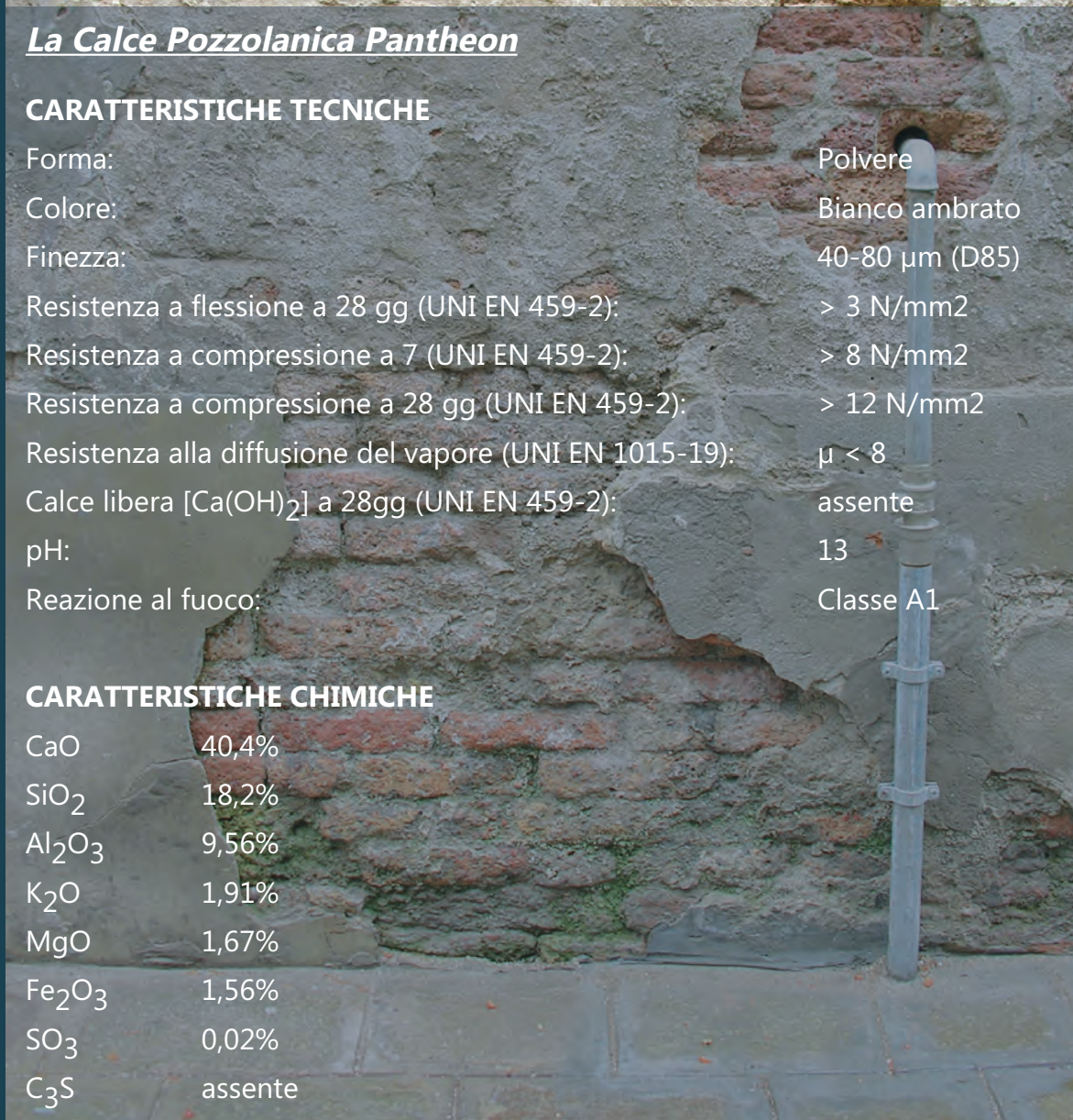
La Calce Pozzolanica Pantheon

CARATTERISTICHE TECNICHE

Forma:	Polvere
Colore:	Bianco ambrato
Finezza:	40-80 µm (D85)
Resistenza a flessione a 28 gg (UNI EN 459-2):	> 3 N/mm ²
Resistenza a compressione a 7 (UNI EN 459-2):	> 8 N/mm ²
Resistenza a compressione a 28 gg (UNI EN 459-2):	> 12 N/mm ²
Resistenza alla diffusione del vapore (UNI EN 1015-19):	µ < 8
Calce libera [Ca(OH) ₂] a 28gg (UNI EN 459-2):	assente
pH:	13
Reazione al fuoco:	Classe A1

CARATTERISTICHE CHIMICHE

CaO	40,4%
SiO ₂	18,2%
Al ₂ O ₃	9,56%
K ₂ O	1,91%
MgO	1,67%
Fe ₂ O ₃	1,56%
SO ₃	0,02%
C ₃ S	assente



L'INTONACO POZZOLANICO DEUMIDIFICANTE "CALCHÈRA SAN GIORGIO"

Prova di resistenza all'aerosol marino

Alla prova di resistenza all'aerosol marino sono stati sottoposti 8 campioni predisposti su tavella e maturati per 28 giorni, al fine di verificarne la resistenza ed eventualmente il livello di degrado subìto.

I provini di **Intonaco Pozzolánico Deumidificante - Calchèra San Giorgio**, sono stati realizzati con una malta da intonaco preconfezionata in polvere, composta di calce, pozzolane naturali micronizzate, aggregati silicei selezionati, con diametro massimo di 3mm, in curva continua. La malta non contiene né solfati, né calce libera, né alcuna forma di clinker.



Il legante contenuto nella malta sottoposta ad esame, è una calce idraulica ottenuta dalla miscelazione a freddo di idrato di calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ di primissima qualità, acquisito dalla calcinazione, a bassa temperatura (850-900°C circa), di calcari puri, rigorosamente selezionati, cotti con le tecniche ed i modi tramandati dalla tradizione, e pozzolane naturali micronizzate di diversa superficie specifica ed energia. Il particolare legante conferisce all'impasto ottima adesione al supporto, notevole elasticità (basso modulo elastico), elevatissima traspirabilità, alta resistenza alle aggressioni alcaline ed alla formazione di muffe e batteri.

Al termine di 10 cicli termici (+20°C - +60°C), per 24 ore e dell'esposizione all'aerosol marino (120 ore NSS – natural salt spray a 35°C), l'esame visivo non evidenzia né fenomeni di deadesione tra malta e supporto, né fenomeni di decoesione o fessurazione della malta.



TRASPIRABILITA'

La traspirabilità è la capacità di un materiale di permettere il passaggio di fluidi allo stato gassoso. L'intonaco deumidificante da risanamento favorisce particolarmente l'asciugamento della muratura e l'abbassamento del livello di risalita capillare, evitando in tal modo l'insorgere di problematiche legate all'eccessivo accumulo di acqua e dei sali in essa disciolti. Una possibile misura di questa capacità è data, secondo la normativa UNI EN 1015/11, dalla determinazione della resistenza al passaggio di vapore d'acqua attraverso il materiale (coefficiente μ).

Il coefficiente μ è un numero puro che, moltiplicato per lo spessore di materiale applicato, dà come risultato il valore dello spessore equivalente di aria, indicato con S_d , attraverso il quale passa, nello stesso tempo, la stessa quantità di vapore.

Nella scheda che riporta le *Caratteristiche Tecniche dell'Intonaco Pozzolanico Deumidificante*, sono mostrati i valori di resistenza al passaggio del vapore del manufatto applicato: coefficiente μ 3.

Gli intonaci composti con calce "Pantheon" sono dotati di una straordinaria permeabilità al vapore acqueo e, avendo un coefficiente di traspirabilità di 3μ , rientrano abbondantemente nei limiti indicati nella norma UNI EN 998/1 ($\mu \leq 15$) che definisce la malta di risanamento per intonaci interni/esterni.

La scarsa traspirabilità misurata per il campione alleggerito con tensioattivi (fig. a lato) era ipotizzabile in base all'analisi microstrutturale ottenuta. Infatti, la distribuzione di volume cumulativo e le immagini al microscopio elettronico SEM, mostrano una porosità, nella matrice legante, costituita essenzialmente da pori di piccole dimensioni che mettono scarsamente in comunicazione tra loro i voluminosi macropori presenti.

I sistemi alleggeriti con elementi porogeni, nonostante presentino macropori essenzialmente chiusi, hanno dato valori di traspirabilità conformi alle normative. Un tale risultato, però, può essere indicativo del fatto che il flusso di fluido attraverso i micropori di questi intonaci avviene essenzialmente all'interno della matrice, senza interessare i macropori non comunicanti.

*PROMEMORIA 2***PUNTO DI RUGIADA**

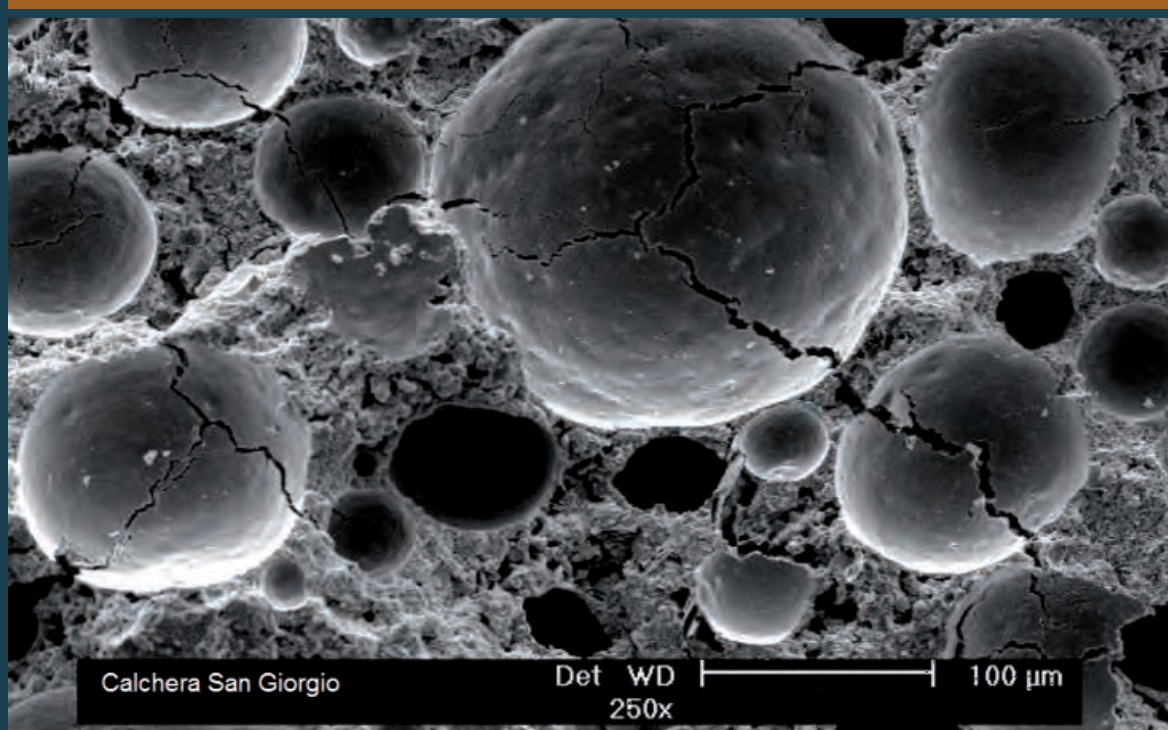
Con punto di rugiada o temperatura di rugiada si intende la temperatura alla quale, a pressione costante, l'aria (o, più precisamente, la miscela aria-vapore) diventa satura di vapore acqueo. In meteorologia in particolare, essa indica a quale temperatura deve essere portata l'aria per farla condensare in rugiada, senza alcun cambiamento di pressione.

Se il punto di rugiada cade sotto 0°C, esso viene chiamato anche punto di brina.

Qualsiasi eccedenza di vapore acqueo ("sovrasaturazione") passerà allo stato liquido.

Allo stesso modo, il punto di rugiada è quella temperatura a cui una massa d'aria deve essere raffreddata, a pressione costante, affinché diventi satura (ovvero quando la percentuale di vapore acqueo raggiunge il 100%) e quindi possa cominciare a condensare nel caso perdesse ulteriormente calore. Ciò comporta la formazione di brina, rugiada o nebbia a causa della presenza di minuscole goccioline di acqua in sospensione.

Questa temperatura viene trovata sul diagramma psicrometrico tracciando una linea a titolo costante fino a toccare la curva di saturazione.



LA STRUTTURA MICROPOROSA

Gli intonaci destinati a murature danneggiate dall'azione degradante dei sali e situate in ambienti particolarmente umidi, o comunque soggette ad infiltrazioni di acqua di qualsiasi natura, devono essere progettati in modo tale da avere una opportuna struttura porosa. Tale struttura dovrà dare al materiale un'ottimale permeabilità al vapore d'acqua e allo stesso tempo avere un'adeguata protezione alla pressione derivante dai fenomeni di cristallizzazione dei sali in essa veicolati.

In questi particolari rivestimenti, una porosità derivante da un giusto rapporto tra pori di gel (diametro minore ai $0,5\ \mu\text{m}$), pori capillari (diametro da $0,5$ a $10\text{-}50\ \mu\text{m}$), può fornire un'efficace struttura per la preservazione delle murature e dell'intonaco. E' noto che dal contenuto di pori e dalla loro distribuzione dipendono la capacità di adescamento capillare e le caratteristiche meccaniche del materiale stesso.

In particolare, la quantità di pori capillari può essere una variabile da cui dipende la capacità di suzione capillare, mentre la presenza più o meno marcata di pori più grandi e le loro dimensioni condizionano il livello di saturazione nell'assorbimento di acqua e la resistenza meccanica del materiale ai cicli di dissoluzione/cristallizzazione dei sali.

La valutazione della porosità degli intonaci presi in considerazione può essere effettuata attraverso specifiche tecniche che permettono di misurare la porosità della malta allo stato indurito. Queste sono la porosimetria a mercurio e la microscopia ottica ed elettronica. La prima tecnica permette di valutare accuratamente la porosità imputabile a pori compresi tra il millesimo di micron di diametro, fino a quelli di una o due centinaia di microns, fornendo anche la distribuzione del loro volume cumulativo in funzione del raggio; le seconde invece permettono di identificare visivamente i pori più grandi (microscopia ottica) come quelli più piccoli (SEM), permettendo di osservare anche la morfologia e di capire la reale disposizione e forma dei pori nella matrice della malta.

La porosità totale della malte esaminate, così come la distribuzione del volume cumulativo, è stata calcolata attraverso analisi con porosimetro a mercurio.

Dai dati riportati, risulta evidente che i diversi sistemi considerati, nei singoli componenti, hanno elevate porosità, mediamente superiori al 40%.

DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA POROSA

La microscopia a scansione elettronica in combinazione con la porosimetria a mercurio e la microscopia ottica, hanno permesso di ottenere una approfondita comprensione della struttura porosa delle malte studiate.

In particolare, mediante la microscopia elettronica a scansione, è stato possibile effettuare un'attenta osservazione dei pori e della matrice del materiale. Sono state ricavate, inoltre, essenziali informazioni su dove e in quale misura poteva aver luogo la cristallizzazione e il deposito dei sali.

Nelle pagine successive si darà agio al lettore di visionare le immagini ottenute dalla microscopia elettronica a scansione (SEM).

Intonaco Pozzolanico Deumidificante

CARATTERISTICHE TECNICHE

Forma:	Polvere
Colore della polvere:	Bianco ambrato
Granulometria (UNI EN 1015-1):	da 0 a 3 mm
Acqua di impasto:	22 - 25% del peso della polvere
Tempo di impasto:	10 minuti
Tempo di lavorabilità:	30 minuti circa

Valori rilevati sulla malta essiccata

Massa volumica apparente della malta essiccata (UNI EN 1015-10):	2000 Kg/m ³
Resistenza a compressione (UNI EN 1015-11):	> 3 N/mm ² - Categoria CSII
Resistenza a flessione (UNI EN 1015-11):	2.09 N/mm ²
Resistenza alla diffusione del vapore (UNI EN 1015-19):	$\mu = 3$
Adesione al supporto (UNI EN 1015-12):	0,1 N/mm ² - FP: A
pH:	13
Reazione al fuoco:	Classe A1

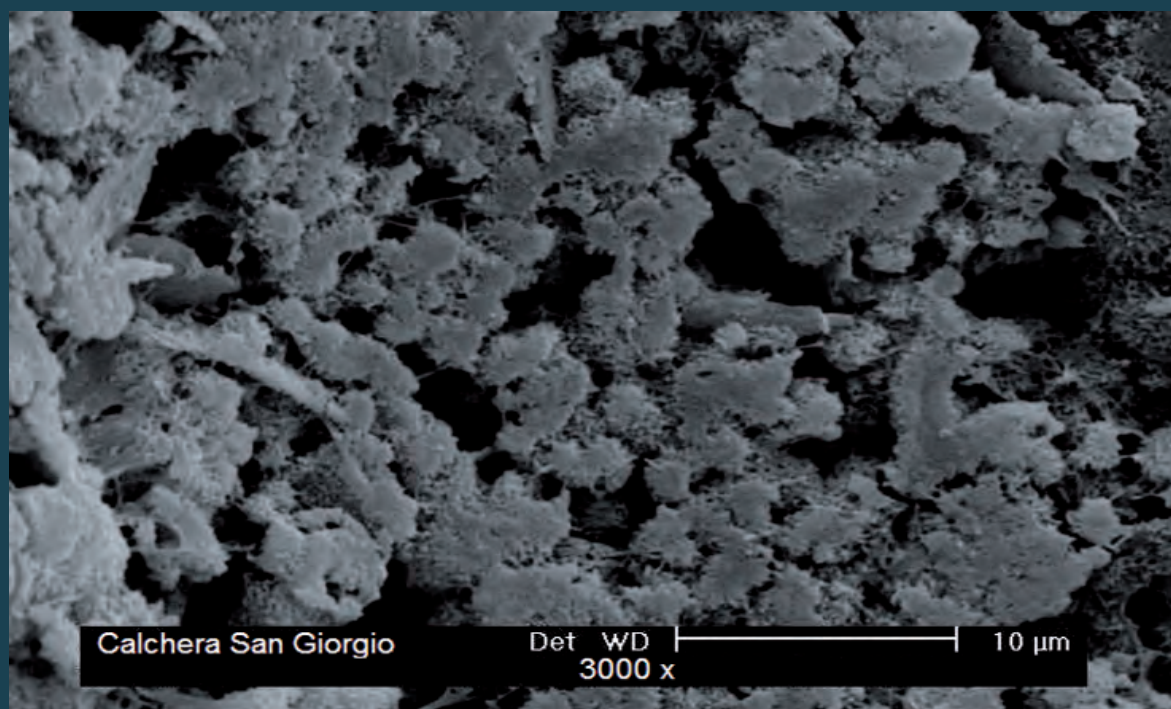


Fig. 1

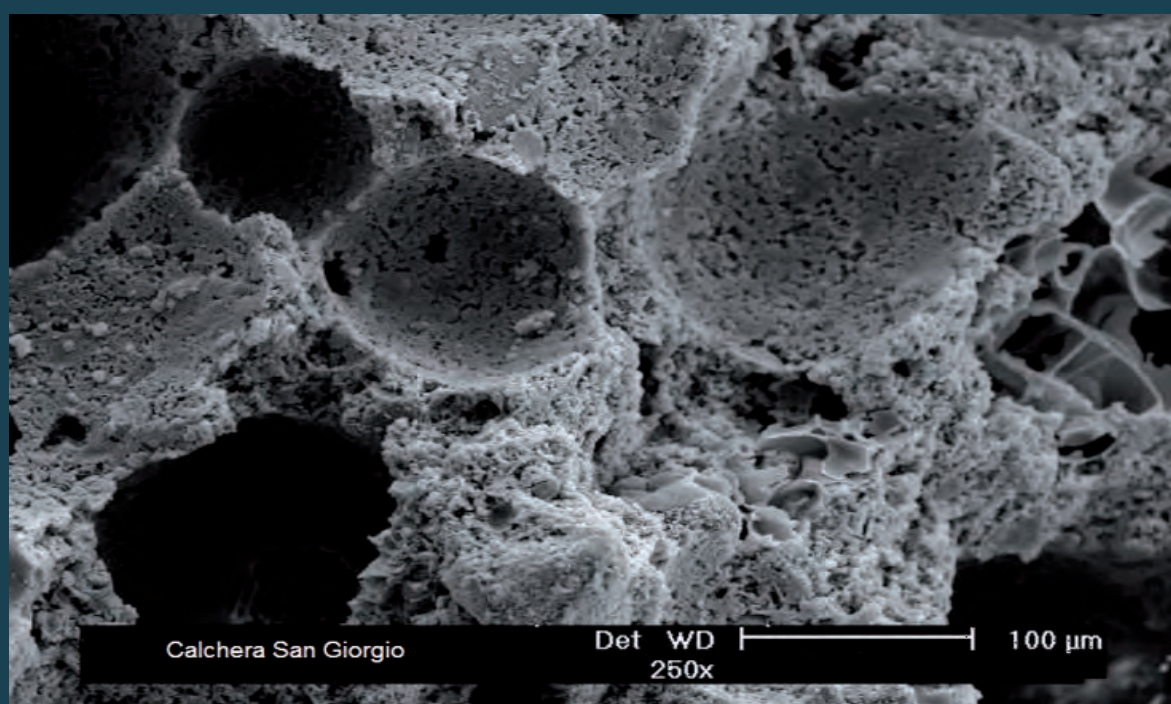


Fig. 2 La dimensione dei micropori ($< 0,1 \mu\text{m}$), che caratterizzano il volume cumulativo nelle malte pozzolaniche romane, garantisce elevata traspirabilità degli strati di malta e bassissimo assorbimento capillare, ovvero blocca il passaggio dei moli d'acqua che, invero, non sono adescati dagli intonaci, pur lasciando il vapore trapassare la massa dei manufatti. Di fatto, le molecole di vapore sono di dimensioni 1000 volte inferiori rispetto ai moli d'acqua (effetto Gore).

Distribuzione del volume cumulativo dei pori

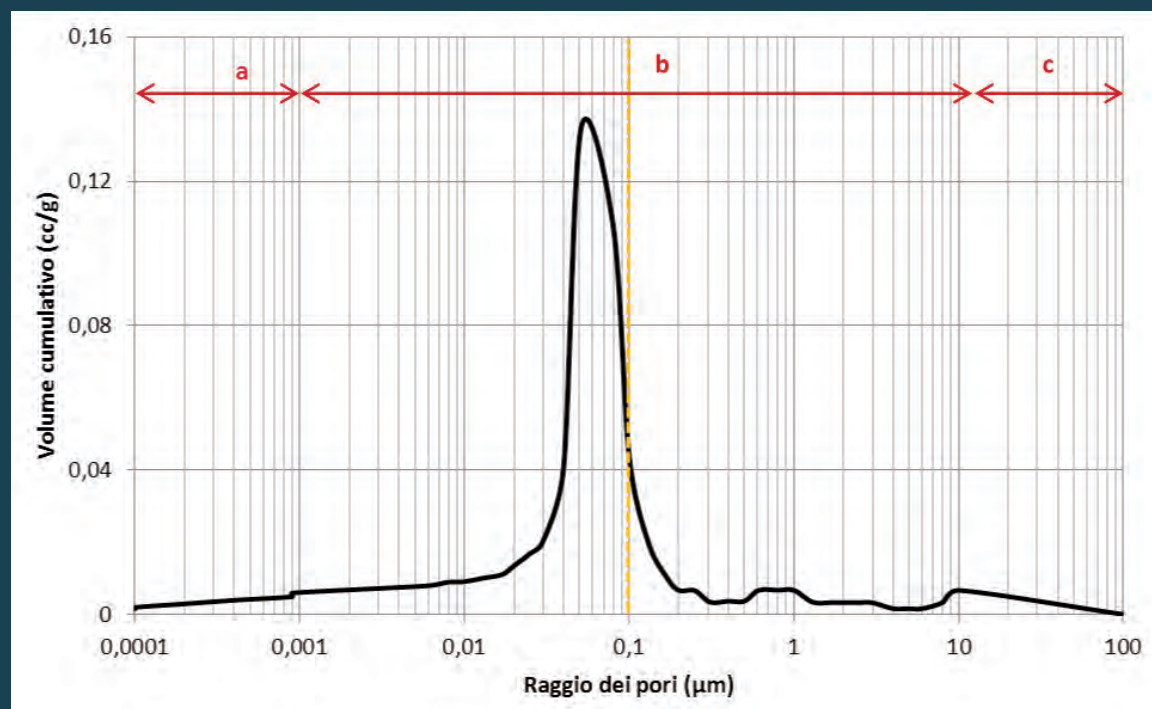


Fig. 3 Dall'indagine della porosimetria a mercurio si può osservare quale sia la distribuzione del volume cumulativo della malta pozzolanica deumidificante CSG.

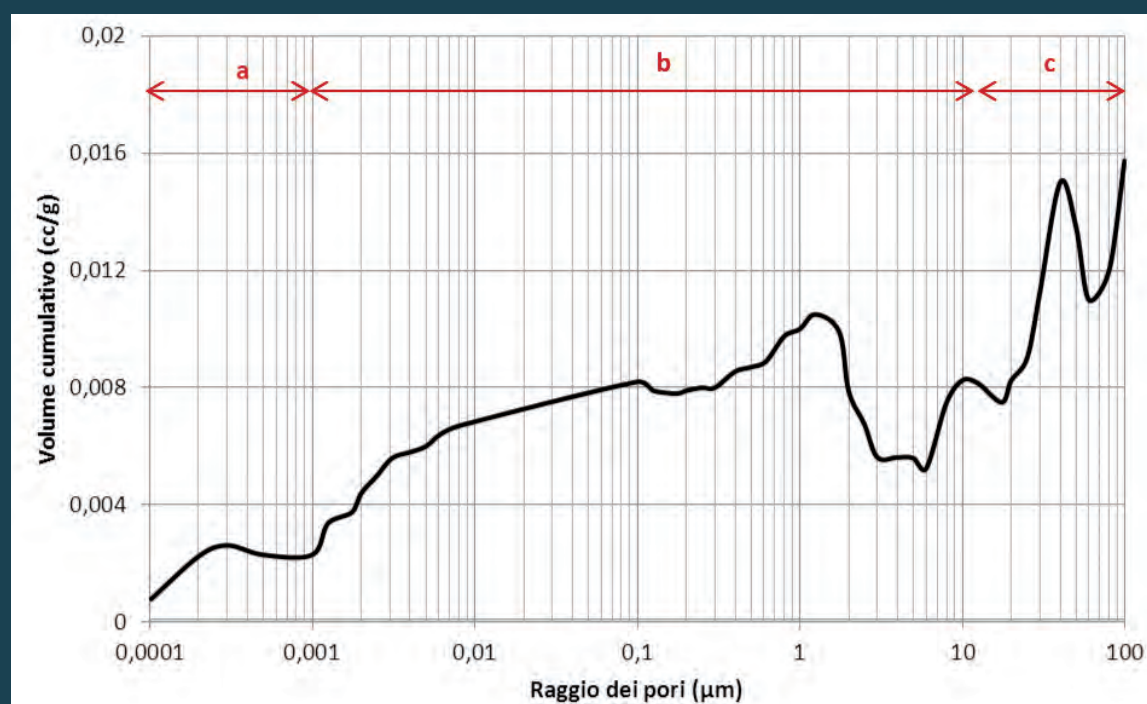
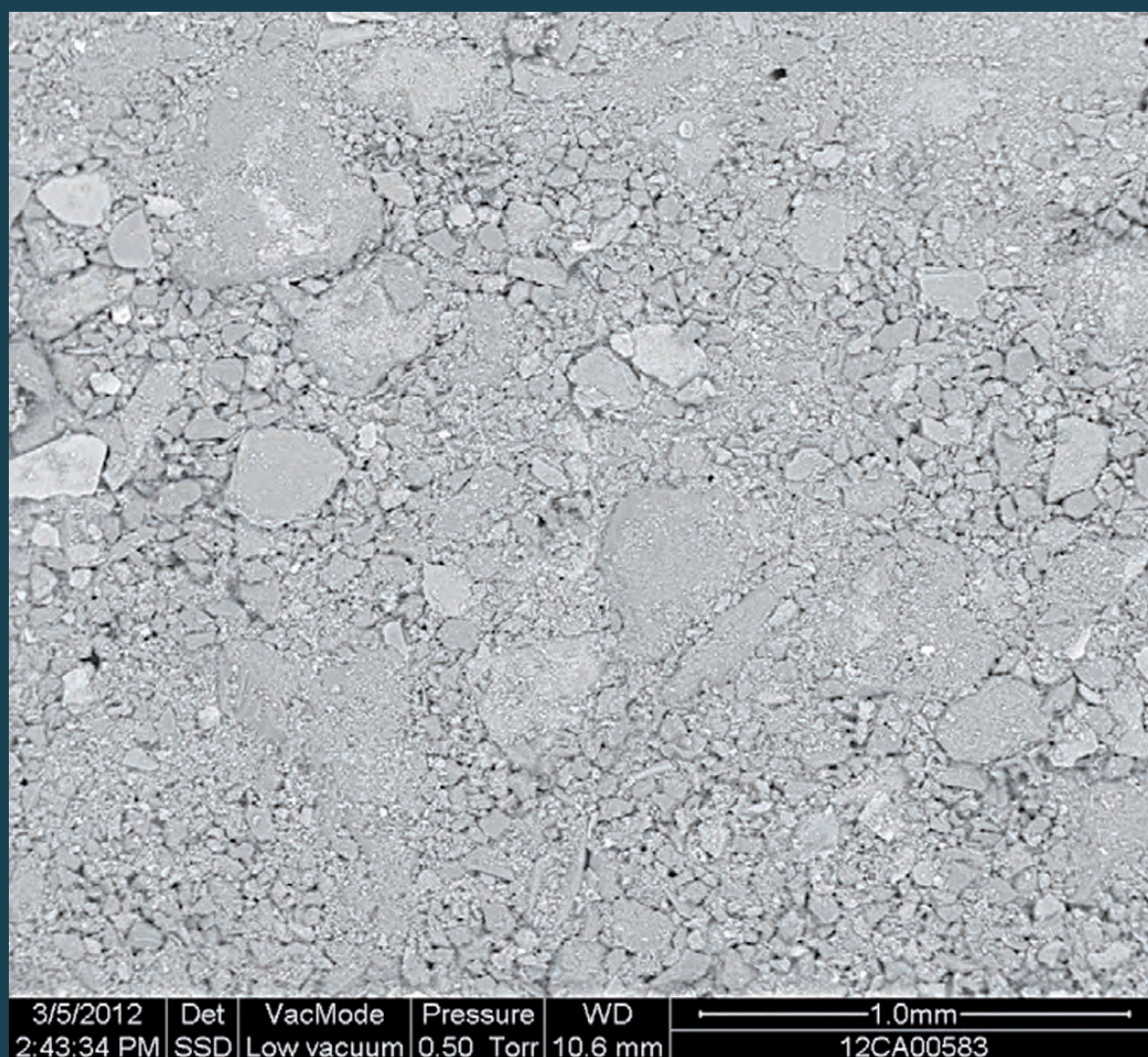
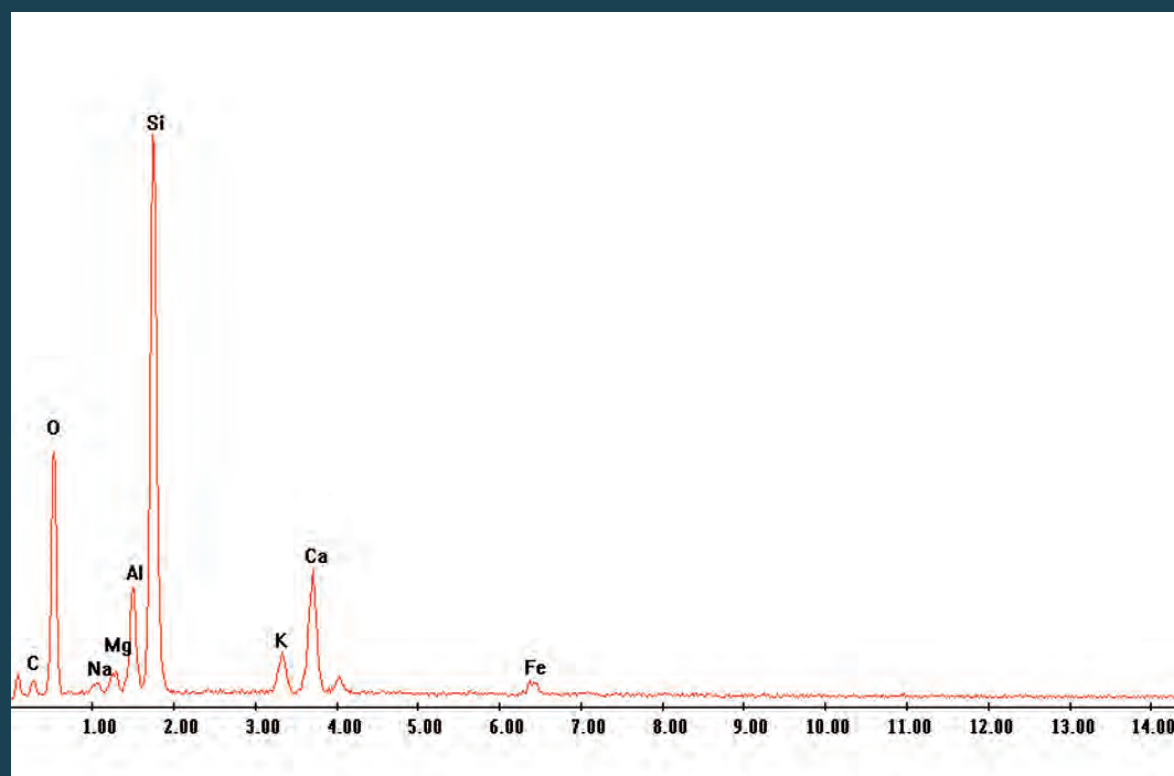


Fig. 4 La porosimetria a mercurio mostra quale sia la distribuzione del volume cumulativo dei pori in una comune malta macroporosa.

- a. Pori di gel: inferiori a 3 nm (nanometri);
- b. Pori capillari: tra 3 nm (nanometri) e 30 μm (micron);
- c. Pori d'aria: tra 30 μm (micron) e 1 mm (millimetri).



Raggio (mm)	Raggio det. (mm)	Vol. cum. (mm ³ /g)
20.00	19.66	4.00
12.00	12.02	7.10
10.00	10.00	9.40
9.00	9.05	10.20
8.00	8.15	13.80
5.00	5.06	28.20
4.50	4.57	31.50
4.00	4.07	35.50
3.00	3.07	44.50
2.50	2.54	48.90
2.00	2.04	54.50
1.60	1.63	59.90
1.10	1.13	71.40
1.00	1.02	75.30
0.90	0.91	81.00
0.82	0.82	87.40
0.80	0.79	89.40
0.75	0.74	94.10
0.70	0.72	96.30
0.62	0.62	108.30
0.60	0.61	109.30
0.55	0.56	116.40
0.50	0.51	123.30
0.40	0.48	126.90
0.38	0.38	140.40
0.30	0.30	150.70
0.22	0.22	159.20
0.20	0.20	161.50
0.18	0.18	164.10
0.11	0.11	172.50
0.10	0.11	173.10
0.08	0.08	176.00
0.06	0.06	178.50
0.04	0.04	181.60
0.02	0.02	186.10
0.01	0.01	187.80
0.006	0.006	187.80

Determinazione porosimetrica

Campione 12CA00583

Provenienza campione: Calchèra San Giorgio, Grigno (Trento)

Descrizione campione: Intonaco pozzolanico deumidificante.

Descrizione prova e metodo analitico: Analisi al microscopio elettronico ESEM con microanalisi a raggi X (EDS).

Analisi porosimetrica a mercurio.

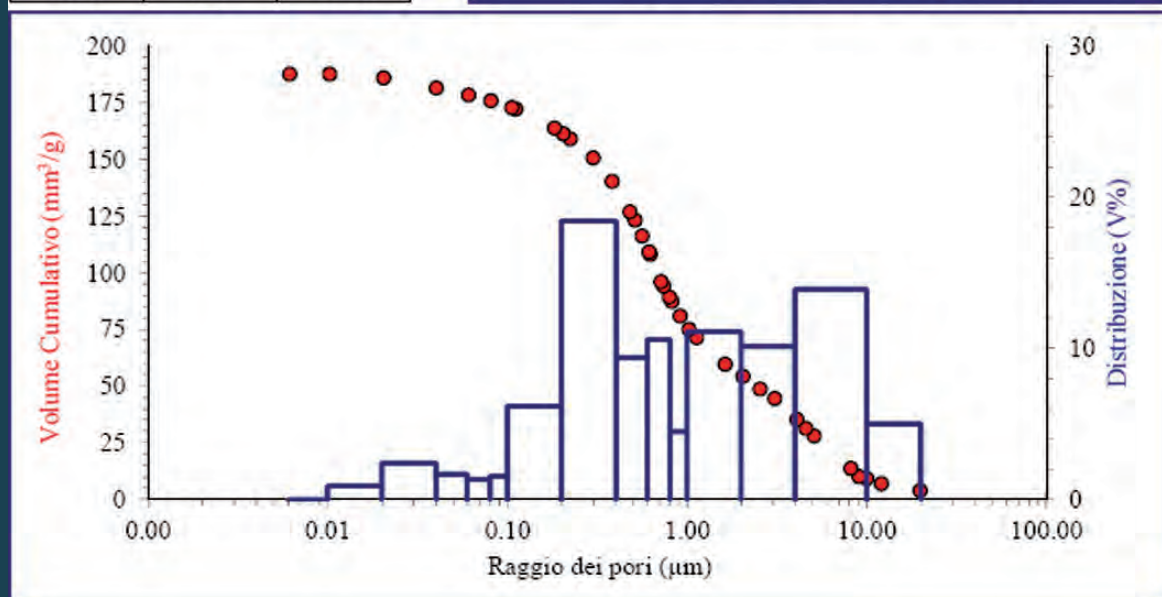
Strumentazione utilizzata: Microscopio elettronico a scansione ESEM Quanta 200 (N interno S-3), microsonda elettronica EDAX Falcon (N interno S-2).

Porosimetro a mercurio.

Bulk density (g/cm³): 1.63

Porosità aperta totale stimata (%): 30.4

Volume cumulativo totale (mm³/g): 187.8



Distribuzione del volume cumulativo dei pori del campione esaminato.

LA DEUMIDIFICAZIONE DELLE MURATURE

La pratica

«et primun concla vibus, quae plano pede fuerint, in imo pavimento alte circiter pedibus tribis pro harenato testa trullissetur et dirigatur, uti eae partes tectorium ab umore ne vitientur».

«Primieramente, nelle camere a pian terreno, e per l'altezza di tre piedi dal pavimento, facciasi l'arricciato, usando in vece dell'arena cocci infranti, e si riduca a dritta linea, affinché queste parti dell'intonaco non soffrano per l'umido».

Da quando il sommo Vitruvio (Libro VII, capo IV), tradotto da Carlo Amati (1829), raccomandava l'uso di malte di cocchiopesto per combattere l'umidità di risalita nelle murature, molte sono state nel tempo le pratiche per impedire che il degrado causato dall'umidità potesse raggiungere la superficie degli intonaci, distruggendoli.

Molti sono stati i tentativi di produrre, nel passato, un medicamento che potesse guarire i molti mali portati dall'umidità: gli intonaci di cocchiopesto, che hanno caratterizzato le malte che fasciavano l'interno delle cisterne d'acqua dei Fenici, le malte pozzolaniche dei Romani, gli stucchi *temperati* adoperati per sigillare le intercapedini ed i canaletti di sfogo dei bagni, descritti dal Vitruvio medesimo, i bitumi ed i mastici ottocenteschi, che non pochi danni hanno creato agli edifici restaurati in quell'epoca. Il malanno dell'acqua di risalita nelle murature si ritrova ad ogni latitudine, perfino in zone desertiche, ed è un problema antico quanto la civiltà umana.

L'umidità risalente dal sottosuolo è la causa principale delle medesime manifestazioni d'umidità nelle vecchie mura, specialmente ai livelli appena superiori al piano campagna.

L'ingresso e la diffusione di questo tipo d'umidità è dovuto essenzialmente al fenomeno fisico della capillarità. Possiamo indicare con questo termine un fenomeno che si manifesta in modo inverso rispetto alla legge di gravità.

Secondo questa legge, infatti, il liquido contenuto in due vasi comunicanti, rimane allo stesso livello, a meno che uno dei vasi non abbia sezione molto ridotta, ovvero capillare: in tal caso il liquido sale nel vaso più stretto, tanto più in alto quanto più ridotta è la sua sezione.

L'altezza di risalita dell'acqua quindi è inversamente proporzionale al diametro dei pori del materiale da costruzione usato.

Secondo l'Istituto Centrale del Restauro l'altezza massima di risalita per capillarità, è raggiunta con il seguente criterio:

$$H_{\max} = \frac{2}{r} \cdot 15 \cdot 10^{-6}$$

($H_{\max}$ = altezza massima; r = raggio dei capillari)

Si noti, che nella pratica si riscontra sovente un leggero aumento del fenomeno di capillarità in presenza di temperature più basse, fenomeno che aumenta, in modo più evidente, in presenza di sali.

Queste indicazioni spiegano la diversa capacità di risalita capillare, che si può riscontrare in un edificio costruito con gli stessi materiali allorché influenzato dal terreno (i sali) e dall'esposizione (la temperatura).

In particolare, se i giunti di malta presenti nella muratura sono sottili, il comportamento della muratura stessa tende ad identificarsi con quello del materiale impiegato.

Per assurdo, in una muratura ben fatta, con giunti sottili, la risalita dell'acqua è quindi facilitata.

Se la muratura è invece costruita con pietrame compatto e poco poroso, come ad esempio la selce, la risalita dell'umidità per capillarità sarà molto ridotta, avendo come via di risalita solo i giunti di malta d'allettamento. Ciò spiega il motivo per cui nelle murature in pietrame, ed in modo particolare in quelle realizzate in pietra da taglio, il progresso dell'umidità è più lento che nelle murature in mattoni.

In tutti i casi, comunque, nel punto in cui il tasso di risalita capillare è uguale al tasso di evaporazione, si manifesta sul muro un segno di demarcazione che divide la parte inferiore umida da quella superiore, che si può definire asciutta.

E' interessante notare, che in tutta la macchia d'umido, che si espande in modo continuo dal piano campagna - e che non supera generalmente il metro d'altezza - i sali provenienti dal terreno, contenuti nell'acqua e che con essa veicolano per risalita capillare, rimangono in soluzione e pertanto, per così dire, non recano danno alcuno. Ben altro succede su quella linea che limita la superficie bagnata da quella asciutta. In quel *punto di bagnasciuga* l'umidità evapora lasciando cristallizzare i sali idrosolubili in essa contenuti, i quali, cristallizzando aumentano di volume disgregando le già deboli cavità in cui ristagnavano.

Si comprende allora come la disgregazione dei manufatti dovuta ai sali contenuti nell'umidità di risalita sia più funesta delle gelate invernali. Infatti, se le gelate aggrediscono i mattoni dei muri solo quando e dove le temperature si abbassano sotto lo zero, i sali distruggono i manufatti in ogni momento in cui si succedano differenti condizioni ambientali che causino dapprima una repentina risalita dell'umido e quindi la successiva evaporazione dello stesso.

Nel caso in cui si rilevino macchie eccessivamente alte, diciamo superiori a 4-5 metri, bisognerà verificare che la muratura non sia fasciata da croste cementizie insufficientemente traspiranti.

In questi sfortunati casi, in cui il danno è talvolta irreversibile, non solo si vedono i sali, provenienti dal terreno, spinti a pericolose altezze, ma si nota altresì che la quantità di questi è cresciuta a dismisura oltre il normale: ciò è dovuto al fatto che essendo le malte di cemento poco o nulla traspiranti, queste forzano l'umido a risalire ancor di più per trovare sfogo oltre la barriera cementizia, portando con sé non solo i sali provenienti dal terreno, ma anche i sali contenuti nel cemento stesso.

Usar cemento nelle murature afflitte da umidità saline significa aggiungere sali ai sali ed innescare imprevedibili reazioni fra essi, condannando i muri ad una prematura fine.

Le murature immerse nel terreno, come quelle a sacco o delle fondazioni in genere, se non sono convenientemente preservate o hanno le protezioni deteriorate, a parità di condizioni, assorbono acqua in maniera tanto maggiore quanto più rilevante è il loro spessore, come di sovente avviene nelle antiche costruzioni.

Si è riscontrato, infatti, che dato un eguale contenuto percentuale d'acqua, i muri di maggior spessore ne possono contenere una quantità più rilevante, mentre la superficie esterna dei paramenti, da cui l'umido può evaporare, è indipendente dallo spessore dei muri medesimi, per cui la quantità d'acqua trattenuta, risulta tanto maggiore quanto più questi sono spessi.



I sali che cristallizzano distruggono l'intonaco sull'area di bagnasciuga.

TEORIA SUI TEMPI DI PROSCIUGAMENTO DI UN MURO UMIDO

Viene spontaneo pensare che in presenza di una maggior ventilazione o di una energetica azione del sole sulla superficie dei muri umidi, ne consegua necessariamente un prosciugamento uniforme.

In verità è dimostrato come il prosciugamento inizi dall'alto, mentre al di sotto della linea fra umido e asciutto, il tasso di umidità presente nella muratura non cambi affatto. L'affermazione si fonda su di un paio di considerazioni:

Primo: *In una qualsiasi struttura verticale, che assorba acqua dal piede, in cui venga forzata l'evaporazione superficiale, mediante ventilazione o con il naturale calore del sole, l'incremento dell'acqua evaporata causa un conseguente aumento dell'acqua assorbita dal basso.*

Secondo: *Aumentando nel muro la velocità di evaporazione, aumenta la velocità di risalita. Effettivi segni di prosciugamento della muratura si inizieranno a vedere solo quando la velocità di evaporazione sarà maggiore di quella di risalita, procedendo comunque dall'alto verso il basso.*

Dunque, supponiamo d'aver bloccato l'umidità di risalita in un muro di fondazione di un vecchio edificio mediante l'applicazione di un diaframma impermeabile inserito in un taglio di sega, o mediante una più sofisticata iniezione di composti chimici: cosa succede all'umidità che ristagna nel muro al di sopra della barriera impermeabile? In quanto tempo si prosciugherà il muro?

Se il muro in questione misura 100 centimetri di spessore ed è costituito da pietre da taglio e pertanto limitatamente porose, è molto probabile che in condizioni di saturazione, esso contenga una buona quantità d'acqua per metro cubo (specialmente nelle malte d'allettamento o nel materiale incoerente nella cortina muraria). E' chiaramente intuibile che l'evaporazione dell'acqua, contenuta nella massa muraria, è tanto più facilitata quanto più le pareti sono esposte al sole e all'aria in movimento. A parità di temperatura e velocità dell'aria, è ovvio che l'evaporazione dipende dalla qualità della muratura e dal suo spessore. Di fatto, i materiali leggeri, caratterizzati da strutture particolarmente porose, come i mattoni fatti a mano e le calci cotte a bassa temperatura, si asciugano più rapidamente. Altri materiali, con struttura più fine, più pesante e meno porosa, come i conci di pietra, le malte di cemento, le malte bastarde e i moderni mattoni trafilati, perdono più lentamente l'acqua che in essi ristagna.

Sperimentazioni di laboratorio ci portano ad osservare che il tempo di prosciugamento (t) cresce in ragione del quadrato dello spessore (s) delle murature.

Secondo lo sperimentatore **Kettenacker**, il tempo di prosciugamento (t) è inoltre funzione di un certo coefficiente di prosciugamento (p), caratteristico di ogni materiale di cui è strutturato un muro.

Ovvero: $t = p \cdot s^2$

Dove t è espresso in giorni, ed s (lo spessore) è espresso in centimetri.

Si riportano qui di seguito, in modo puramente indicativo, alcuni valori medi del coefficiente di prosciugamento relativi a materiali caratterizzati da diverse frazioni di porosità.

Materiali	Coefficiente (p)
Tampone Antisale - Calchèra San Giorgio (estrattore di sali)	0.12
Malta romana (malta Pantheon)	0.14
Malta Deumidificante Antisale – Calchèra San Giorgio	0.15
Intonaco Pozzolanico Deumidificante – Calchèra San Giorgio	0.15
Malta di calce aerea e sabbia	0.25
Malta di calce forte e sabbia	0.27
Mattoni fatti a mano	0.28
Calcestruzzo cellulare	1.20
Pietra calcarea	1.22
Malta bastarda	1.35
Calcestruzzo di pomice	1.40
Malta cementizia	1.58
Calcestruzzo strutturale	1.60

Da quanto sopra asserito, ed applicando i coefficienti suesposti, si può constatare che la muratura, dello spessore di 100 cm., satura d'umidità, isolata dalla fondazione e strutturata con conci di pietra calcarea, si prosciugherà presumibilmente in un tempo:

$$t = 1.22 \times 100^2 \quad \text{cioè } 12.200 \text{ giorni}$$

Tale tempo di prosciugamento può notevolmente aumentare, oltre che con lo spessore dei muri, anche con le condizioni ambientali in cui i muri si trovano.

Naturalmente, uno dei fattori che più incidono favorevolmente sul tempo di prosciugamento è la temperatura ambientale: più alta è la temperatura, più i tempi di prosciugamento si abbreviano.

E' ovvio che quanto detto vale per i casi in cui le mura restaurate siano re-intonacate con malte che abbiano coefficienti di prosciugamento molto vicini ai coefficienti relativi alle murature in esame. Poiché gli intonaci s'infrappongono fra il muro da prosciugare e l'aria che li prosciuga, essi influenzeranno notevolmente i tempi di prosciugamento in funzione della loro maggiore o minore porosità, ovvero del loro diverso coefficiente di prosciugamento; anzi, le indagini di laboratorio hanno dimostrato che un muro umido re-intonacato sui due lati, con intonaci di adeguato spessore, si prosciugano in un tempo che è determinato dalla struttura porosa dell'intonaco e non già della porosità delle pietre che costituiscono la muraglia medesima.

Si può pertanto asserire che un muro si asciuga in un tempo legato strettamente al coefficiente di prosciugamento relativo all'intonaco che lo ricopre. Ecco la ragione per cui un muro rinzaffato ed intonacato con solidissime croste di cemento e ghiaietta ($p = 1.58$) sembrano non volersi asciugare mai. Infatti, se un muro di mattoni, saturo d'acqua, da noi tagliato e "incamiciato" in un intonaco di buona calce di 3 centimetri di spessore per lato, come abbiamo visto, si prosciuga in circa 4 anni, lo stesso muro, intonacato con una malta cementizia, dallo scarso potere traspirante, si prosciuga in un tempo molto maggiore:

$t = 1.58 \times (3+100+3)^2$; cioè 17.750 giorni circa; ovvero non si prosciugherà mai!

Per tutto questo tempo, finché la muratura non sarà totalmente prosciugata (sempreché l'intonaco non precipiti prima), i sali idrosolubili, che sono in soluzione nelle malte (meno nei conci), continueranno a veicolare, con l'acqua, verso la superficie esterna della muratura con tutte le forme degenerative che ognuno può vedere.



ALCUNE OSSERVAZIONI

I volumi d'acqua ed i sali

Si vuol qui di seguito dimostrare, con un semplice esempio, come vi siano dei limiti oggettivi alla pratica della deumidificazione delle mura afflitte dall'umidità di risalita. Supponiamo di affrontare il problema della deumidificazione di una struttura muraria appartenente ad una costruzione rinascimentale costruita in mattoni, con il muro di fondazione spesso 1 metro. E' dimostrato che la porosità dei mattoni cinquecenteschi raggiunga valori medi, in volume, del 30 – 35%, pertanto, se l'umidità ha raggiunto livelli di saturazione per una altezza di 1 metro, si evince che il peso della quantità d'acqua contenuta nei pori, possa raggiungere valori di circa 330 chilogrammi per metro lineare di muro.

Ora, supponendo che la lunghezza del muro, che adessa acqua dal suolo, sia di 300 metri (muri di spina compresi), è presumibile che il contenuto d'acqua nel muro da deumidificare ammonti a circa 100.000 litri (o chili), nei quali si possono trovare in soluzione il 4% di sali (cloruri, nitrati, solfati), ovvero sia un valore in peso vicino alle 4 tonnellate.

Prima di proseguire, al fine di rendere più chiaro il concetto che si vuol esprimere, vengono qui sotto riportati dei dati analitici di indagine relativi al caso suesposto, per il quale si è proceduti alla determinazione quantitativa degli anioni mediante cromatografia ionica e i dati ottenuti dalla determinazione del contenuto d'acqua.

Per quanto attiene alle analisi cromatografiche, si premette che i *cloruri* e i *nitrati*, essendo sali estremamente dannosi per le murature, a causa della loro elevata solubilità e deliquescenza (trattengono umidità), hanno un limite di accettabilità molto basso e vicino al limite di rilevabilità strumentale. Quanto detto coinvolge particolarmente i materiali lapidei naturali (o artificiali) impiegati negli edifici storici. Per i *solfati*, invece, la tollerabilità è più elevata e dipende sempre dalla natura e dalla destinazione d'uso dei materiali.

In considerazione della premessa, nell'elenco qui di seguito riportato sono indicati i valori limite, considerando la presenza dei solfati anomala rispetto alla tipologia dei materiali impiegati:

Concentrazione dei sali presenti (%)

<i>Bassa</i>	<i>Media</i>	<i>Alta</i>
ioni cloruri: 0,01-0,09 % bassi ;	0,10-0,99 % significativi ;	>1 % elevati .
ioni nitrati: 0,01-0,09 % bassi ;	0,10-0,99 % significativi ;	>1 % elevati .
ioni solfati: 0,10-0,99 % bassi ;	1-2 % significativi ;	>2 % elevati .

Per quanto riguarda, invece, il contenuto d'acqua, si considerino in genere i seguenti limiti: umidità = 0-4% **basso**; 4-10 % **significativo**; >10% **elevato**.

Norme di riferimento UNI EN 11087 UNI EN 11085

E sulla presunta origine dei sali si può dire che:

- I **cloruri** possono provenire da acque salmastre, o essere associati ai nitrati derivanti da degrado di guano o composti di origine fognaria. Possono essere altresì collegati all'impiego di prodotti a base di cloro (per es. varechina o acidi) impiegati in qualche precedente intervento di pulitura.
- I **nitrati** possono derivare dal degrado di materiale organico di tipo proteico (per esempio resti di organismi animali, depositi di guano, infiltrazioni di acque fognarie, decomposizione di sostanze proteiche in genere).
- I **solfati** provengono da solfatazione causata da inquinamento atmosferico o da un'aggiunta voluta nell'impasto o da apporti occasionali dovuti a materiali gessosi e cementizi limitrofi.



UN'INDAGINE PREVENTIVA DELLA STRUTTURA MURARIA

L'intervento di deumidificazione di una muratura dovrebbe sempre essere preceduto da un'indagine volta ad assicurare che la struttura in esame sia integra e che non soffra di patologie che possano aggravare la condizione statica, nel momento in cui il muro viene drasticamente deumidificato.

Ci sono esempi emblematici di collasso della struttura, sottoposta ad opera di deumidificazione, avvenuto una volta che il problema sembrava risolto. La radicale perdita dell'acqua di risalita, porta talvolta ad una drammatica contrazione dei materiali, con imprevedibili risultati, specialmente quando questi sono mal aggregati.

Ecco un esempio di indagine campione, intrapresa in modo preventivo, che permette di dare al progettista una visione sufficientemente esaustiva della condizione del complesso sottoposto all'opera di deumidificazione.

Si supponga di avere in esame una cortina muraria elevata con conci posti ad *opus incertum*, legata con malta di *calce aerea* e sabbie silicee locali e che lo spessore del muro vari da 50 a 100 cm. L'indagine visiva, nel corpo della muratura, verrà così eseguita mediante endoscopio flessibile a fibre ottiche, cono visione 90°, Ø 8mm, lunghezza 1000 mm, illuminatore LED 3,5 volt.



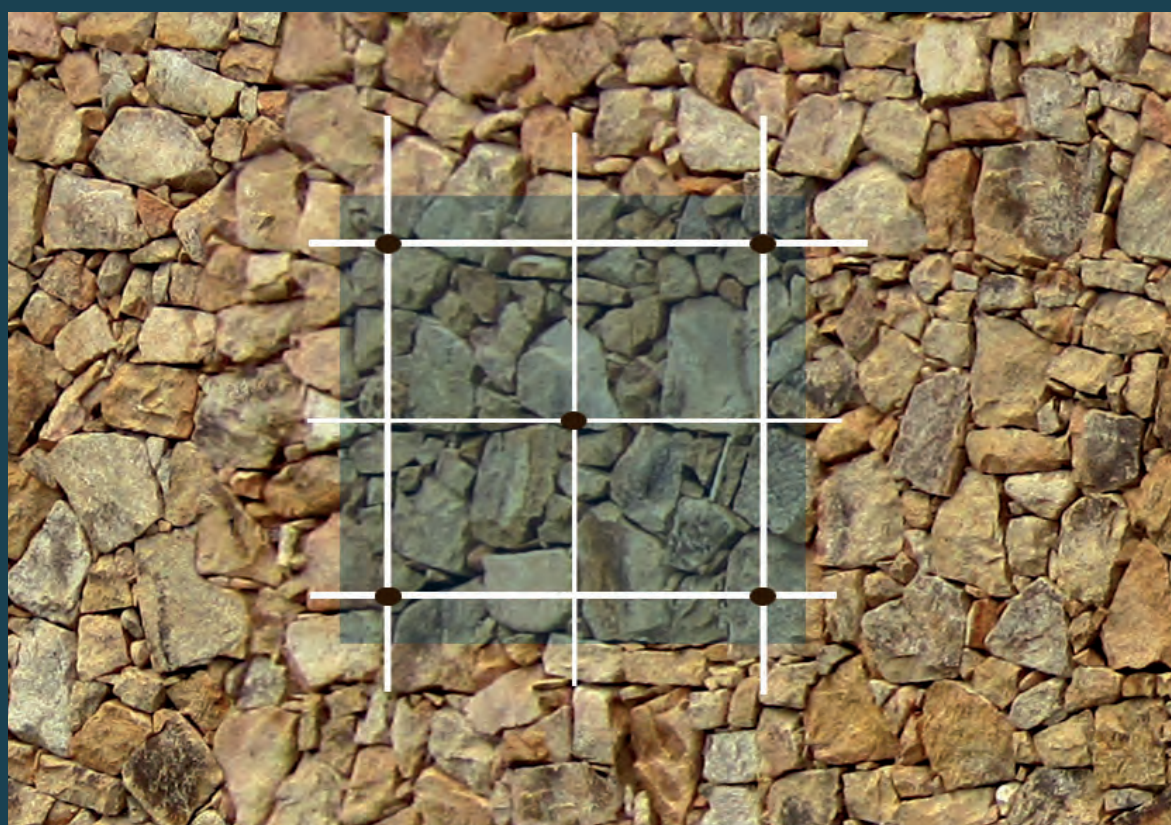
ENDOSCOPIO FLESSIBILE A FIBRE OTTICHE
diametro = 0.8 cm, c.a. 30° di inclinazione

Si praticino almeno cinque fori posti a quinconce in una stazione di rilevamento disposta dalla DDLL. L'ingombro dell'area indagata sarà approssimativamente di un metro quadrato.

Si praticino i fori con trapani elettrici, a sola rotazione, con punte in *Vidiam* del diametro di 20 mm. La profondità dei fori raggiunga i due terzi dello spessore del muro e siano praticati con un angolo di circa 20° verso il basso.

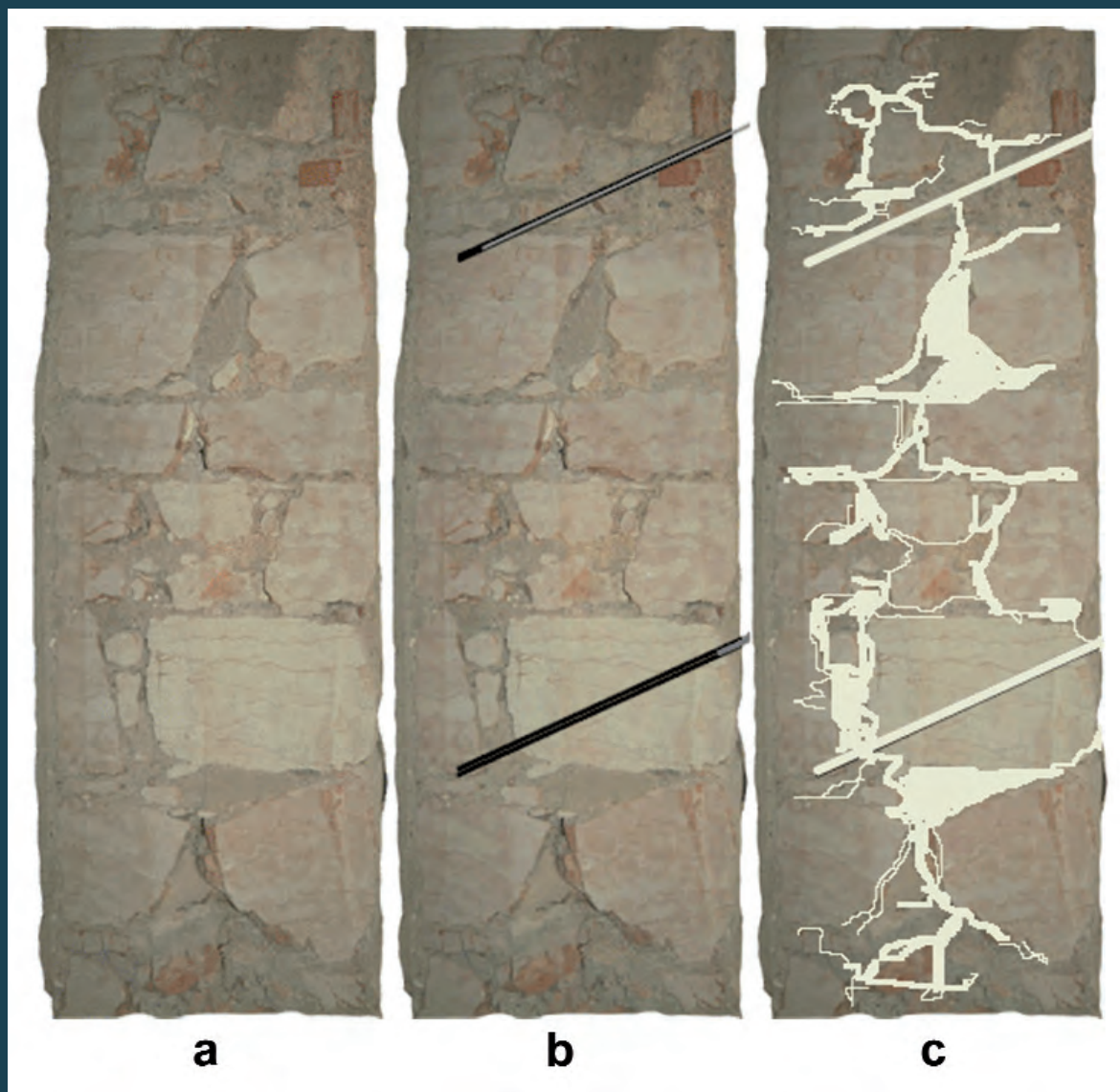
Si introduca una sonda endoscopica nei fori praticati sulla struttura muraria e si osservi se vi sono chiare lesioni o volumi mancanti. Il tutto va fotografato e debitamente catalogato. I fori ottenuti, una volta ben lavati e liberati da ogni residuo dell'intervento col trapano, saranno utilizzati come accesso per accogliere la boiacca-campione di consolidamento.

Dall'indagine visiva si evince, con buona approssimazione, quali siano le condizioni di integrità della struttura muraria, che usualmente si riscontrano a carico dalle malte di allettamento che si presentano decoese e disgregate. Ciò a cui comunque dovrà essere dedicata principale attenzione sono le aree caratterizzate da ampi volumi mancanti. Il calcolo del rapporto materiale integro/volumi mancanti è ottenuto mediante una prova di iniezione con la boiacca prescelta, in caso di intervento di consolidamento completo. Il consumo medio di materiale consolidante (per metro cubo) sarà elemento di giudizio per l'intervento di eventuale consolidamento, sia per quanto attiene la qualità del materiale, sia per la locazione in cui questo è applicato.





Dopo l'operazione di foratura, il muro va lavato partendo dai fori superiori (dall'alto al basso); in un secondo momento il consolidamento va effettuato dai fori inferiori verso l'alto.



a. Si individui l'area d'intervento per il riempimento dei volumi mancanti.

b. Si pratichino dei fori fino ai 2/3 dello spessore del muro.

c. Si inietti, a bassa pressione (1.0-1.5 bar), la boiacca più idonea.

E' chiaro che nella condizione estrema in cui si trova il campione di muro non si può pensare di progettare un intervento di deumidificazione se prima non si interviene con tutte le precauzioni necessarie per abbassare i valori negativi che caratterizzano la struttura su cui si opera. Uno degli obiettivi, per risolvere il problema, potrebbe essere la formazione di un cavedio aerato scavato tutt'attorno alla fondazione in modo da far abbassare la pressione di spinta dell'acqua nella muratura e convogliarla nel cavedio medesimo, nel quale si trova un dispositivo di collezione che trasporti l'acqua raccolta lontano dall'edificio.

Valori del campione BOIACCA INIEZIONE 100

CARATTERISTICHE TECNICHE

Aspetto:
 Colore:
 pH:
 Granulometria (UNI EN 1015-1):
 Massa volumica apparente della malta
 essiccata (UNI EN 1015-10):
 Resistenza alla diffusione del vapore (UNI EN 1015-19):
 Calce libera $[\text{CaO} + \text{Ca(OH)}_2]$ a 28gg (UNI EN 459-2):
 Resistenza a flessione (UNI EN 1015-11):
 Resistenza a compressione (UNI EN 1015-11):

 Modulo elastico statico (UNI EN 13412):
 Reazione al fuoco:
 Resistenza ai solfati:

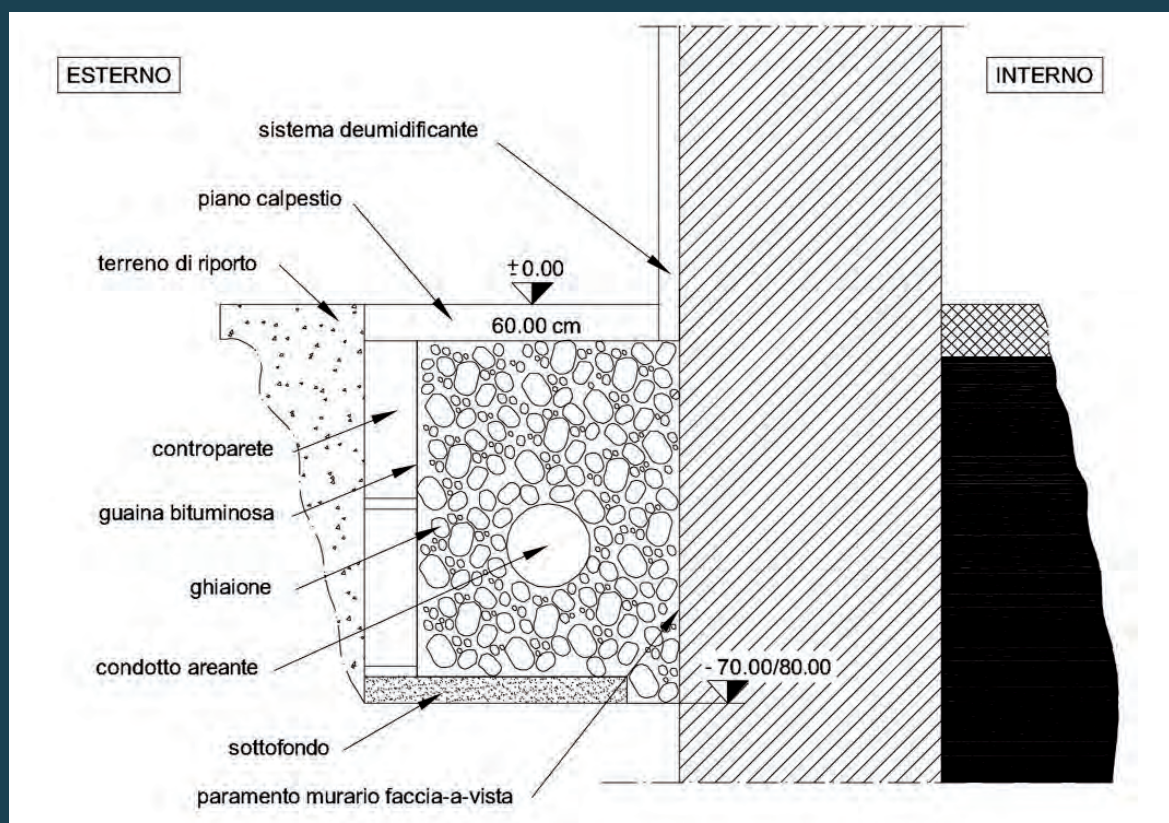
VALORE MEDIO

Polvere
 Bianco ambrato
 13
 da 0 a 100 μm

 1400 Kg/m^3
 $\mu < 6$
 Assente
 $> 2,20 \text{ N/mm}^2$
 $> 10 \text{ N/mm}^2$
 Classe M 10
 5500 N/mm^2
 Classe A1
 Nessuna perdita di
 resistenza per provini
 immersi per 90gg in
 soluzione Na_2SO_4 al
 5%.



I fori praticati hanno un diametro di 20 mm, con 20° di pendenza



Campionatura di scavo del cavedio aerato

REALIZZAZIONE DI UN CAVEDIO AREATO

Scopo dell'intervento è di facilitare l'evaporazione dell'acqua contenuta nella muratura ad un livello inferiore al piano di calpestio esterno, in modo che il fenomeno non interessi i paramenti intonacati. Si provvederà quindi a realizzare un cavedio areato secondo le seguenti fasi, sintetizzate poi graficamente:

- Realizzazione di uno scavo all'esterno del paramento murario interessato, per una profondità di circa 70-80 cm. ed una larghezza di circa 60 cm.
- Rimozione di eventuali residui di malta, lavaggio e pulitura del tratto di paramento murario messo in luce.
- Realizzazione di uno strato di sottofondo in malta sulla base dello scavo, avendo cura di lasciare comunque una fascia di rispetto a ridosso della muratura; infatti, scopo di tale strato è unicamente quello di creare un piano sufficientemente regolare per la realizzazione del muretto di contenimento, non si ritiene quindi necessario coprire con questo tutto il fondo del cavedio.
- Realizzazione di una controparetina in mattoni, al fine di garantire il contenimento e la separazione del terreno più esterno allo scavo.
- Posa in opera di una guaina bituminosa lungo il perimetro del cavedio così definito, ad eccezione della parete del manufatto messa in luce, che non deve essere posta a contatto di nessun materiale scarsamente traspirante.
- Riempimento del cavedio con ghiaione a elementi di dimensioni variabili e contemporaneo posizionamento di un condotto aerante appositamente studiato per garantire il ricircolo dell'aria, indispensabile all'evaporazione dell'umidità derivante dalla muratura vicina; il condotto avrà, infatti, una superficie forata in più punti, per raccogliere tutta l'acqua migrata dal terreno attraverso la muratura e sarà collegato all'esterno in modo da non consentire l'ingresso dell'acqua piovana.
- Realizzazione di un nuovo piano di calpestio superficiale, che potrebbe essere un acciottolato, a verde o altra finitura purché non richieda un sottofondo rigido, sempre avendo cura di far passare anche sotto quest'ultimo la guaina impermeabile che verrà poi risvoltata, per un tratto, fin sotto l'intonaco deumidificante poi realizzato a parete.



Malta da rinzafo antisale di calce e pozzolana



Tampone estrattore dei sali (dettaglio)

IL TAMPONE ESTRATTORE DEI SALI

Qualora fosse progettato di bloccare o abbassare il flusso di risalita dell'umidità, si deve preventivare che l'acqua che ancora ristagna nella muratura sarà ventilata e prosciugata secondo i criteri già conosciuti.

Abbiamo imparato, dallo sperimentatore Kettenacker, che l'evaporazione dell'acqua, contenuta nella massa muraria, è tanto più facilitata quanto più le pareti sono esposte al sole e all'aria in movimento: tanto più alta la temperatura e velocità dell'aria, quanto più veloce sarà il processo di evaporazione. Il tempo di asciugatura, come abbiamo già visto, dipende poi dalla qualità della muratura e dal suo spessore.

Ben si comprende che i sali confinati *sotto* il taglio, praticato alla fondazione, rimangono in soluzione e rappresentano un'insidia marginale. Ma cosa succede ai sali che si trovano in soluzione nella massa muraria *sopra* al taglio?

L'acqua, migrando verso la superficie esterna, porta con sé anche i sali in soluzione. Quando i sali sono prossimi alla superficie dei manufatti, cristallizzano aumentando di molte volte il loro volume. Tale fenomeno è causa della indistinta distruzione degli strati murali superficiali come pietre, mattoni o intonaci. Questo fenomeno di sgretolamento è ritardato nel tempo in funzione di quei parametri espressi dal Kettenacker, nel momento più inaspettato.

Si comprende allora che l'operazione di bloccaggio del flusso di risalita dell'umidità, dev'essere necessariamente seguito immediatamente da un intervento mirato ad estrarre i sali contenuti nella massa sopra il taglio. Ciò deve avvenire quando il muro è ancora bagnato e comunque prima che il prosciugamento della struttura sotto controllo si sia asciugata, mostrando quelle indesiderate efflorescenze in superficie. All'uopo si ricorre ad un dispositivo di grande efficacia: il ***Tampone Antisale Calchère San Giorgio***.

Si tratta di un composto in polvere, macroporoso, ad altissima superficie specifica, il quale pur essendo definito una malta, non contiene alcun legante che lo possa lapidificare.

Si tratta di argilla cruda e silicati di alluminio idrati, espansi, posti in mistione con egual peso. Il peso del composto mescolato con acqua ed essiccato, è così caratterizzato:

peso del "tampone" in polvere: 300 kg/m³; **acqua d'impasto:** 60%; **peso materiale essiccato:** 320 kg/m³; **spessore raccomandato:** 5 cm ca.; pH=8.

La staggiatura non è necessaria.

Non si aggiunga alcun legante!

Sistema applicativo

1. Bagnare a rifiuto la superficie del muro da trattare.
2. Preparare "il tampone" aggiungendo il 60% d'acqua del peso della polvere.
3. Mescolare fino ad ottenere un impasto ben idratato e cremoso.
4. Si applichi la malta manualmente a cazzuola, oppure mediante l'utilizzo di specifica macchina intonacatrice, in più passate fino al raggiungimento dello spessore di 5 centimetri.

Si attenda la totale essiccazione della malta-tampone, in sèguito a ciò, essa verrà facilmente separata dalla superficie muraria mediante l'uso di un comune raschietto. Il tampone, essendo privo di legante, non lascerà sul muro alcuna traccia della malta appena rimossa. Questo, pertanto, cadrà portando con sé tutti i sali migrati in esso. Una seconda applicazione, quando necessaria, condurrà il muro a contenere una quantità di sali con livelli di concentrazione (usualmente) accettabili.

Un'ulteriore indagine sulla presenza di sali solubili, mediante cromatografia ionica e la determinazione del contenuto d'acqua nei campioni drenati, attesterà il successo dell'opera di prosciugamento e desalinizzazione delle strutture in esame.

Si fa infine notare che, a nulla serve estrarre i sali con delle tamponature, se non si è proceduto al taglio fisico (o chimico) delle murature. L'estrazione forzata di acqua e sali dalle strutture murarie "aperte" in fondazione ha la proprietà di richiamare altra acqua ed altri sali dal terreno, vanificando l'opera di risanamento delle mura, con inutile dispendio di tempo e di denaro.

Gli effetti devastanti causati dall'umidità di risalita

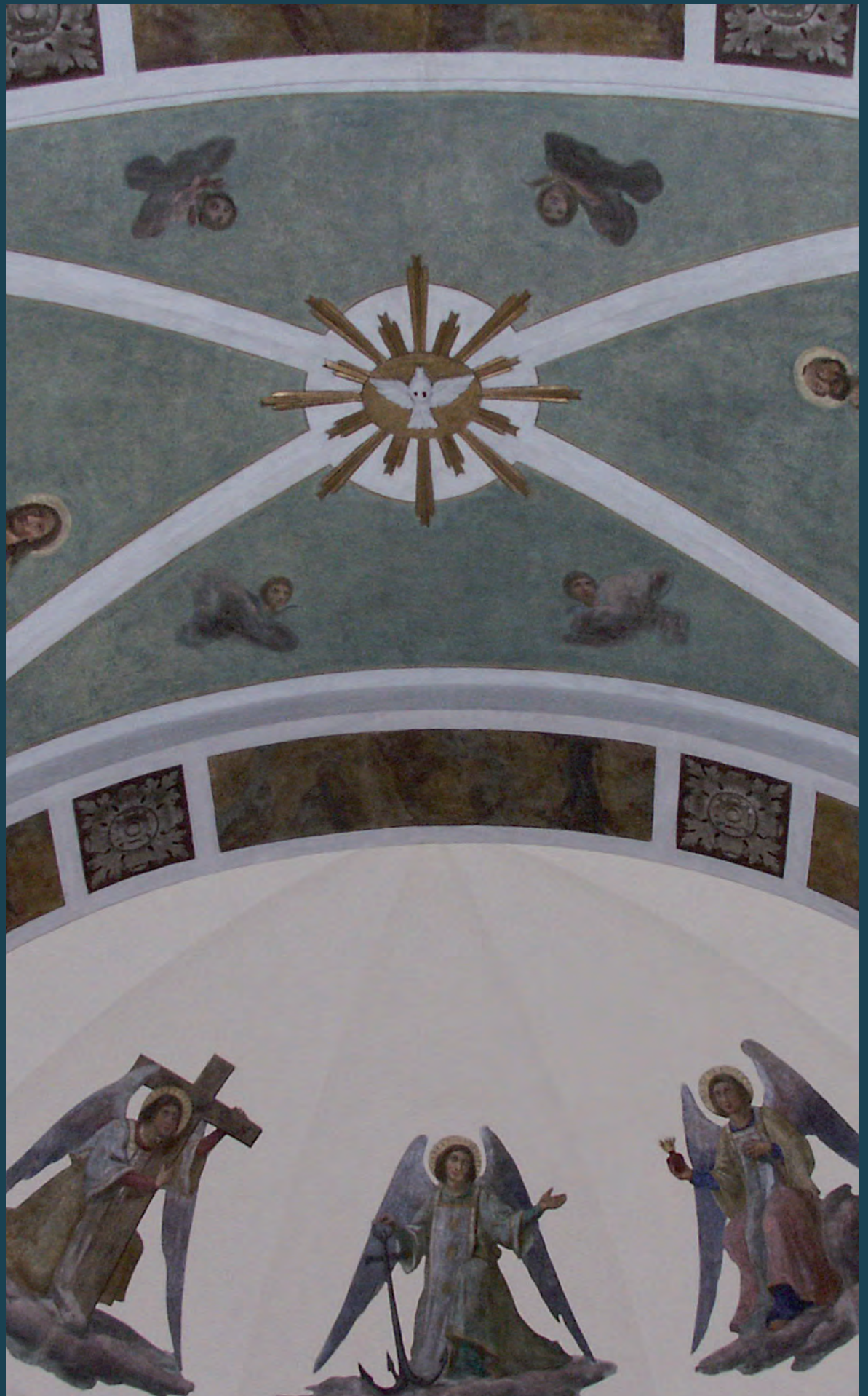




Efflorescenze saline che cristallizzano in superficie.

I mattoni più vulnerabili sono gli "albasi" poco cotti.







Ecco il
Sistema Deumidificante
Calchèra San Giorgio,
nel suo insieme:

1. Rinzafo Antisale di malta Deumidificante
2. Intonaco Pozzolanico Deumidificante
3. Strato di Finitura superficiale



Procedura applicativa del SISTEMA DEUMIDIFICANTE ANTISALE

Preparazione del substrato

- Si rimuova il vecchio intonaco, più o meno deteriorato o di ciò che ne è rimasto, fino al vivo della muratura, per un'altezza minima di cm. 30 circa oltre la linea visibile dell'umidità.
- Si esegua una pulizia dei giunti di allettamento e, in caso di malta corrosa, si proceda alla raschiatura degli stessi fino ad una profondità minima di 1 centimetro. Si faccia seguire l'intervento con un lavaggio con acqua pulita.

Applicazione

1. Si applichi manualmente un rinzaffo di malta deumidificante antisale, con uno spessore minimo di un centimetro.

La malta sia composta di calce aerea in polvere, ad alto titolo di idrato di calcio, pozzolane naturali scelte fra le più energiche micronizzate (*Calce Pozzolanica Pantheon*) ed aggregati silicei. Legante ed aggregato siano selezionati in curva granulometrica continua da 0 a 3 mm. Lo strato di malta deumidificante antisale, una volta indurito, manifesta notevoli caratteristiche di idrorepellenza, minima resistenza alla diffusione del vapore e spiccate capacità di difesa dalle efflorescenze saline.

Il composto, confezionato, è formulato dalla *Calchèra San Giorgio* ed è pronto per l'invio in cantiere con il nome: **Malta Deumidificante Antisale**.

2. Il successivo strato di arriccio micro-poroso, sia posto nello spessore minimo di 2-3 cm, con malta da intonaco altamente diffusiva al vapore acqueo. L'impasto, applicato tradizionalmente a mano, è composto di calce aerea in polvere ad alto titolo di idrato di calcio, pozzolane naturali scelte fra le più energiche micronizzate (***Calce Pozzolanica Pantheon***) ed aggregati silicei selezionati in curva granulometrica continua da 0 a 3 mm.

Il composto, confezionato, è formulato dalla *Calchèra San Giorgio* ed è pronto per l'invio in cantiere con il nome: **Intonaco Pozzolanico Deumidificante**.

3. Lo strato applicato di finitura superficiale dev'essere scelto fra prodotti di comprovata resistenza all'aggressione chimica, idrorepellenza, nonché caratterizzato da bassi valori di resistenza alla diffusione del vapore.

In questo esempio si prenda, a scelta, uno dei seguenti quattro tipi di finitura:

1. tonachino dal naturale colore della materia;
2. stucco pozzolanico "vetus marmorino";
3. tonachino "lavato";
4. tinteggio colorato ai silicati di potassio.

LE FINITURE SUPERFICIALI ESTERNE

1. I tonachini color naturale

I manuali e la trattatistica dell'Ottocento, da Milizia a Valadier, citano l'opera della messa in pristino delle facciate ed il loro colore come un'operazione del tutto abituale, legata alla tradizione ed alla *Scuola*, con tempi scanditi dal naturale degrado dei materiali sottoposti, come sempre, all'oltraggio del tempo. La regolare manutenzione era, nel passato, oggetto di cura della comune tradizione e momento di consegna dell'antica *Regola dell'Arte* alle nuove generazioni. Ora che l'intervento sul costruito si concentra per lo più su operazioni a lungo termine e l'esercizio della manutenzione a tempi brevi, viene del tutto abbandonato, si è data origine a vuoti culturali generazionali ed alla inevitabile perdita della sensibilità all'uso della materia ed al suo naturale colore, demandando ad altri la scelta per ciò che per tradizione avremmo dovuto aver ereditato da chi ci ha preceduto.

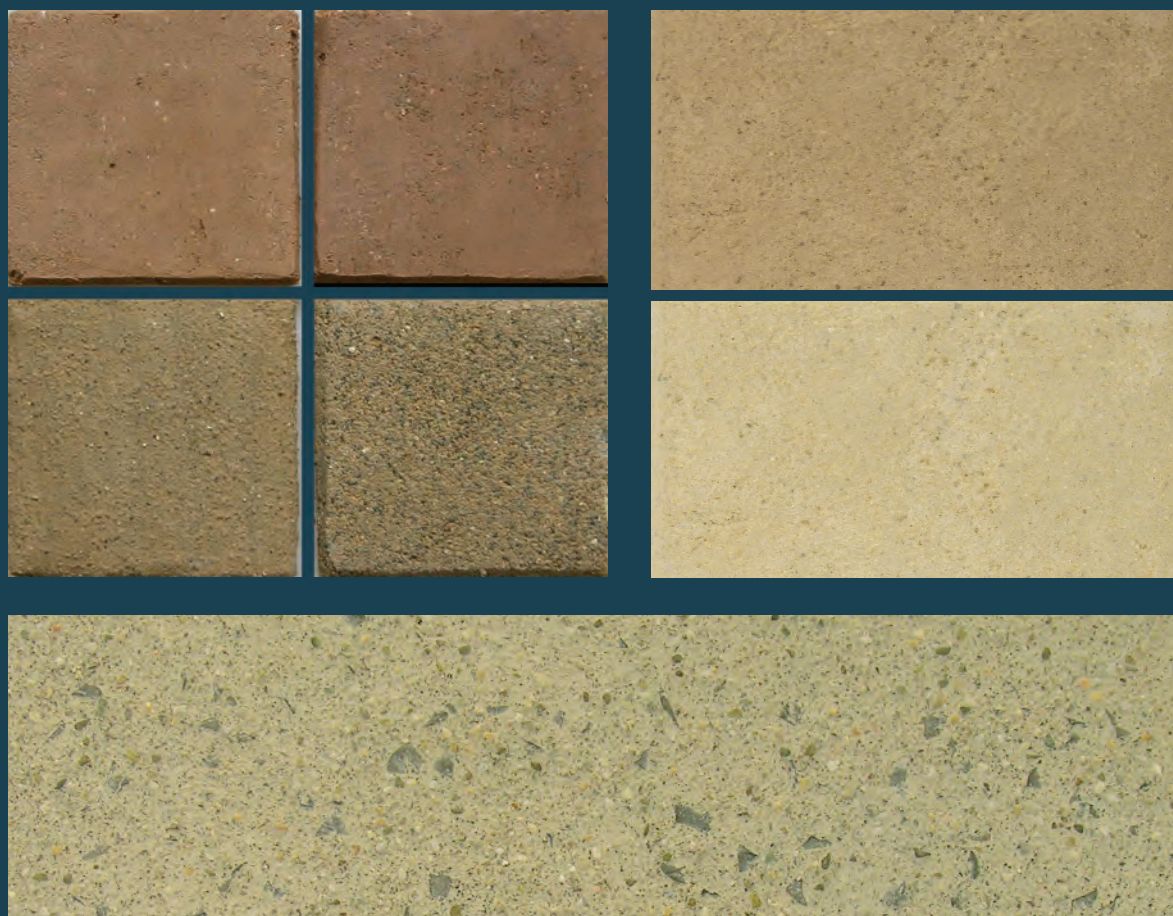
Fortunatamente, una riconquistata sensibilità all'uso della materia come mezzo per colorire gli edifici, ci consente oggi, di riscoprire e riproporre composizioni di malte da intonaco dal naturale colore, così com'è sempre stato sin da prima dell'avvento delle più recenti tecniche di tinteggio, che hanno modificato drasticamente la *facies* delle nostre città.

Nel proponimento del nuovo colore da porre sull'edificio consolidato e deumidificato, un particolare sforzo dovrebbe essere rivolto a diffondere l'antica cultura dell'uso della materia e del suo naturale colore, prima di rivolgerci inevitabilmente alla pratica dell'uso dei moderni tinteggi.

Il vasto patrimonio dell'edilizia storica *non tinteggiata* è oggi largamente confuso con il costruito moderno e pertanto progettisti e operatori sono spesso inconsapevolmente indotti a scelte non del tutto adeguate. È per tale ragione che si assiste spesso ad inconvenienti dovuti all'incompatibilità tra i materiali usati e le preesistenze poste in pristino.

L'esame *in situ*, del colore dell'edilizia regionale e l'analisi petrografica sulle sabbie locali di alveo, di cava e dalla risulta del taglio di pietre locali, dovranno infine condurre simultaneamente al piano storico cromatico generale. In molti casi il confronto con i caratteri delle *malte dal colore naturale, non tinteggiate* degli edifici storici, confermerà l'ipotesi formulata, ovvero che, in ciascuna zona presa in analisi si sia immancabilmente riscontrato un prevalente utilizzo, per secoli, di medesime sabbie reperibili proprio nelle vicinanze degli edifici stessi.

Dall'osservazione di queste materie, si dovrebbero individuare le connessioni storiche rilevabili tra le sabbie di un luogo e l'aspetto cromatico locale dei manufatti. In ogni caso le peculiarità cromatiche locali delle vecchie malte d'allettamento e degli intonaci non tinteggiati, risulteranno rapportabili a tre basilari fattori: la *grana visibile dell'aggregato*, la *tessitura della superficie* ed il *colore di fondo*, conferito prevalentemente dal legante usato e dalle frazioni fini dell'aggregato, indistinguibili ad occhio nudo.







La Piscina Mirabilis di Miseno (interno)

2. Lo stucco pozzolanico (“vetus” marmorino)

Lo stucco “vetus marmorino” è ispirato alla straordinaria finitura superficiale delle possenti strutture della conserva d’acqua, conosciuta col nome di *Piscina Mirabilis*, che si trova a Bacoli, in provincia di Napoli.

Originariamente era una cisterna di acqua potabile romana costruita in età augustea a Miseno, sul lato nord-ovest del Golfo di Napoli. Il nome attuale le fu attribuito nel tardo Seicento.

Si tratta della più grande cisterna nota mai costruita dagli antichi romani, ed aveva la funzione di approvvigionare di acqua le numerose navi della *Classis Misenensis*, poi divenuta *Classis Praetoria Misenensis Pia Vindex*, che trovava ormeggio e ricovero nel porto di Miseno.

La cisterna venne interamente scavata nel tufo della collina prospiciente il porto, ad 8 metri sul livello del mare. A pianta rettangolare, è alta 15 metri, lunga 72 e larga 25, con una capacità di 12.600 metri cubi. È sormontata da un soffitto con volte a botte, sorretto da 48 pilastri a sezione cruciforme, disposti su quattro file da 12.

L’acqua veniva prelevata attraverso i pozzetti realizzati sulla terrazza che sovrasta le volte con macchine idrauliche e da qui canalizzata verso il porto. La struttura muraria è realizzata in *opus reticulatum* e, così come i pilastri, è rivestita di materiale impermeabilizzante. Una serie di finestre lungo le pareti laterali e gli stessi pozzetti superiori provvedevano all’illuminazione e all’aerazione dell’ambiente. Sul fondo, nella navata centrale, si trova una *piscina limaria* di 20 metri per 5, profonda 1,10 metri, che veniva utilizzata come vasca di decantazione e di scarico per la pulizia e lo svuotamento periodico della cisterna.

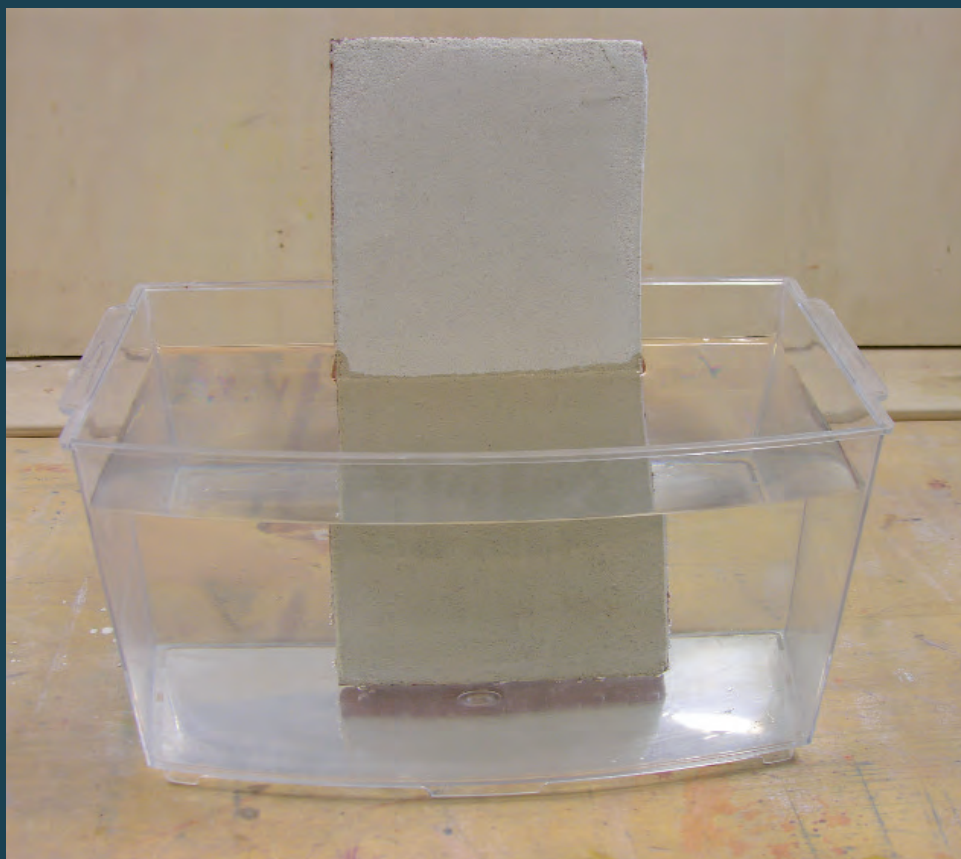
La Piscina Mirabilis costituiva il serbatoio terminale di uno dei principali acquedotti romani, l’acquedotto augusteo, che portava l’acqua dalle sorgenti del fiume Serino, a 100 chilometri di distanza, fino a Napoli e ai Campi Flegrei.

Lo stucco pozzolanico che proteggeva (superficialmente) dall’acqua gli intonaci sottostanti, ancora si mostra integro e tenacemente in adesione con il substrato.

Ci sono casi in cui i progettisti, che scelgono finiture appartenenti a sistemi deumidificanti, trovino che sia esteticamente più conveniente non lucidare le superfici ad imitazione del marmo, ma averle opache color delle pietre naturali. In questi casi l’artigiano, per raggiungere lo scopo voluto, si dovrà affidare al colore naturale delle sabbie, da mescolare alle calcine, per ottenere che i tonachini assumano l’aspetto voluto.

A differenza dei marmorini di calce grassa, nonostante la tecnica di applicazione sia la stessa, nei tonachini opachi color pietra, non vengono usate polveri di marmo, bensì sceltissime sabbie di diversa finezza, colorate già in natura. Ricordiamo, ad esempio, la sabbia del torrente Erega che dà alle superfici un color giallo foglia morta, oppure le sabbie di campo di Vicenza, che sono spiccatamente di un giallo dorato, o altre sabbie ottenute dalla frantumazione o dal taglio di marmi dal colore deciso. Oggidì si possono trovare sabbie giallo Siena, rosso Verona, rosa Zandobbio o, per dirla con lo Scamozzi, si possono selezionare sabbie color «rovaniccio, rossiccio, giallastro, bianchiccio, bigio o berettino», destinate alla preparazione di tonachini per le tinte maestre e le strutture aggettanti.

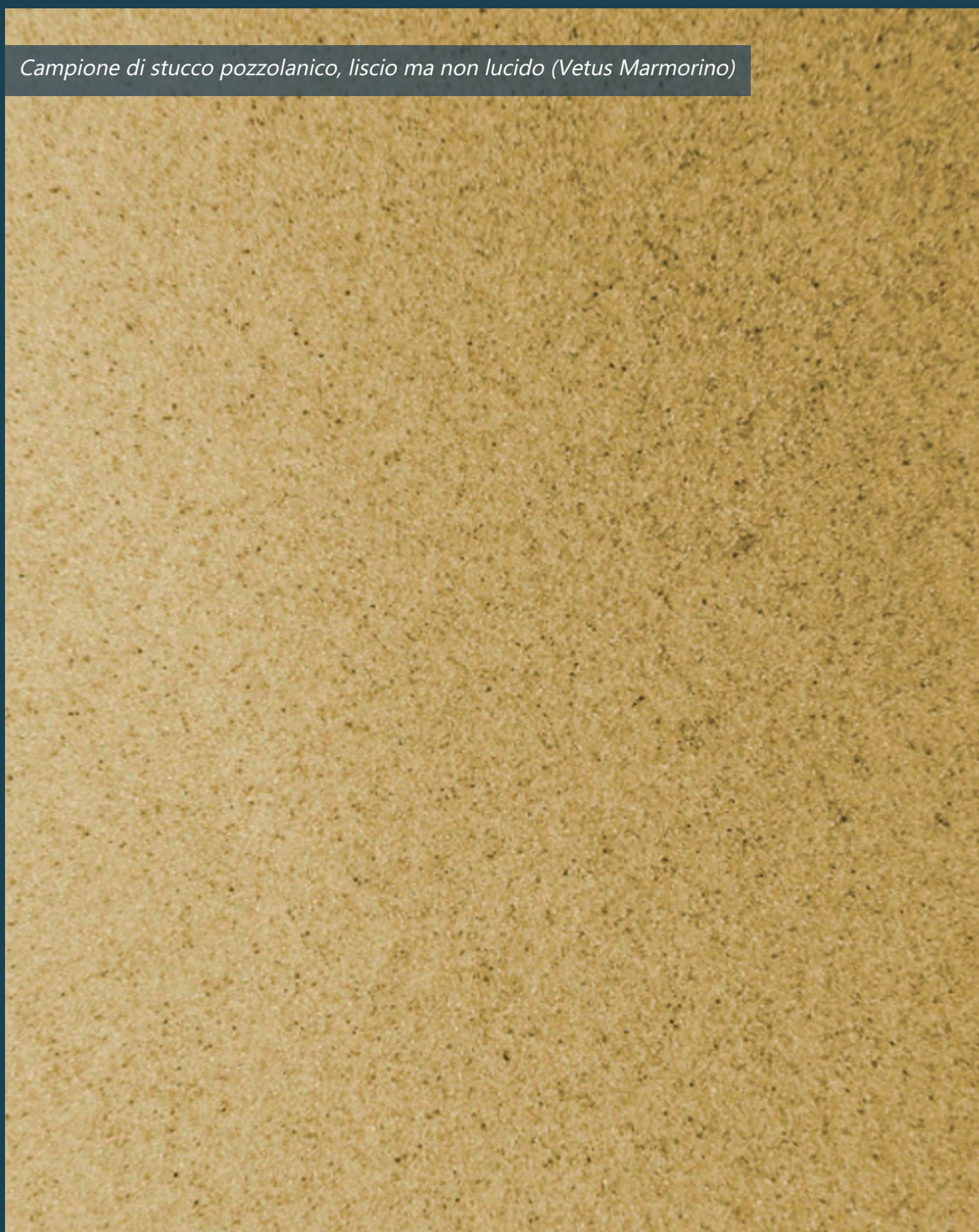
Il lavoro di stesura e di lisciatura venga eseguito con la spatola quadra di ferro. Poiché non vi è la possibilità di selezionare sabbiette dalla impalpabile consistenza, come peraltro si può fare con la polvere di marmo, questi tonachini possono essere portati a termine con soli due strati di materiale: il primo va steso a ferro e lisciato con il pialletto di feltro o di spugna; il secondo, ed ultimo, va anch'esso steso a ferro, in spessori più sottili, e lisciato col taglio dell'attrezzo quando il fondo è ancor umido e sta per indurire.



Campione di stucco pozzolanico Vetus Marmorino, sottoposto a stress in soluzione salina

Le superfici coperte con questi tonachini composti di sabbie silicee e calce mista a diverse pozzolane, per quanto l'artigiano tenti di lisciarle col ferro freddo, non diventano mai lucide. I lavori così rifiniti, anche se trattati superficialmente con cera o sapone, rimangono sempre opachi come la pietra tagliata e lisciata a pomice. La resistenza all'aggressione chimica è straordinaria.

Campione di stucco pozzolanico, liscio ma non lucido (Vetus Marmorino)





Tonachini "lavati"



3. Il Tonachino “lavato”

Il Tonachino “lavato”, è una malta di finitura preconfezionata in polvere, composta di calce pozzolanica “Pantheon” ed aggregati calcareo-silicei selezionati con diametro fino a 3mm, in curva continua. Il legante storico non contiene solfati, né calce libera, né alcuna forma di clinker.

Il “Pantheon” è un particolare legante che conferisce agli impasti ottima adesione al supporto, notevole elasticità (basso modulo elastico), elevatissima traspirabilità, alta resistenza alle aggressioni alcaline. Il colore della **Malta per Intonaco Lavato - Calchèra San Giorgio** è dato dall'utilizzo ben calibrato delle varie sabbie, senza l'utilizzo di pigmenti.

La particolare funzione dei tonachini “lavati” è quella di mostrare superficialmente l'aggregato della malta che costituisce la finitura. E' riconosciuto che la parte più vulnerabile delle malte di finitura sia quel velo di calce che copre il tonachino di superficie. Allo scopo di rendere la finitura più resistente all'aggressione delle piogge battenti, si allontana tale velo mediante la lavatura del tonachino appena applicato.

La Malta per Intonaco Lavato - Calchèra San Giorgio, impiegata tipicamente nei monasteri, è particolarmente indicata negli interventi in cui si voglia conferire alle superfici il colore naturale della materia, dove si necessiti l'utilizzo di un materiale molto traspirante, resistente all'aggressione chimica, compatibile con i materiali utilizzati in passato. Sul fondo adeguatamente bagnato, si applichi la Malta per Intonaco Lavato - Calchèra San Giorgio, stendendola con una spatola quadra, nello spessore massimo di 5 mm. Dovendo eseguire spessori maggiori, si dovrà applicare il materiale in più strati.

La finitura andrà eseguita lavando con una spugna morbida la superficie prima della totale asciugatura della malta, oppure lavando con una spazzola di saggina il giorno seguente l'applicazione. Eludere alcuni precetti della Regola dell'Arte, può portare ad esiti indesiderati.

Tinteggio al silicato di potassio



4. Le tinte ai silicati

Alla fine dell'Ottocento, i molti e continui danni causati ai tinteggi dall'ammorbamento dell'aria con polveri di carbone, indussero gli industriali tedeschi a ricercare un preparato che fosse più resistente dei tinteggi al latte di calce e che di quest'ultimi avesse l'aspetto e la versatilità. Fu allora introdotto l'uso di mescolare le terre colorate con il Silicato di Potassio, che a quei tempi veniva venduto puro e sfuso ai decoratori i quali lo fecero entrare prepotentemente nelle loro botteghe in sostituzione della calce per molti lavori di coloritura, persino nell'affresco.

La gran facilità dell'uso di questa materia diede coraggio a molti pittori e decoratori dell'epoca, i quali non avendo sino a quel giorno mai azzardato di cimentarsi nell'Arte del Buon Fresco, trovarono nei silicati il modo di riscattare la loro più modesta maestria.

Finti affreschi "a secco" furono dipinti in Ville, Palazzi e Cappelle. Ornati figurativi e floreali, in "stereo cromia" (così si dice della tecnica di dipingere coi silicati) hanno ravvivato le sale e le facciate delle case di molti signori.

Vi è di fatto una sostanziale differenza fra il dipingere ad affresco e dipingere in stereocromia.

Quando si dipinge ad affresco, il fondo di calce dev'essere posto di fresco e dev'essere sempre umido finché l'opera di coloritura procede (vedi Affresco); in stereocromia, al contrario, il fondo da dipingere, dev'essere assolutamente sempre asciutto.

Vi è di più: l'affresco può esser condotto esclusivamente su buona calce grassa di fossa perfettamente disgallata e macerata. In stereocromia, invece, ogni fondo, purché minerale, può fungere da tavolozza per il nostro estro pittorico: persino il cemento può esser dipinto coi silicati.

Anzi, proprio le tinte ai silicati, per la loro facilità di dipingere il cemento, furono complici dello sfrenato e deprecato uso del cemento negli anni Venti del Novecento.

La possibilità di accorciare i tempi di lavoro mediante l'applicazione di malte cementizie e la non meno veloce possibilità di produrre risultati pittorici, che devono aver impressionato ed inorgoglitto non poco i nostri nonni, hanno indotto molti artieri pittori di quegli'anni ad abbandonare l'antica cultura della calce per rifugiarsi nel più comodo ed economico cemento.

Fondendo della sabbia quarzifera, in mistione con quantità ponderate di Carbonato di Potassio, a temperature superiori ai 1300°C, si ottiene il silicato di potassio, che è il legante di base per tutte le pitture che vanno sotto il generico nome di *Silicati*.

Il silicato di potassio non pigmentato, si presenta all'operatore come un miele vischioso, incolore, trasparente come l'acqua e limpido come il vetro. Per questo motivo molti lo chiamano "acqua di vetro".

La tinteggiatura a base di silicato è fortemente indicata per le facciate esterne, poiché, anche bagnandosi, non si macchia né si scrosta facilmente come potrebbero fare altre tinteggiature a colla. Anzi, la tinta a base di silicato, a differenza di qualunque altra tinta a tempera, risulta lavabile.

La tecnica di tinteggio ai silicati, come ho già detto, ha bisogno più di ogni altra tecnica di avere la superficie, su cui si dipinge, totalmente asciutta. È necessario quindi, prima di principiare il lavoro, d'esaminare scrupolosamente l'intonaco in tutto il suo spessore. I tinteggi ai silicati, su supporti che nascondono umidità latente, saranno sicuramente alterati da macchie efflorescenti di vario colore ed estensione. Pertanto, le superfici costituite da malte cementizie bastarde, dovranno essere lasciate per lungo tempo a ben asciugare prima di tingerle coi silicati. Purtroppo, se da un lato questi materiali trovano facile riuscita nelle tinteggiature delle superfici in cemento, dall'altro essi trovano qualche difficoltà d'impiego proprio sullo stesso cemento quando questi tarda, più d'ogni altro legante, ad asciugarsi. Comunque, anche se ben applicate, si può riscontrare che le tinte a olio o a smalto non resistono sul cemento come quelle al silicato, specie se la superficie è nuova o vergine di tinteggiature.

Contrariamente alle tempere, alle pitture a colla o a olio, i silicati non formano pelli-cola sulla superficie dei manufatti tinteggiati: essi si comportano piuttosto come i guazzi di calce dipinti sui tonachini freschi.

Così come nella pittura *a fresco* la tinta va fatta bere alla calce per poi solidificare con essa, così nei silicati, l'intonaco avido d'acqua, perché asciutto, assorbe la tinta la quale consolida nei manufatti per reazione chimica detta *silicatizzazione*.

I silicati pigmentano le superfici minerali in due distinte fasi: nella prima fase il silicato si consolida grazie all'evaporazione dell'acqua che lo diluisce; nella seconda fase esso cristallizza per reazione chimica, che avviene in presenza dell'anidride carbonica nell'aria. Il supporto minerale, costituito dell'intonaco, è causa anche di un fenomeno di alcalinizzazione, tipica dei leganti idraulici.



La vastissima gamma delle tinte ai silicati di potassio



Entrambe le reazioni sviluppano un complesso polisilicico che ha azione fissativa nella pittura e consolidante nel supporto. Ecco la ragione per cui si può dire che le tinte ai silicati cambino colore ai manufatti piuttosto che coprirli di tinta: ciò a significare che l'assoluta mancanza di pellicola pittorica sugli intonaci è garanzia di inalterabilità delle caratteristiche di traspirabilità delle superfici.

E' pur anche vero che, se un intonaco è formato con abbondante cemento, ed è pertanto ben lungi dall'esser traspirante, non basterà tutto il silicato di questo mondo per renderlo tale.

Se agli inizi del secolo scorso i traspiranti intonaci di calce venivano "idraulicizzati" aggiungendo al grassello esigue parti di cemento, oggi, per contro, s'aggiungono esigue parti di grassello agli intonaci di cemento per rendere il lavoro più facile, più sollecito e più remunerativo a scapito della traspirabilità dei muri.

Orbene, che senso ha dipingere una parete con un materiale che si vuol assolutamente traspirante quando il supporto da dipingere non lo è affatto?

Quando si dipinge ai silicati si deve tenere ben a mente questo banale insegnamento: l'indice di traspirabilità del muro rimarrà assolutamente invariato a dispetto della spesa per i silicati.

Ciò ci deve indurre ad operare a priori quelle scelte che prepareranno, più tardi, all'uso dei silicati, per potersi assicurare tutti i vantaggi possibili. Se si vuol dar senso all'uso dei silicati, invece di usar cemento negli intonaci si usino le più nobili calce naturali forti.

Un legante come il "Panthéon", in virtù del fatto che è composto con calce calcinata a bassa temperatura, ha tutte le caratteristiche per esaltare le virtù dei silicati: esso è, di fatto, fortemente traspirante ed assorbente.



La stagione più propizia per tingere ai silicati, all'esterno, è l'autunno; in genere si sceglieranno giornate coperte, umide e non ventilate. Generalmente le alte temperature sono più dannose delle giornate fredde. Ciononostante non si dovrebbe lavorare con questo materiale se la temperatura scendesse sotto i 5°C. L'aria in forte movimento ed il sole danneggiano di più perché ne affrettano l'asciugamento, alterando ed impedendo una buona penetrazione nelle superfici degli intonaci della tinta, la quale può virare nel tono quando questa si prosciuga.

I colori ai silicati di potassio non coprono le superfici murarie, ma le tingono nella massa dell'intonaco similmente a quanto si fa con l'affresco. Tale tecnica colorica rende le malte estremamente resistenti all'aggressione dell'aerosol marino.



CONCLUSIONI

L'ampio lavoro svolto ha permesso di studiare e comprendere a fondo quale sia il comportamento delle più longeve malte del passato, messe a confronto con gli attuali diversi sistemi esaminati, destinati ad applicazioni su murature interessate da presenza di elevate quantità di sali e di umidità.

Le numerose analisi e prove eseguite hanno altresì dimostrato che i soli dati riportati nelle schede tecniche (ad esempio: la permeazione al vapore, la porosità totale, l'aria inglobata, la resistenza meccanica, ecc.) non sono sufficienti per valutare le reali capacità deumidificanti e la durabilità di un intonaco. Questi dati, da soli, non possono fornire una completa descrizione della malta e della sua struttura.

Neppure la conformità alle specifiche indicate da enti riconosciuti, come la WTA, può rappresentare una garanzia assoluta di funzionamento prolungato nel tempo dell'intonaco.

Infatti, le prove solitamente richieste e riportate in scheda tecnica, fanno riferimento a valori rilevati dopo brevi periodi di stagionatura (28 giorni) e non considerano l'adempimento di cicli di degrado quali quelli che si possono verificare nella vita reale degli intonaci. Si prendano ad esempio le malte del Pantheon e la loro millenaria integrità.

L'importanza dei cicli di esposizione all'aerosol marino è chiaramente emersa dal presente studio, in quanto si è evidenziato come le caratteristiche e quindi le prestazioni di certi intonaci non rimangano costanti nel tempo, ma vengano alterate dai processi di invecchiamento e di degrado.

Solo il tempo e la storia ci hanno consegnato immarcescibili esempi di materiali dalle caratteristiche chimico-fisiche e di stabilità che si possono ritenere modelli di efficienza e di reale efficacia funzionale nella loro durabilità.

L'utilizzo della microscopia elettronica è stato di notevole importanza proprio per capire le differenze strutturali delle diverse malte studiate e spiegare molti dei risultati ottenuti.

Lo studio della struttura porosa ha dimostrato che, per un intonaco deumidificante da risanamento, possedere una micro porosità, sostanzialmente aperta, è una caratteristica fondamentale.

L'intonaco dotato di una struttura microporosa, come l'**Intonaco Pozzolanico Deumidificante** della *Calchèra San Giorgio*, ha dimostrato di avere il miglior comportamento, nelle prove di degrado e di traspirabilità, specialmente quando le superfici murarie sono state preventivamente trattate col **Tampone Antisale** *Calchèra San Giorgio*.

Per contro, in altri intonaci dove la macroporosità è stata forzata, il processo di deumidificazione si è mostrato inefficace, poiché in quei casi il volume dei pori è costituito sostanzialmente da bolle chiuse ed isolate nella matrice legante. Cavità con tali caratteristiche non concorrono affatto a rendere efficace il sistema deumidificante, né migliorano il coefficiente di traspirabilità del materiale applicato.

Questo particolare, non del tutto trascurabile, è stato oggetto di un importante approfondimento nel presente studio. In effetti, in alcuni campioni indagati, proprio a causa della scarsa funzionalità dei pori d'aria, si scopre che la resistenza ai sali è ottenuta dall'aumentata idrofobicità del materiale. In questo modo, però, se da un lato viene ridotta la diffusione dei sali all'interno della malta, dall'altro si crea un fronte di evaporazione sull'interfaccia mattone-intonaco o all'interno del mattone stesso. Proprio in questi punti, la cristallizzazione dei sali, nelle prove di degrado, ha prodotto danni evidenti nei provini.

Le alte resistenze meccaniche dei medesimi intonaci presi in esame, che pur sono superiori alle prescrizioni, hanno fornito prova della loro resistenza ai danni derivati dalla cristallizzazione dei sali. Tuttavia, tali caratteristiche di resistenza meccanica non hanno garantito un'altrettanta efficace conservazione del mattone. Pertanto, se da un lato si raggiunge l'obiettivo di mostrare superficialmente un intonaco in buono stato, dall'altro si corre il rischio di avere, sotto l'intonaco, una muratura progressivamente in degrado.

Al contrario, nel "sistema deumidificante" della *Calchèra San Giorgio*, le spiccate caratteristiche meccaniche e la struttura microporosa permettono di ottenere il giusto controllo della cristallizzazione salina e, nel contempo, un'efficiente conservazione dei diversi substrati.

Il "*sistema deumidificante*" della Calchèra San Giorgio consente una più facile asciugatura della muratura poiché, non solo è dotato di buona traspirabilità ma, rispetto agli altri intonaci, lo spostamento del fronte di umidità al suo interno riduce lo spessore di materiale che il vapore deve attraversare per raggiungere la superficie. Pertanto, la stessa resistenza al passaggio di vapore μ si esplica in uno spessore di materiale inferiore, consentendo una traspirabilità notevolmente agevolata.

In conclusione, il "*sistema deumidificante*" della Calchèra San Giorgio ha dimostrato di avere caratteristiche ideali per un intonaco di tipo microporoso. Soprattutto, ha dimostrato di poter mantenere le sue caratteristiche inalterate nel tempo e di svolgere pienamente il suo lavoro di conservazione e protezione delle strutture soggette a deumidificazione.

IL LABORATORIO TECNOLOGICO DI RICERCA - CALCHÈRA SAN GIORGIO

Il Laboratorio Tecnologico di Ricerca CSG opera da trent'anni nello studio dei leganti storici.

Le caratterizzazioni e le formulazioni sviluppate sono il risultato di un'ampia ricerca, nell'ambito chimico, fisico e meccanico, sulle proprietà dei materiali per il restauro dell'edilizia monumentale.

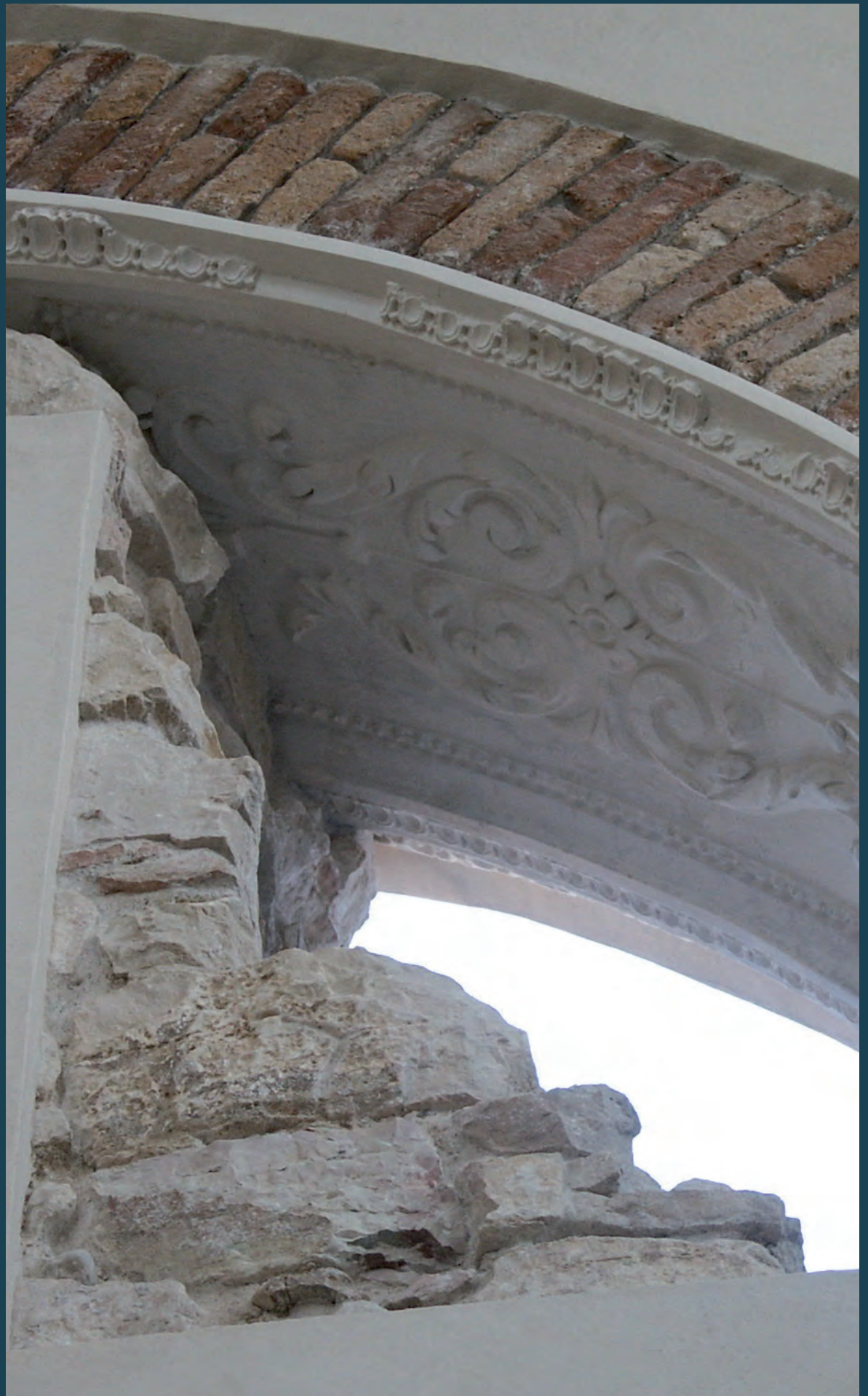
Nell'adempimento dei propri progetti di Ricerca e Sviluppo, il laboratorio si avvale di strutture sia interne, quali il laboratorio di tecnologico e formulazione e il Campo Prove, che esterne, quali Università, Istituti di Ricerca, Scuole di restauro e Restauratori.

Il laboratorio Tecnologico realizza un'ampia caratterizzazione fisico-meccanica dei leganti e delle malte, fornendo tutti i dati necessari per stabilire la compatibilità dei prodotti, in ogni campo di applicazione e per prevederne la durabilità. Una parte fondamentale del progetto di ricerca sono le prove di campo effettuate dagli esperti applicatori del Servizio di Assistenza Tecnica.

Trent'anni di studi e sperimentazioni hanno prodotto una vasta e articolata conoscenza che viene sostanziata nel fornire soluzioni e materiali per risolvere i più disparati problemi che vengono, di volta in volta, presentati dagli operatori del restauro.



Un esempio di stuccatura "rasosasso".



Sistema deumidificante CALCHERA SAN GIORGIO

SCHEDE TECNICHE

- Calce Pozzolanica "Pantheon"
- Malta Deumidificante Antisale
- Intonaco Pozzolanico Deumidificante
- Tonachino
- Vetus Marmorino
- Malta per Intonaco Lavato
- Silifarbe
- Iniezione100
- Tampone Antisale



CALCE POZZOLANICA PANTHEON

DESCRIZIONE

La **Calce Pozzolanica Pantheon - Calchèra San Giorgio**, è un legante idraulico ottenuto dalla miscelazione a freddo di calce aerea in polvere, selezionata, ad alto titolo d'idrato di calcio $[Ca(OH)_2]$ > 98%, e pozzolane naturali micronizzate, di diversa superficie specifica ed energia. Non contiene sali solubili, calce libera né alcuna forma di clinker. Conferisce all'impasto ottima adesione al supporto, notevole elasticità (basso modulo elastico), elevatissima traspirabilità, alta resistenza alle aggressioni alcaline e alla formazione di muffe e batteri.

La **Calce Pozzolanica Pantheon** è la sintesi di tutti i leganti descritti nei documenti d'archivio, da Vitruvio alla letteratura più recente, è perfettamente compatibile con le strutture storiche d'ogni tempo, ed è estremamente versatile nella preparazione di ogni tipo di malta si voglia usare nell'opera di restauro.

CAMPI DI APPLICAZIONE

Per la preparazione di malte specifiche destinate al restauro di strutture e lacerti storici.

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

La superficie muraria, di qualsiasi tipo, deve essere ben pulita e di non dare segno di spolverare; assolutamente priva di parti inconsistenti ed incoerenti (oli, sali, ecc.). Bagnare adeguatamente con acqua pulita il supporto prima dell'applicazione.

MISCELAZIONE

Miscelare in peso, una parte di Calce Pozzolanica Pantheon con tre parti di inerte di corretto arco granulometrico. Prima dell'applicazione lasciare riposare l'impasto per 10-15 minuti.

APPLICAZIONE

Applicare la malta manualmente, nello spessore massimo di mm 10/15. Dovendo eseguire spessori notevoli, si dovrà applicare il materiale a più strati avendo l'avvertenza che lo strato o gli strati sottostanti, siano ben asciutti, per evitare fenomeni di fessurazione o di cavillatura, bagnando comunque tra una mano e l'altra. Eludere alcuni precetti della Regola dell'Arte, può portare ad esiti indesiderati.

TEMPERATURA DI APPLICAZIONE

Applicare a temperature ambiente e del supporto comprese tra +5°C e +35°C in assenza di vento.

CONSUMO

350-450 Kg per metro cubo di sabbia

CARATTERISTICHE TECNICHE

Forma: Polvere

Colore: Bianco ambrato

Finezza: 40-80 µm (D85)

Resistenza a flessione a 28 gg

UNI EN 459-2: > 3 N/mm²

Resistenza a compressione a 7

UNI EN 459-2: > 8 N/mm²

Resistenza a compressione a 28 g

UNI EN 459-2: > 12 N/mm²

Resistenza alla diffusione del vapore

UNI EN 1015-19: $\mu < 8$

Calce libera $[Ca(OH)_2]$ a 28gg

UNI EN 459-2: assente

PH: 13

Reazione al fuoco: Classe A1

CARATTERISTICHE CHIMICHE

CaO 40,4%

SiO₂ 18,2%

Al₂O₃ 9,56%

K₂O 1,91%

MgO 1,67%

Fe₂O₃ 1,56%

SO₃ 0,02%

C₃S assente

CONFEZIONE

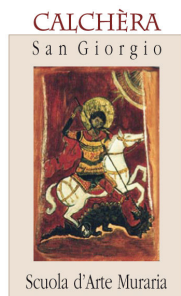
Secchi da 10 Kg / Sacchi da 15 Kg

STOCCAGGIO

Conservare in luogo fresco ed asciutto, al riparo da umidità, pioggia, gelo o elevate fonti di calore. Applicare entro 12 mesi dalla data di produzione.

AVVERTENZE

Prodotto per uso professionale. Non miscelare con cemento nè alcuni derivati del clinker. Utilizzare solo acqua pulita per tutte le fasi di lavorazione. Consultare la scheda di sicurezza prima dell'utilizzo.



Centro di Ricerca
e Formulazione
di materiali
per i Professionisti
del Restauro
Architettonico

MALTA DEUMIDIFICANTE ANTISALE

Malta da rinzafo antisale di calce e pozzolana

DESCRIZIONE

La **Malta Deumidificante Antisale - Calchèra San Giorgio**, è una malta da rinzafo in polvere preconfezionata, composta di calce e pozzolane naturali, aggregati silicei selezionati nella idonea granulometria, in curva continua. La particolare ed originale modificazione della calce con specifiche pozzolane, composti inorganici idrorepellenti e porizzanti, consente di mantenere elevate caratteristiche di traspirabilità. Non contiene alcuna forma di clinker, né calce libera, né sali che possono innescare reazioni dannose, con la formazione di Ettringite e Thaumasite.

Il legante contenuto in questa malta è una calce idraulica, ottenuta dalla miscelazione a freddo di idrato di calcio $[Ca(OH)_2]$, di primissima qualità, ottenuto dalla calcinazione, a bassa temperatura (850-900°C circa), di calcari puri e pozzolane naturali micronizzate di diversa superficie specifica ed energia. Il particolare legante conferisce all'impasto ottima adesione al supporto, notevole elasticità (basso modulo elastico), elevatissima traspirabilità, alta resistenza alle aggressioni alcaline ed alla formazione di muffe e batteri.

CAMPI DI APPLICAZIONE

La **Malta Deumidificante Antisale - Calchèra San Giorgio** è stata appositamente formulata per la preparazione dei supporti interessati da umidità di risalita capillare su muratura in pietra, mattoni, tufo o mista. Per interventi di recupero su edifici storici.

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

La superficie muraria, di qualsiasi tipo, deve essere ben pulita e di non dare segno di spolverare; assolutamente priva di parti inconsistenti ed incoerenti (oli, sali, ecc.). Bagnare adeguatamente il supporto prima dell'applicazione.

MISCELAZIONE

Impastare ogni sacco da 25 Kg con circa 6 litri d'acqua pulita ovvero il 25% circa del peso della polvere. La miscelazione va eseguita in betoniera a bicchiere o con apposita impastatrice. Prima dell'applicazione lasciare riposare l'impasto per 10-15 minuti. È sconsigliata la miscelazione a mano.

APPLICAZIONE

Applicare la malta manualmente con la cazzuola nello spessore massimo di mm 10/15 coprendo completamente la muratura. Lasciare le superfici ad aspetto rustico onde permettere l'aggancio dell'intonaco successivo, che dovrà essere applicato quando la malta risulterà completamente asciutta. Eludere alcuni precetti della Regola dell'Arte, può portare ad esiti indesiderati.

TEMPERATURA DI APPLICAZIONE

Applicare a temperature ambiente e del supporto comprese tra +5°C e +35°C in assenza di vento.

CONSUMO

18-20 Kg/m² per 10 mm di spessore

CARATTERISTICHE TECNICHE

Forma: Polvere

Colore: Bianco ambrato

Granulometria

UNI EN 1015-1: da 0 a 3 mm

Resistenza a compressione

UNI EN 1015-11: > 2 N/mm² - Categoria CSII

Resistenza alla diffusione del vapore

UNI EN 1015-19: $\mu < 6$

Adesione al supporto

UNI EN 1015-12: 0,3 N/mm² - FP: A

PH: 13

Reazione al fuoco: Classe A1

Tempo di impasto in betoniera: 10 minuti

Tempo di lavorabilità: 30 minuti circa

CONFEZIONE

Sacchi da 25 Kg

STOCCAGGIO

Conservare con il sacco integro in luogo fresco ed asciutto, al riparo da umidità, pioggia, gelo o elevate fonti di calore. Applicare entro 12 mesi dalla data di produzione.

AVVERTENZE

Prodotto per uso professionale.

Consultare la scheda di sicurezza prima dell'utilizzo.



INTONACO POZZOLANICO DEUMIDIFICANTE

Intonaco deumidificante di calce e pozzolana

DESCRIZIONE

L'Intonaco Pozzolanico Deumidificante - Calchera San Giorgio, è una malta da intonaco preconfezionata in polvere, composta di calce, pozzolane naturali micronizzate, aggregati silicei selezionati con diametro massimo di 3mm, in curva continua. Non contiene solfati, né calce libera, né alcuna forma di clinker.

Il legante contenuto in questa malta è una calce idraulica, ottenuta dalla miscelazione a freddo di idrato di calcio $[Ca(OH)_2]$, di primissima qualità, ottenuto dalla calcinazione, a bassa temperatura (850-900°C circa), di calcari puri, rigorosamente selezionati, cotti con le tecniche ed i modi tramandati dalla tradizione, e pozzolane naturali micronizzate di diversa superficie specifica ed energia. Il particolare legante conferisce all'impasto ottima adesione al supporto, notevole elasticità (basso modulo elastico), elevatissima traspirabilità, alta resistenza alle aggressioni alcaline ed alla formazione di muffe e batteri.

CAMPI DI APPLICAZIONE

L'Intonaco Pozzolanico Deumidificante può essere utilizzato per la realizzazione di intonaci interni ed esterni su muratura in pietra, mattoni, tufo o mista. Per interventi di recupero su edifici storici, dove si necessita l'utilizzo di un intonaco naturale molto traspirante e compatibile con i materiali utilizzati in passato.

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

La superficie muraria, di qualsiasi tipo, deve essere ben pulita e di non dare segno di spolverare; assolutamente priva di parti inconsistenti ed incoerenti (oli, sali, ecc.). Bagnare adeguatamente il supporto prima dell'applicazione dell'intonaco.

MISCELAZIONE

Impastare ogni sacco da 25 Kg con circa 6 litri d'acqua pulita ovvero il 25% circa del peso della polvere. La miscelazione va eseguita in betoniera a bicchiere o con apposita impastatrice. Prima dell'applicazione lasciare riposare l'impasto per 10-15 minuti.

APPLICAZIONE

Applicare l'intonaco manualmente con la cazzuola nello spessore massimo di mm 10/15.

Dovendo eseguire intonaci di spessori notevoli, si dovrà applicare il materiale a più strati avendo l'avvertenza che lo strato o gli strati sottostanti, siano ben asciutti, per evitare fenomeni di fessurazione o di cavillatura, bagnando comunque tra una mano e l'altra. Le pareti esposte al sole siano mantenute umide onde evitare veloci perdite di acqua, che potrebbero causare fenomeni di distacco e/o sfarinamento della malta stessa. Eludere alcuni precetti della Regola dell'Arte, può portare ad esiti indesiderati.

TEMPERATURA DI APPLICAZIONE

Applicare a temperature ambiente e del supporto comprese tra +5°C e + 35°C in assenza di vento.

CONSUMO

10-13 Kg/m² per 10 mm di spessore

CARATTERISTICHE TECNICHE

Forma: Polvere

Colore: Bianco ambrato

Granulometria

UNI EN 1015-1: da 0 a 3 mm

Resistenza a compressione

UNI EN 1015-11: > 3 N/mm² - Categoria CSII

Resistenza alla diffusione del vapore

UNI EN 1015-19: $\mu = 3$

Adesione al supporto

UNI EN 1015-12: 0,1 N/mm² - FP: A

PH: 13

Reazione al fuoco: Classe A1

Tempo di impasto in betoniera: 10 minuti

Tempo di lavorabilità: 30 minuti circa

CONFEZIONE

Sacchi da 25 Kg

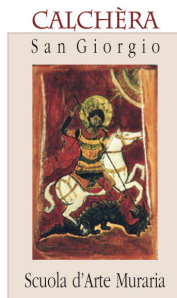
STOCCAGGIO

Conservare con il sacco integro in luogo fresco ed asciutto, al riparo da umidità, pioggia, gelo o elevate fonti di calore. Applicare entro 12 mesi dalla data di produzione.

AVVERTENZE

Prodotto per uso professionale.

Consultare la scheda di sicurezza prima dell'utilizzo.



Centro di Ricerca
e Formulazione
di materiali
per i Professionisti
del Restauro
Architettonico

TONACHINO

Finitura a spessore in polvere dal colore naturale

DESCRIZIONE

Il **Tonachino - Calchèra San Giorgio**, è una finitura in polvere preconfezionata, composta di calce aerea in polvere ad alto titolo d'idrato di calcio $[Ca(OH)_2]$, specifiche pozzolane naturali, sabbie silicee in curva granulometrica continua e polveri di marmo selezionate per colore e granulometria con l'aggiunta di additivi migliorativi della funzione reologica. Non contiene solfati, né calce libera, né alcuna forma di clinker. Il legante contenuto in questa malta è una calce idraulica, ottenuta dalla miscelazione a freddo di idrato di calcio [calce aerea spenta $Ca(OH)_2$], di primissima qualità, ottenuto dalla calcinazione, a bassa temperatura (850-900°C circa), di calcari puri, rigorosamente selezionati, cotti con le tecniche ed i modi tramandati dalla tradizione, e pozzolane naturali micronizzate di diversa superficie specifica ed energia. Il particolare legante conferisce all'impasto ottima adesione al supporto, notevole elasticità (basso modulo elastico), elevatissima traspirabilità, alta resistenza alle aggressioni alcaline ed alla formazione di muffe e batteri. Il colore del **Tonachino - Calchèra San Giorgio** è dato dall'utilizzo ben calibrato delle varie polveri di marmo e sabbie silicee, senza l'utilizzo di pigmenti.

CAMPI DI APPLICAZIONE

Il **Tonachino - Calchèra San Giorgio**, è particolarmente indicato negli interventi in cui si voglia conferire alle superfici il colore naturale della materia, dove si necessita l'utilizzo di un materiale molto traspirante, resistente all'aggressione chimica, compatibile con i materiali utilizzati in passato. Applicazione esterna ed interna.

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

L'intonaco di fondo, deve essere ben pulito e di non dare segno di spolverare; assolutamente privo di parti inconsistenti ed incoerenti (oli, sali, ecc.). Bagnare adeguatamente il supporto prima dell'applicazione.

MISCELAZIONE

Impastare ogni sacco da 20 Kg con circa 7-8 litri d'acqua pulita ovvero il 35-40% circa del peso della polvere. La miscelazione va eseguita con agitatore meccanico o con apposita impastatrice.

Prima dell'applicazione lasciare riposare l'impasto per 10-15 minuti.

APPLICAZIONE

Sul fondo ben livellato ed adeguatamente bagnato, si stenda una prima mano di **Tonachino - Calchèra San Giorgio** con una spatola quadra (spatola "Americana") quando il primo strato, dello spessore massimo di 2 mm, è essiccato, si applichi il secondo strato, dello stesso spessore del primo, e si proceda a ridurlo a perfetta planarità col frattazzino di spugna, quando la superficie non è ancora completamente rassodata. Eludere alcuni precetti della Regola dell'Arte, può portare ad esiti indesiderati.

TEMPERATURA DI APPLICAZIONE

Applicare a temperature ambiente e del supporto comprese tra +5°C e + 35°C in assenza di vento.

CONSUMO

2 - 3 Kg/m²

CARATTERISTICHE TECNICHE

Forma: Polvere

Granulometria: 0-0,6 mm / 0-1,0 mm / 0-1,2 mm

Gamma di Formulazioni: Bianco / Botticino / Giallo

Mori / Rosa Corallo / Sabbia di Campo

Resistenza alla diffusione del vapore

UNI EN 1015-19: $\mu < 8$

PH: 13

Reazione al fuoco: Classe A1

CONFEZIONE

Sacchi da 20 Kg

STOCCAGGIO

Conservare con il sacco integro in luogo fresco ed asciutto, al riparo da umidità, pioggia, gelo o elevate fonti di calore. Applicare entro 12 mesi dalla data di produzione.

AVVERTENZE

Prodotto per uso professionale.

Proteggere dalla pioggia battente per tutto il periodo di essiccazione.

Consultare la scheda di sicurezza prima dell'utilizzo.



VETUS MARMORINO

Finitura in polvere dal colore naturale

DESCRIZIONE

Il **Vetus Marmorino - Calchèra San Giorgio**, è una finitura in polvere pre confezionata, composta di calce aerea in polvere ad alto titolo d'idrato di calcio $[Ca(OH)_2]$, specifiche pozzolane naturali, sabbie silicee in curva granulometrica continua e polveri di marmo selezionate per colore e granulometria con l'aggiunta di additivi migliorativi della funzione reologica. Non contiene solfati, né calce libera, né alcuna forma di clinker. Il legante contenuto in questa malta è una calce idraulica, ottenuta dalla miscelazione a freddo di idrato di calcio [calce aerea spenta $Ca(OH)_2$], di primissima qualità, ottenuto dalla calcinazione, a bassa temperatura (850-900°C circa), di calcari puri, rigorosamente selezionati, cotti con le tecniche ed i modi tramandati dalla tradizione, e pozzolane naturali micronizzate di diversa superficie specifica ed energia. Il particolare legante conferisce all'impasto ottima adesione al supporto, notevole elasticità (basso modulo elastico), elevatissima traspirabilità, alta resistenza alle aggressioni alcaline ed alla formazione di muffe e batteri. Il colore del **Vetus Marmorino - Calchèra San Giorgio** è dato dall'utilizzo ben calibrato delle varie polveri di marmo e sabbie silicee.

CAMPI DI APPLICAZIONE

Il **Vetus Marmorino - Calchèra San Giorgio**, è particolarmente indicato negli interventi in cui si voglia conferire alle superfici il colore naturale della materia, dove si vuole ottenere una finitura ad effetto antico e si necessita l'utilizzo di un materiale molto traspirante, resistente all'aggressione chimica, compatibile con i materiali utilizzati in passato. Applicazione esterna ed interna.

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

L'intonaco di fondo, deve essere ben pulito e di non dare segno di spolverare; assolutamente privo di parti inconsistenti ed incoerenti (oli, sali, ecc.). Bagnare adeguatamente il supporto prima dell'applicazione.

MISCELAZIONE

Impastare ogni sacco da 20 Kg con circa 7-8 litri d'acqua pulita ovvero il 35-40% circa del peso della polvere. La miscelazione va eseguita con agitatore meccanico o con apposita impastatrice.

Prima dell'applicazione lasciare riposare l'impasto per 10-15 minuti.

APPLICAZIONE

Sul fondo ben livellato ed adeguatamente bagnato, si stenda una prima mano di **Vetus Marmorino** con una spatola quadra (spatola "Americana") quando il primo strato, dello spessore massimo di 2 mm, non è ancora totalmente essiccato, si applichi il secondo strato, dello stesso spessore del primo, e si lisci la superficie col taglio della spatola sino ad ottenere una superficie liscia e compatta. Eludere alcuni precetti della Regola dell'Arte, può portare ad esiti indesiderati.

TEMPERATURA DI APPLICAZIONE

Applicare a temperature ambiente e del supporto comprese tra +5°C e + 35°C in assenza di vento.

CONSUMO

2 - 3 Kg/m²

CARATTERISTICHE TECNICHE

Forma: Polvere

Granulometria: 0-0,7 mm

Gamma di Formulazioni: Bianco / Botticino / Giallo Mori / Rosa Corallo/ Sabbia di Campo/ Breccia Aurora

Resistenza alla diffusione del vapore

UNI EN 1015-19: $\mu < 8$

PH: 13

Reazione al fuoco: Classe A1

CONFEZIONE

Sacchi da 20 Kg

STOCCAGGIO

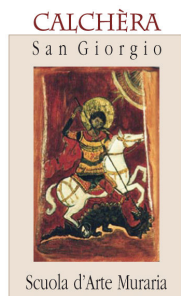
Conservare con il sacco integro in luogo fresco ed asciutto, al riparo da umidità, pioggia, gelo o elevate fonti di calore. Applicare entro 12 mesi dalla data di produzione.

AVVERTENZE

Prodotto per uso professionale.

Proteggere dalla pioggia battente per tutto il periodo di essiccazione.

Consultare la scheda di sicurezza prima dell'utilizzo.



Centro di Ricerca
e Formulazione
di materiali
per i Professionisti
del Restauro
Architettonico

MALTA PER INTONACO LAVATO

Finitura a spessore in polvere dal colore naturale

DESCRIZIONE

La **Malta per Intonaco Lavato - Calchèra San Giorgio**, è una malta di finitura preconfezionata in polvere, composta da calce, pozzolana naturale micronizzata, aggregati calcareo-silicei selezionati con diametro massimo di 3mm, in curva continua. Non contiene solfati, né calce libera, né alcuna forma di clinker.

Il legante contenuto in questa malta è una calce idraulica, ottenuta dalla miscelazione a freddo di idrato di calcio $[Ca(OH)_2]$, di primissima qualità, ottenuto dalla calcinazione, a bassa temperatura (850-900°C circa), di calcari puri, rigorosamente selezionati, cotti con le tecniche ed i modi tramandati dalla tradizione, e pozzolane naturali micronizzate di diversa superficie specifica ed energia. Il particolare legante conferisce all'impasto ottima adesione al supporto, notevole elasticità (basso modulo elastico), elevatissima traspirabilità, alta resistenza alle aggressioni alcaline ed alla formazione di muffe e batteri.

Il colore della **Malta per Intonaco Lavato - Calchèra San Giorgio** è dato dall'utilizzo ben calibrato delle varie sabbie, senza l'utilizzo di pigmenti.

CAMPI DI APPLICAZIONE

La **Malta per Intonaco Lavato - Calchèra San Giorgio**, è particolarmente indicata negli interventi in cui si voglia conferire alle superfici il colore naturale della materia, dove si necessita l'utilizzo di un materiale molto traspirante, resistente all'aggressione chimica, compatibile con i materiali utilizzati in passato. Applicazione esterna ed interna.

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

L'intonaco di fondo, deve essere ben pulito e di non dare segno di spolverare; assolutamente privo di parti inconsistenti ed incoerenti (oli, sali, ecc.). Bagnare adeguatamente il supporto prima dell'applicazione.

MISCELAZIONE

Impastare ogni sacco da 25 Kg con circa 5-6 litri d'acqua pulita ovvero il 20-25% circa del peso della polvere. La miscelazione va eseguita con agitatore meccanico o con apposita impastatrice.

Prima dell'applicazione lasciare riposare l'impasto per 10-15 minuti.

APPLICAZIONE

Sul fondo adeguatamente bagnato, applicare stendendo la **Malta per Intonaco Lavato - Calchèra San Giorgio** con una spatola quadra (spatola "Americana") nello spessore massimo di 5 mm, dovendo eseguire spessori notevoli, si dovrà applicare il materiale a più strati. La finitura va eseguita lavando con una spugna morbida la superficie prima della totale asciugatura della malta, oppure lavando con una spazzola di saggina il giorno seguente l'applicazione. Eludere alcuni precetti della Regola dell'Arte, può portare ad esiti indesiderati.

TEMPERATURA DI APPLICAZIONE

Applicare a temperature ambiente e del supporto comprese tra +5°C e + 35°C in assenza di vento.

CONSUMO

6 - 10 Kg/m²

CARATTERISTICHE TECNICHE

Forma: Polvere

Colore: Bianco naturale / Bigio Ambrato / Gialliccio

Granulometria

UNI EN 1015-1: da 0 a 3 mm

Resistenza a compressione

UNI EN 1015-11: > 2 N/mm² - Categoria CSII

Resistenza alla diffusione del vapore

UNI EN 1015-19: $\mu < 8$

PH: 13

Reazione al fuoco: Classe A1

CONFEZIONE

Sacchi da 25 Kg

STOCCAGGIO

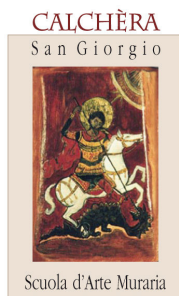
Conservare con il sacco integro in luogo fresco ed asciutto, al riparo da umidità, pioggia, gelo o elevate fonti di calore. Applicare entro 12 mesi dalla data di produzione.

AVVERTENZE

Prodotto per uso professionale.

Proteggere dalla pioggia battente per tutto il periodo di essiccazione.

Consultare la scheda di sicurezza prima dell'utilizzo.



Centro di Ricerca
e Formulazione
di materiali
per i Professionisti
del Restauro
Architettonico

SILIFARBE

Pittura minerale mono componente a base di silicato di potassio

DESCRIZIONE

Silifarbe - Calchèra San Giorgio, è una pittura mono componente a base di silicato di potassio e pigmenti speciali. Presenta elevate caratteristiche di resistenza agli alcali ed agli agenti atmosferici. L'elevata permeabilità al vapore acqueo fa sì che la traspirabilità del supporto rimanga praticamente invariata. La sua caratteristica principale è quella di legarsi chimicamente e non fisicamente al sottofondo mediante una reazione chimica denominata 'silicatizzazione'.

CAMPI DI APPLICAZIONE

Silifarbe è ideale su supporti quali intonaci a calce, cemento, calcestruzzo, fibrocemento nuovi o esenti da vecchie pitture con pellicole organiche. Può essere utilizzata sia per esterno che per interno.

Non applicare su superfici umide, con efflorescenze saline, in presenza di irraggiamento solare diretto, pioggia e/o vento.

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

Il supporto deve essere minerale, solido, asciutto ed assorbente. Asportare parti in fase di distacco e ammalorate. Eliminare alghe, funghi, muschi e vecchie pitture organiche. Nel caso di fondi pulverulenti applicare una mano di fissativo **Silifix - Calchèra San Giorgio** prima della tinteggiatura con **Silifarbe**.

APPLICAZIONE

Su intonaco nuovo o in buone condizioni, liscio e normalmente assorbente sono sufficienti due mani di applicazione diluite nel seguente modo:

Prima mano: diluire **Silifarbe** con il 40% di **Silifix**.

Seconda mano: diluire **Silifarbe** con il 20% di **Silifix**.

Applicare la pittura a pennello o rullo di lana.

TEMPERATURA DI APPLICAZIONE

Non applicare con temperature inferiori a +5° C

CONSUMO

0,3-0,6 Lt/mq a seconda del supporto

PESO SPECIFICO

1,540 – 0,050 Lt/gr

CARATTERISTICHE TECNICHE

Forma: Liquido

Colore: Bianco e colori di cartella

Coefficiente assorbimento acqueo: $W = 0,02 \text{ Kg/mq}$
h 0,5

Resistenza alla diffusione del vapore: $S_d < 0,02 \text{ (mt.)}$

PH: 9,5

Conforme alle NORME DIN 18363

Viscosità: circa 18.000/20.000 mPa*s

COV: "Valore limite UE per questo prodotto (cat.c/BA): 75 g/L (2007) – 40 g/L (2010). Questo prodotto contiene massimo 30 g/L di COV"

IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI

Nessun pericolo specifico riscontrabile nel normale utilizzo.

CONFEZIONE

Secchi da 15 Lt

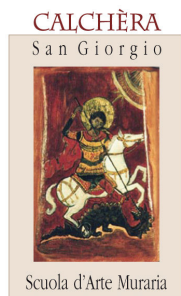
STOCCAGGIO

Conservare in luogo fresco, ben aerato e protetto dal gelo. Applicare entro 12 mesi dalla data di produzione.

AVVERTENZE

Prodotto per uso professionale.

Consultare la scheda di sicurezza prima dell'utilizzo.



Centro di Ricerca
e Formulazione
di materiali
per i Professionisti
del Restauro
Architettonico

BOIACCA INIEZIONE 100

Malta per il consolidamento strutturale delle murature

DESCRIZIONE

La **Boiaccia Iniezione 100 - Calchèra San Giorgio**, è un composto per iniezioni, preconfezionato in polvere, costituito da uno specifico legante idraulico ottenuto dalla miscelazione a freddo di calce aerea in polvere ad alto titolo di idrato di calcio $[Ca(OH)_2]$ e pozzolane naturali scelte, misto ad aggregati carbonatici micronizzati ed elementi espansivi per il controllo del ritiro plastico.

La **Boiaccia Iniezione 100** è adeguatamente fluidificata, allo scopo di essere iniettata con facilità ed efficacia senza produrre interferenze chimiche negative con il materiale da costruzione originario o con eventuali altri materiali introdotti successivamente durante le opere di restauro. Non contiene solfati, né calce libera, né alcuna forma di clinker e non altera la permeabilità al vapore delle murature.

La **Boiaccia Iniezione 100** per composizione e funzionalità, è il riproposizione delle rinascimentali malte "porcellane".

CAMPI DI APPLICAZIONE

La **Boiaccia Iniezione 100** è specifica per il consolidamento strutturale di murature di interesse storico-culturale, agisce in perfetta affinità con mattoni, pietre od opera mista.

MISCELAZIONE

Impastare ogni confezione da 15 Kg con circa 5,3-5,7 litri d'acqua pulita ovvero il 35-40% circa del peso della polvere. Miscelare con cura a bassa velocità con apposito mescolatore per circa cinque minuti sino ad ottenere un composto omogeneo e fluido. Si sconsiglia la miscelazione a mano.

APPLICAZIONE

Iniettare dal basso verso l'alto, dai lati verso il centro del paramento, per una profondità di 4/5 dello spessore del setto murario, a percolazione o con macchine a bassa pressione (1 - 1,5 atm circa), sino a rifiuto della muratura, mediante appositi boccagli, posizionati in numero medio di 4 per mq, inseriti utilizzando le cavità nei giunti e le fessure non più attive o praticando dei fori con trapani elettrici a sola rotazione, con diametro della punta pari a 20 mm e con andamento leggermente

inclinato verso il basso per favorire lo scorrimento della boiaccia.

Prima di iniettare è consigliato un preliminare lavaggio interno della muratura, da eseguirsi, dall'alto al basso, con acqua deionizzata.

TEMPERATURA DI APPLICAZIONE

Applicare a temperature ambiente e del supporto comprese tra +5°C e + 35°C.

CONSUMO

Indicativamente 60 Kg/m³

CARATTERISTICHE TECNICHE

Forma: Polvere

Colore: Bianco ambrato

Granulometria

UNI EN 1015-1: da 0 a 100 µm

Massa volumica apparente della malta essiccata

UNI EN 1015-10: 1400 Kg/m³

Resistenza a flessione

UNI EN 1015-11: > 2,20 N/mm²

Resistenza a compressione

UNI EN 1015-11: > 10 N/mm² - Classe M 10

Resistenza allo sfilamento barra d'acciaio

UNI EN 10157: forza di estrazione 3500 N

Modulo elastico statico

UNI EN 13412: 5500 N/mm²

Resistenza alla diffusione del vapore

UNI EN 1015-19: $\mu < 6$

Contenuto di calce libera a 28 giorni

(UNI EN 459-2): assente

PH: 13

Reazione al fuoco: Classe A1

CONFEZIONE

Secchi da 10 Kg - Sacchi da 15 Kg

STOCCAGGIO

Conservare in luogo fresco ed asciutto, al riparo da umidità, pioggia, gelo o elevate fonti di calore. Applicare entro 12 mesi dalla data di produzione.

AVVERTENZE

Prodotto per uso professionale.

Consultare la scheda di sicurezza prima dell'utilizzo.



Centro di Ricerca
e Formulazione
di materiali
per i Professionisti
del Restauro
Architettonico

TAMPONE ANTISALE

Impacco estrattore di sali idrosolubili

DESCRIZIONE

Il **Tampone Antisale - Calchèra San Giorgio**, è un intonaco di sacrificio in polvere, macroporoso, ad alta superficie specifica composto di argilla cruda e silicati di alluminio idrati, espansi, selezionati nella idonea granulometria, in curva continua.

CAMPI DI APPLICAZIONE

Il **Tampone Antisale - Calchèra San Giorgio** è stato appositamente formulato per l'estrazione dei sali idrosolubili da murature in pietra, mattoni, tufo o mista, interessate da umidità di risalita capillare. Per interventi di recupero su edifici storici.

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

Bagnare abbondantemente il supporto prima dell'applicazione, per mettere in soluzione i sali.

MISCELAZIONE

Impastare ogni sacco da 10 Kg con circa 6 litri d'acqua pulita ovvero il 60% circa del peso della polvere. La miscelazione va eseguita in betoniera a bicchiere o con apposita impastatrice. È sconsigliata la miscelazione a mano.

APPLICAZIONE

Applicare l'intonaco manualmente con la cazzuola oppure mediante l'utilizzo di macchina intonacatrice, in più passate consecutive fino al raggiungimento dello spessore di 5 cm circa, coprendo completamente la muratura. Si attenda la completa essiccazione del tampone e si proceda con la rimozione manualmente con spatola o raschietto (senza bagnare). Il tampone rimosso contiene i sali migrati al suo interno.

TEMPERATURA DI APPLICAZIONE

Applicare a temperature ambiente e del supporto comprese tra +5°C e + 35°C in assenza di vento.

CONSUMO

16 - 18 Kg/m² per 5 cm di spessore

CARATTERISTICHE TECNICHE

Forma: Polvere

Colore: Ambrato

Granulometria

UNI EN 1015-1: da 0 a 5 mm

Massa volumica apparente della malta essiccata

UNI EN 1015-10: 320 Kg/m³

pH: 8

Reazione al fuoco: Classe A1

CONFEZIONE

Sacchi da 10 Kg

STOCCAGGIO

Conservare con il sacco integro in luogo fresco ed asciutto, al riparo da umidità, pioggia, gelo o elevate fonti di calore. Applicare entro 12 mesi dalla data di produzione.

AVVERTENZE

Prodotto per uso professionale.

Consultare la scheda di sicurezza prima dell'utilizzo.

CALCHÈRA

S a n G i o r g i o



Scuola d'Arte Muraria