



Università
degli Studi
di Ferrara

DA Dipartimento
Architettura
Ferrara

LABORA
Laboratorio di Restauro Architettonico
Arch. Manlio Montuori

fatto bene! 2024
progettazione, gestione e manutenzione
mercoledì | ore 14:00 - 17:00 | streaming sincrono



MURATURE ed UMIDITÀ di RISALITA CAPILLARE: dalla DIAGNOSI agli INTERVENTI

02.10.2024

Arch. Manlio Montuori



Agenda

- UMIDITÀ NELLE MURATURE
- UMIDITÀ DA RISALITA CAPILLARE
- L'AZIONE DETERIOGENA DELL'UMIDITÀ ASCENDENTE
- MANIFESTAZIONE DI DEGRADO
- CARATTERIZZAZIONE DEL CONTENUTO UMIDO
- INTERVENTI DI RISANAMENTO
- SISTEMI ELETTROFISICI E FATTORI DI DISTURBO
- TECNOLOGIA A NEUTRALIZZAZIONE DI CARICA
- PROTOCOLLO OPERATIVO
- CASI STUDIO e Protocollo CNT-APPs
- APPROCCIO INNOVATIVO SECONDO L'IoT

Umidità nelle murature

Tutti i materiali, naturali o artificiali, col tempo subiscono un inevitabile deterioramento dovuto all'esposizione agli agenti atmosferici o all'uso.

La principale causa del degrado dei materiali dell'edilizia storica è senza dubbio l'acqua che, direttamente o indirettamente e sotto diverse forme (liquida, solida e gassosa) entra in contatto con le strutture ed i materiali da costruzione e ne determina un più o meno rapido deterioramento.

Umidità nelle murature

Le circostanze che possono provocare l'ingresso e la diffusione dell'acqua nelle murature sono numerose, di conseguenza una manifestazione umida può a volte essere originata da più fenomeni.

Non esiste una relazione univoca causa-effetto: ad una stessa causa possono corrispondere manifestazioni diverse, così come una stessa manifestazione può derivare da cause diverse.

Il più delle volte si assiste ad una sovrapposizione di cause e di effetti.

DEGRADO DA UMIDITÀ:

Presenza di acqua all'interno (*umidità interna*) o in superficie (*umidità superficiale*) delle murature

FATTORI CARATTERISTICI

- Presenza di acqua
- Porosità delle strutture
- Condizioni termo-igrometriche/ambientali

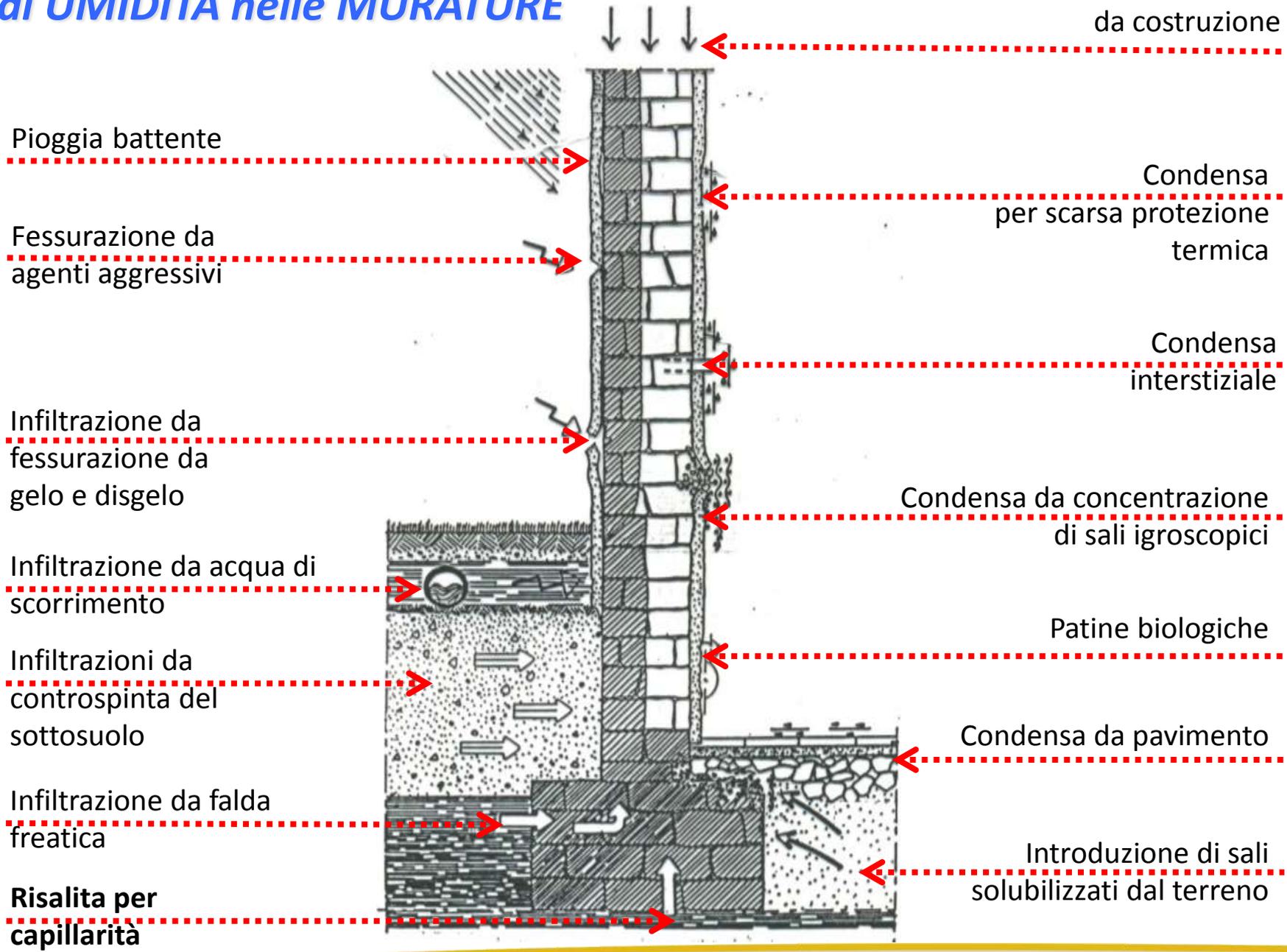
GLI EFFETTI

- Assottigliamento termico
- Diminuzione caratteristiche di resistenza
- Disgregazione materiale
- Cicli gelo-disgelo

PROTOCOLLO d'INTERVENTO



Tipi di UMIDITÀ nelle MURATURE



UMIDITÀ DA COSTRUZIONE

La causa principale è la presenza di acqua non ancora evaporata nella fase di preparazione ad umido di materiali edili, quali malte di allettamento, intonaci o anche da acqua piovana lungamente assorbita durante i lavori.

In costruzioni con murature di notevole spessore, l'umidità di costruzione può permanere per diversi anni dopo il termine dell'opera.

Il tempo necessario ad un particolare tipo di muratura per evaporare parte di questa umidità è funzione dello specifico **coefficiente di prosciugamento**, indice caratteristico e proprio di ogni materiale.

$$t = p \times s^2$$

UMIDITÀ DA COSTRUZIONE

Valori di alcuni coefficienti di prosciugamento relativi ai principali materiali da costruzione. I valori sono medi e di carattere indicativo

toni cotti (mediamente)	0.28
ra calcarea (mediamente)	1.2
ta di calce aerea	0.25
estruzzo di pomice	1.4
estruzzo cellulare (mediamente)	1.2
estruzzo strutturale (kg/200m ³)	1.6

UMIDITÀ DA CONDENSAZIONE

La condensazione dell'acqua contenuta nell'aria è dovuta esclusivamente al raffreddamento dell'aria stessa ed è, dunque, legata a contingenze meteorologiche momentanee o stagionali.

L'umidità da condensazione stagionale si presenta in due forme: quella **invernale** e quella **estiva**.

Nel primo caso le pareti esterne della struttura risultano poco isolate termicamente, per cui l'umidità contenuta nell'aria, riscaldata artificialmente, condensa una volta a contatto con una parete fredda.

Nel secondo caso, la condensa estiva, si verifica solamente negli ambienti a contatto con il terreno, soprattutto quelli sotterranei.

UMIDITÀ DA RISALITA CAPILLARE O ASCENDENTE

L'umidità ascendente interessa quasi tutti il patrimonio storico costruito e, in caso di sistemi non adeguati di impermeabilizzazione, anche quelli di più recente costruzione.

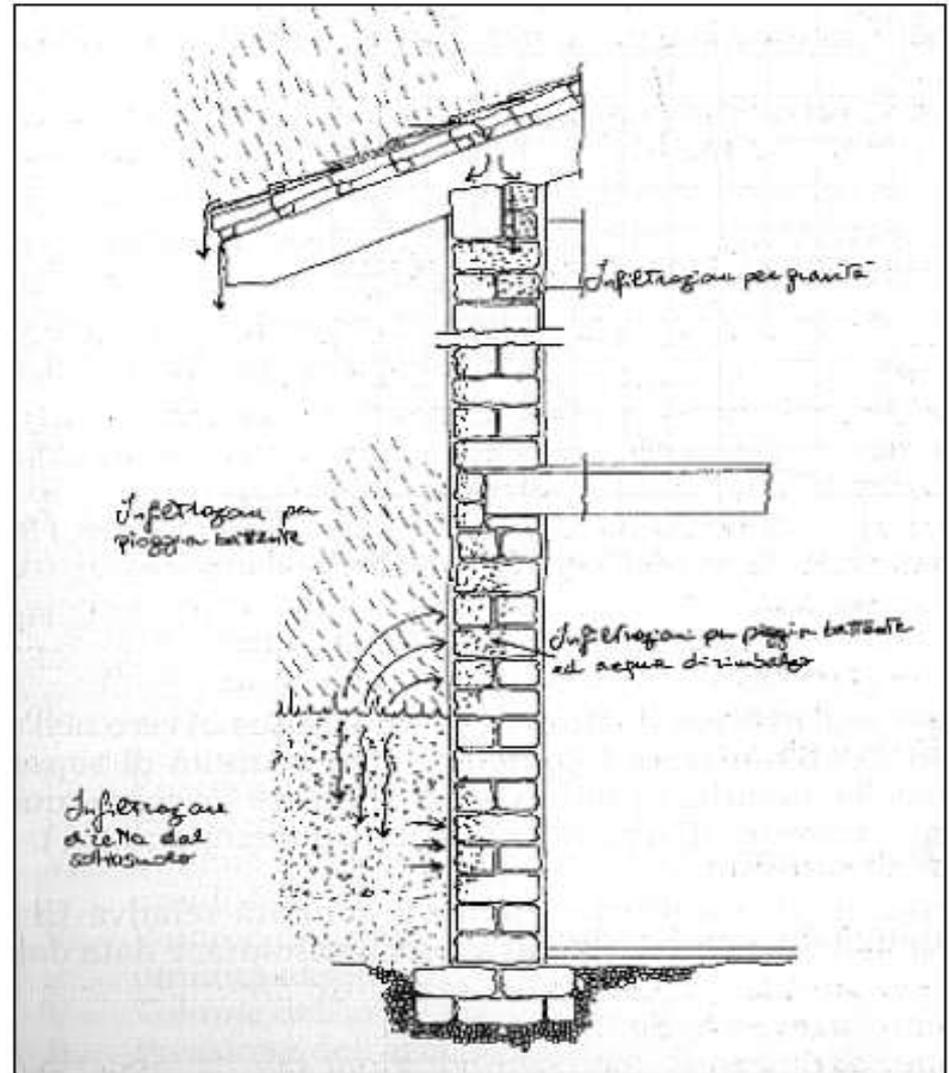
La manifestazione è causata dall'acqua che risale la sezione muraria per capillarità proveniente da fonti:

- inesauribili (ad esempio, acque di falde freatiche)
- ristagni di acqua piovana o da perdite di reti idriche (acque disperse di scorrimento)

UMIDITÀ METEORICA o da INFILTRAZIONE

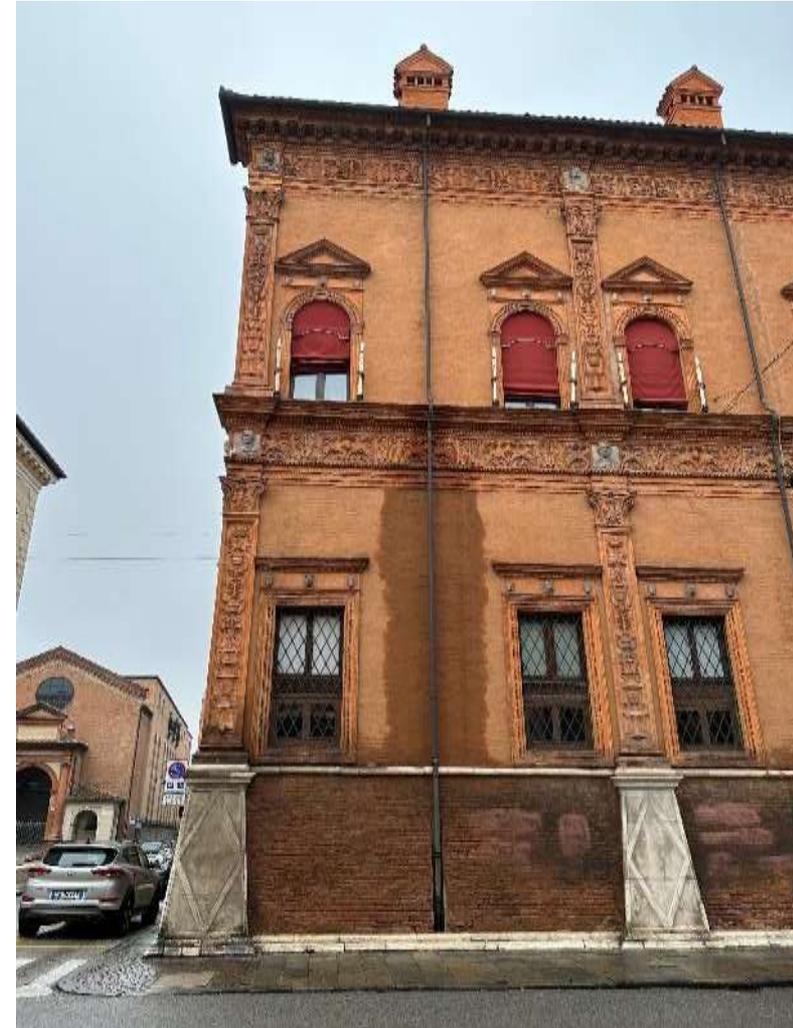
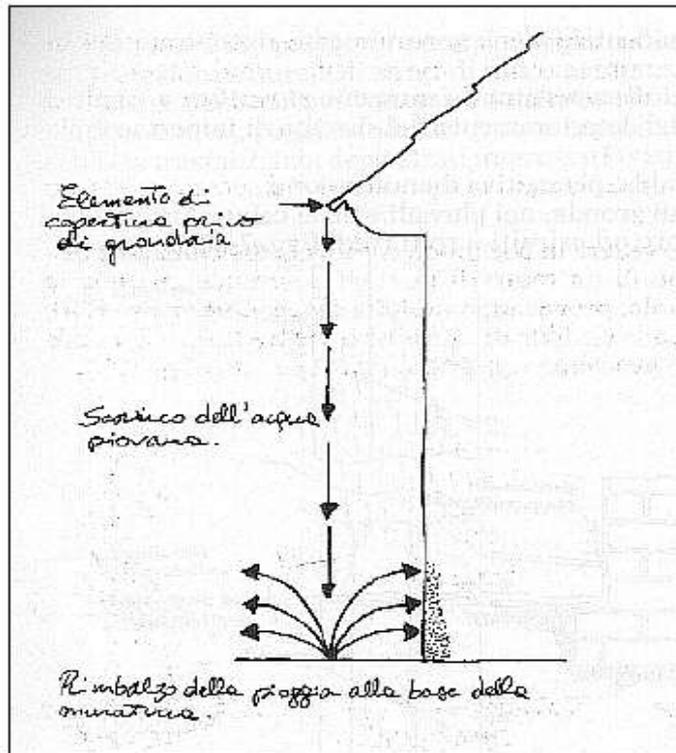
È l'umidità presente sulle superfici esterne delle murature direttamente conseguente al fenomeno delle precipitazioni atmosferiche.

L'acqua piovana penetra nelle murature direttamente o indirettamente, come ad esempio, l'infiltrazione provenienti da terreno bagnato dalla pioggia.



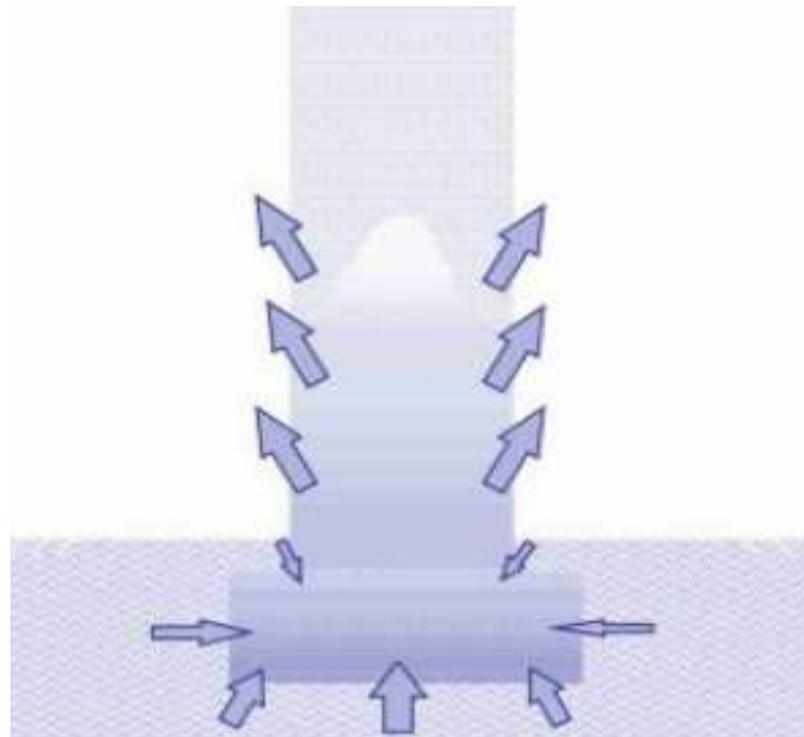
UMIDITÀ ACCIDENTALE

È causata da perdite d'acqua dipendenti da difetti costruttivi e di funzionamento di un impianto, da danni apportati alla costruzione per cause diverse e da mancanza di manutenzione.



UMIDITÀ DA RISALITA CAPILLARE O ASCENDENTE

L'ingresso e la diffusione di questo tipo di umidità è dovuto essenzialmente al fenomeno chimico-fisico della capillarità, cioè quel fenomeno che porta l'acqua a risalire per le murature in opposizione della legge di gravità



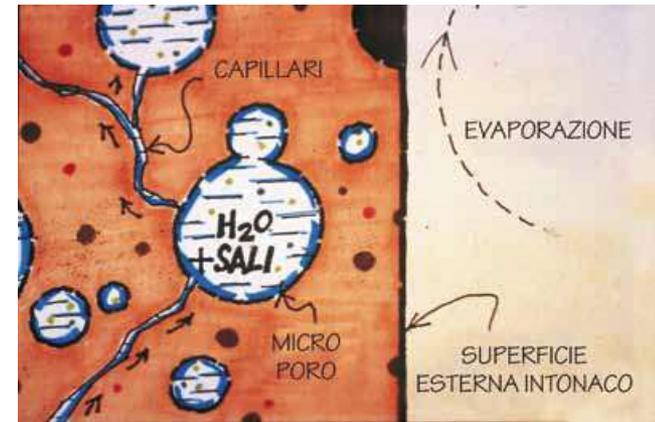
Il contenuto di acqua all'interno di un materiale poroso dipende dal volume degli spazi vuoti all'interno del materiale stesso (**POROSITÀ**), ma il movimento dell'acqua liquida al suo interno dipende soprattutto dalla **STRUTTURA CAPILLARE**, in particolare dalla distribuzione delle dimensioni dei pori.

La maggior parte dei materiali da costruzione presenti nelle murature sono costituiti da carbonati, silicati, alluminati e ossidi. Queste sostanze contengono atomi di ossigeno dotati di carica negativa oppure gruppi ossidrilici polari.

Lungo le pareti del poro formano legami, **PONTI IDROGENO**, con le molecole di acqua.

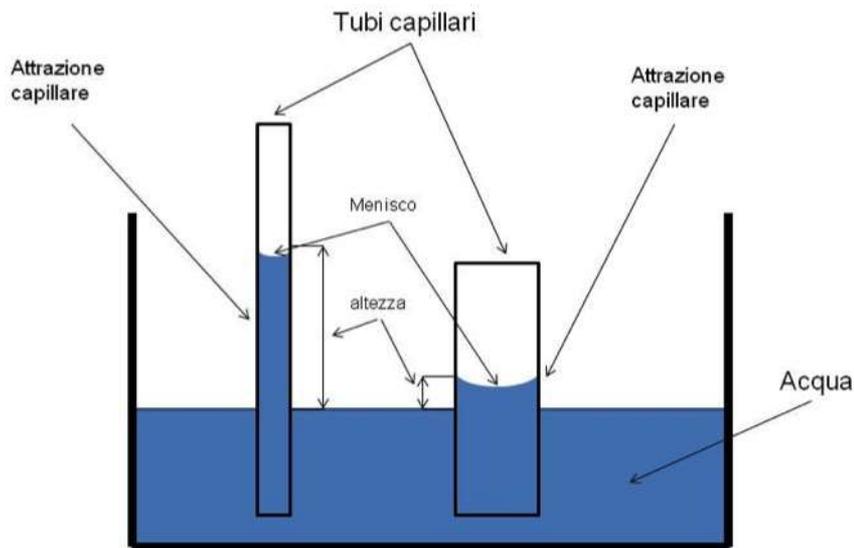
L'AZIONE DETERIOGENA dell'UMIDITÀ ASCENDENTE

1. La caratteristica porosa della pietra consente all'acqua di penetrare dalle pareti laterali e di base (imbibizione) per semplice contatto e per effetto dell'attrazione molecolare;
2. L'acqua ricca di sali, accolta nella struttura porosa, inizia l'ascesa all'interno del sistema capillare fino ad arrivare ad una altezza massima;
3. Raggiunta l'altezza massima l'acqua, migra verso la parete esterna, deposita i sali all'interno delle struttura porosa ed evapora attraverso la superficie esterna;
4. Saturati i pori interni i sali si depositano sulla superficie esterna dell'intonaco danno luogo alle efflorescenze; quelli depositati all'interno del sistema poroso aumentano di volume ed innescano uno stato di tensione interna che tende ad espellere l'intonaco.



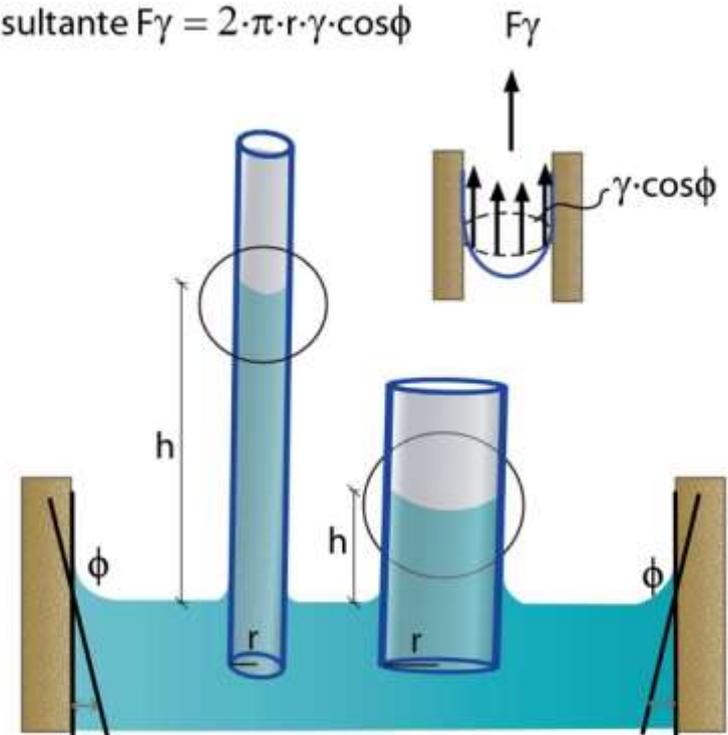
Il fenomeno dell'innalzamento h di una colonna di fluido (nel nostro caso acqua) all'interno di un tubo capillare di piccole dimensioni (raggio r) è dato dalla "Legge di Jurin"

$$h = \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos \phi}{\rho \cdot g \cdot r}$$



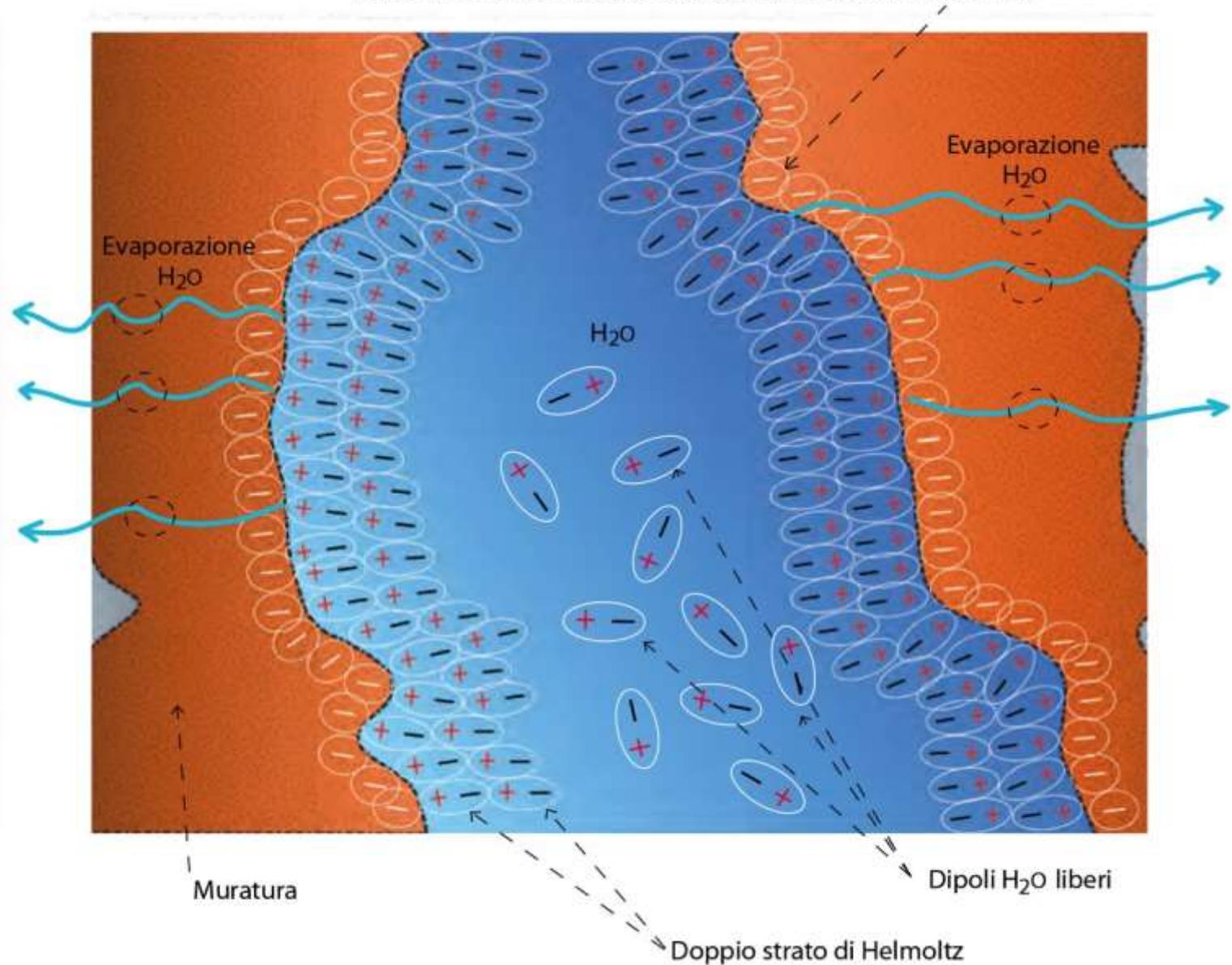
γ = Tensione superficiale [N/m]

Risultante $F\gamma = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \gamma \cdot \cos \phi$



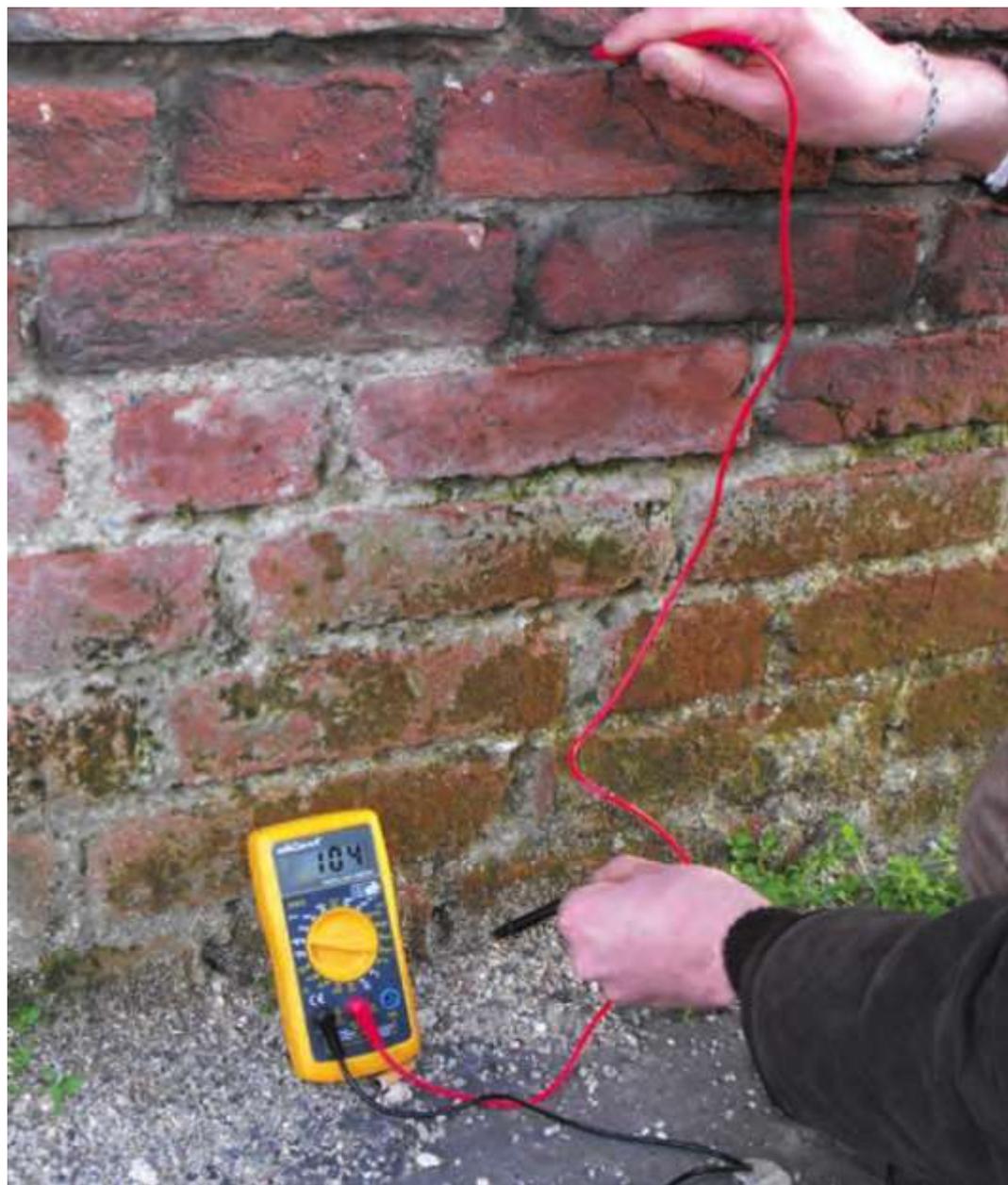
Spostamento del menisco all'interno del capillare per effetto della tensione superficiale

Parete interna del capillare con cariche negative in superficie



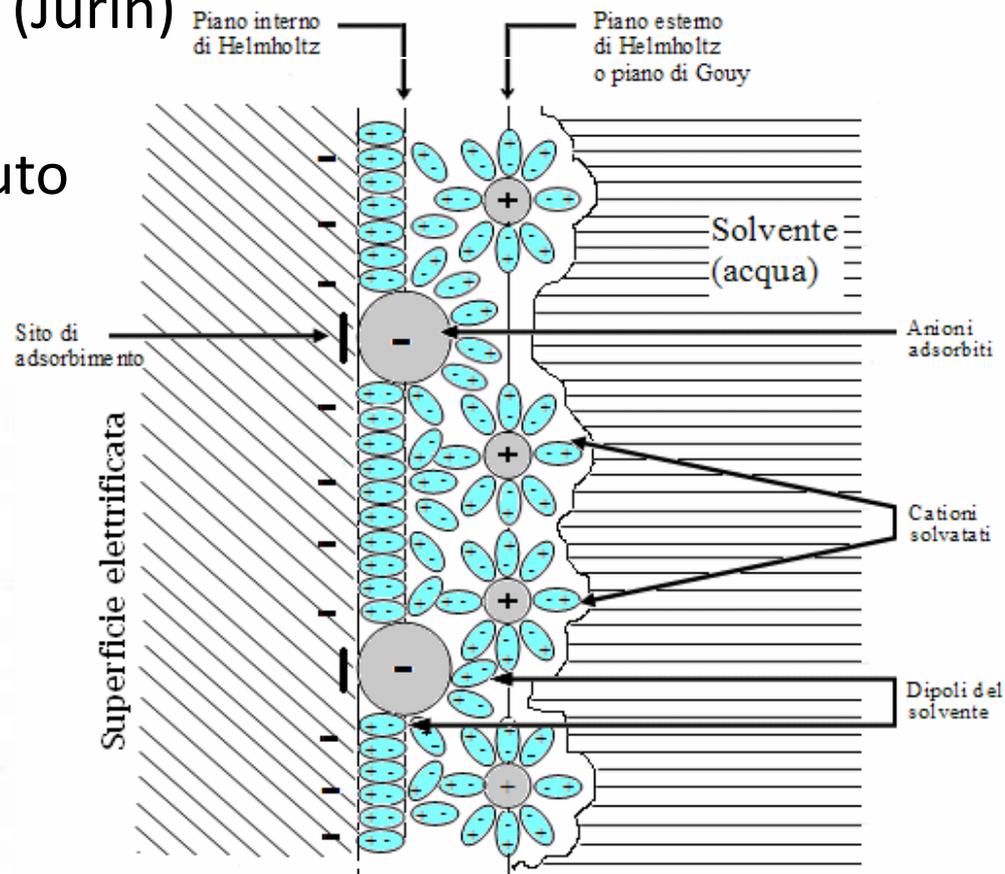
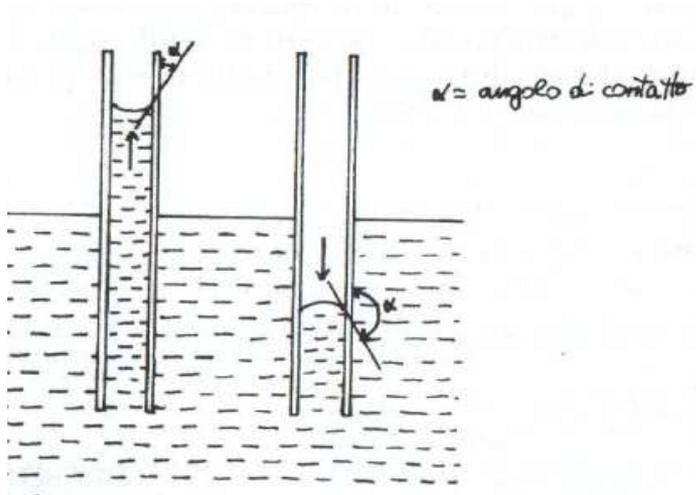
Rappresentazione schematica del "doppio strato di Helmholtz"

Quando esiste un flusso di risalita capillare alimentato da una evaporazione in atto dalla parete di un muro, questo movimentato lo strato di Helmholtz e, di conseguenza, genera un debole potenziale elettrico differenziale (inferiore ad 1 V) misurabile tra la terra ed il muro.



Tutto ciò dimostra che il fenomeno “umidità capillare” nelle murature è governato dalla:

- tensione superficiale dell’acqua agente al contatto con le pareti interne dei capillari (Jurin)
- soprattutto dal potenziale elettrico differenziale dovuto al doppio strato di dipoli d’acqua (Helmholtz).



PROTOCOLLO DI INTERVENTO

I FASE – INFORMAZIONI GENERALI E APPROCCIO VISIVO

Raccolta di informazioni di carattere generale sull'edificio in esame: localizzazione, contesto ambientale ed urbanistico, epoca storica, destinazione d'uso, presenza di acqua nello spazio circostante.

Esame visivo del fenomeno e del suo contesto:

- caratteristiche del luogo e del suolo,
- tipologie edilizie, materiali da costruzione
- eventuali interventi di risanamento e risultati conseguiti
- caratteristica degli edifici circostanti e consistenza di eventuali manifestazioni di umidità in essi rilevati.

II FASE – INDAGINI E CARATTERIZZAZIONE IGROMETRICA

INVASIVE

- Prelievi
- Saggi Locali



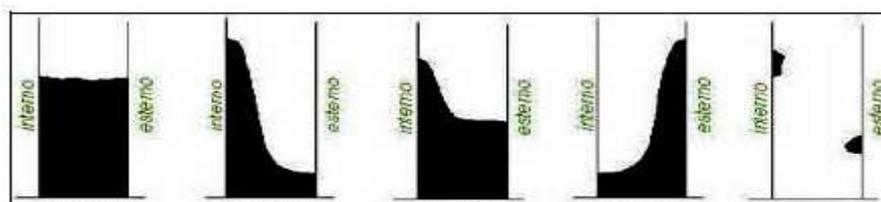
NON INVASIVE

- Termografia
- Misura della resistenza elettrica
- Misura diretta con igrometro



igrometro

III FASE – DETERMINAZIONE DELLE PATOLOGIE



Tipo di umidità

Umidità
ascendente

Umidità
da condensazione

Umidità
ascendente
più umidità da
condensazione

Umidità
da pioggia
battente

Umidità
da materiali
isolati

Concentrazione Contenuto umido

IV FASE – INTERVENTI

MANIFESTAZIONI di DEGRADO

Indipendentemente dalle cause che originano il fenomeno della presenza di umidità, sono quasi sempre riscontrabili i seguenti effetti:



1. Erosione, polverizzazione ed efflorescenze saline
2. Rigonfiamenti e distacchi degli intonaci dal supporto murario
3. Patine biologiche
4. Riduzione potere isolante delle murature
5. Insalubrità degli ambienti



CARATTERIZZAZIONE del CONTENUTO UMIDO delle MURATURE

UNI 11085:2003 – Materiali lapidei naturali ed artificiali. Determinazione del contenuto d'acqua: metodo ponderale

GRIGLIA DEI PRELIEVI

h = 120 cm						h = 120 cm
h = 90 cm		5.10	7.30			h = 90 cm
			3^1_2	3^2_2		
h = 60 cm	10.10	10.20	12.80	15.30	12.10	10.60
	2^1_1	2^2_1	2^1_2	2^2_2	2^1_3	2^2_3
h = 30 cm	28.20	33.80	34.40	33.70	14.20	23.10
	1^1_1	1^2_1	1^1_2	1^2_2	1^1_3	1^2_3
	25 cm	25 cm	25 cm		25 cm	

- I provini devono essere di identiche dimensioni, omogenei e comparabili
- I prelievi vanno eseguiti con carotatrice a basso numero di giri (minore di 250 giri/min) in modo da non alterare il contenuto di acqua dei campioni
- I campioni devono essere immediatamente posti in contenitori a tenuta per evitare contaminazioni

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI UMIDITÀ

$$Ca = [(M_u - M_s) / M_s] \times 100$$

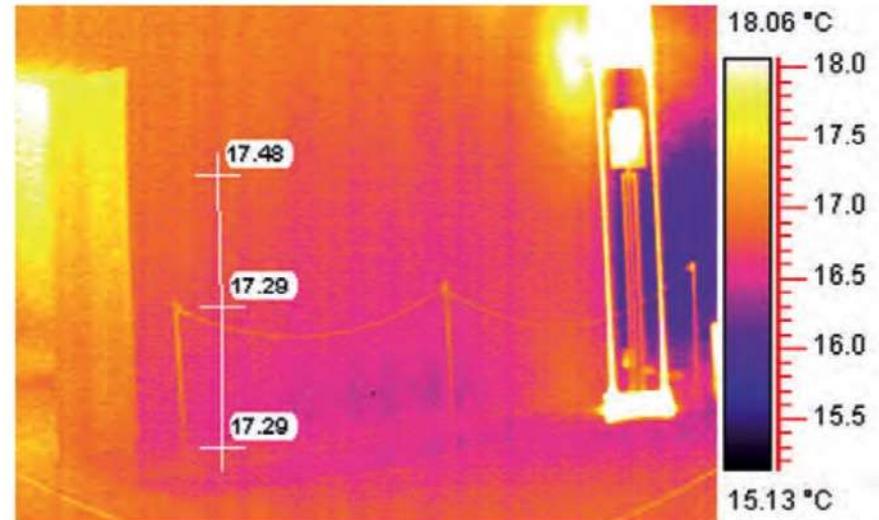
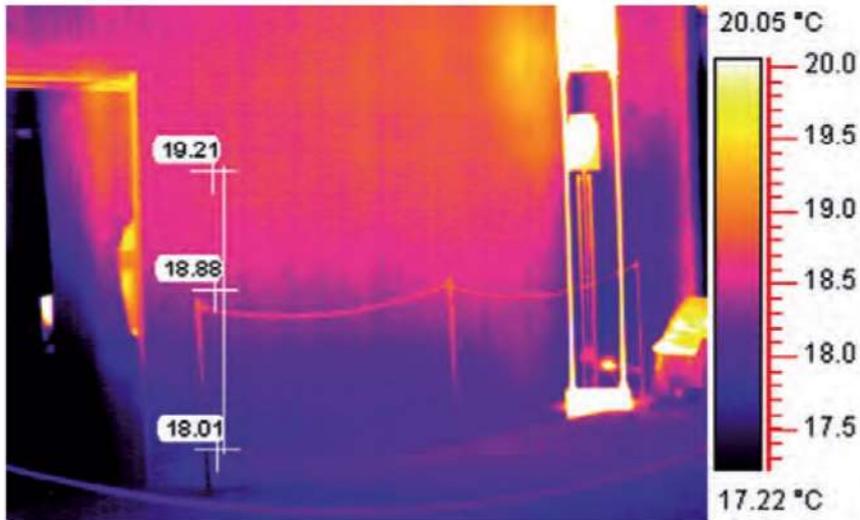
Caf = Contenuto fisiologico (1 % – 6%)

Cella Climatica

Bilancia Termica



SUPPORTO CAMPAGNA TERMOGRAFICA



Gli interventi di risanamento per fenomeni di umidità ascendente

- ***Interventi Meccanici:***

- Metodo Koch (Riduzione della sezione assorbente);
 - Metodo dello “scuci e cuci”;
 - Taglio meccanico.

- ***Interventi Chimici:***

- Taglio chimico a pressione o a lenta infusione.

- ***Interventi Elettrici:***

- Elettro osmosi attiva e passiva;
 - Elettro osmosi-foresi.

- ***Interventi Evaporativi:***

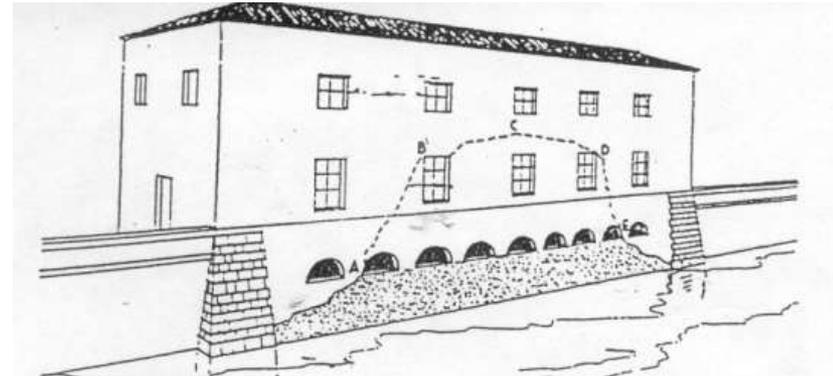
- Posizionamento di sifoni e dreni
 - Intonaci da risanamento

GLI INTERVENTI MECCANICI

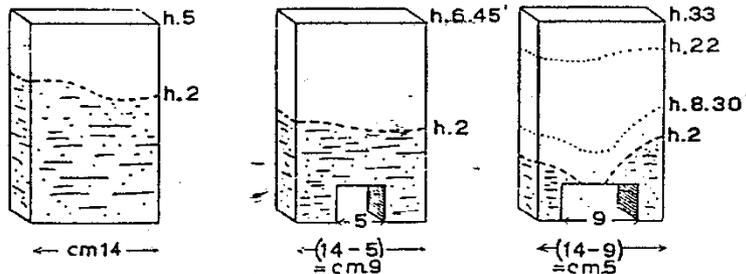
Si definiscono interventi meccanici tutte le procedure che prevedono una fase distruttiva della muratura

METODO KOCH (Riduzione della sezione assorbente)

L'osservazione che la velocità di assorbimento è direttamente proporzionale alla superficie di contatto muratura – falda, ha indotto i tecnici a sostituire le murature continue con strutture ad arco scavate in breccia al disotto delle zone da risanare in questo modo la risalita dell'umidità è ridotta alla sezione di imposta degli archi.



Intervento di riduzione delle sezioni porose in fondazione



Campione	Sezione Assorbente	Altezza raggiunta dall'acqua dopo 2 ore	Tempo occorso per imbibizione completa	Velocità comparativa di risalita dell'acqua
Testimone	Intera	18 cm	5 ore	1
2ª sez. ridotta	0.74	14 cm	6.45 ore	0.75
3ª sez. ridotta	0.36	8 cm	33 ore	0.15

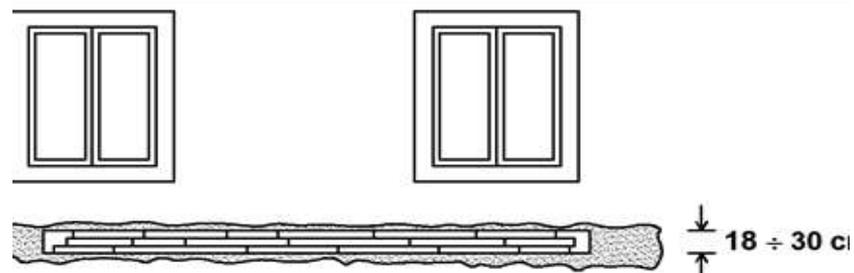
Il parametro variabile non riguarda il contenuto d'acqua finale nella muratura, ma esclusivamente la velocità di assorbimento .

I campioni testati hanno raggiunto la saturazione in tempi differenti, evidenziando l'inefficacia di un simile dispendio di risorse.

METODO «SCUCI e CUCI»

Consiste nello scavare nel muro umido una traccia variabile dai 18 ai 30 cm per l'intero spessore del muro che consenta di sostituire i materiali porosi con altri anticapillari (ad es. pietra o lamina di piombo da 1,5 – 2 mm) per l'intero perimetro dell'edificio.

L'intervento è completato con la posa in opera di un foglio impermeabile sottoposto, in modo tale che nel complesso si costituisce una barriera insuperabile per l'acqua.



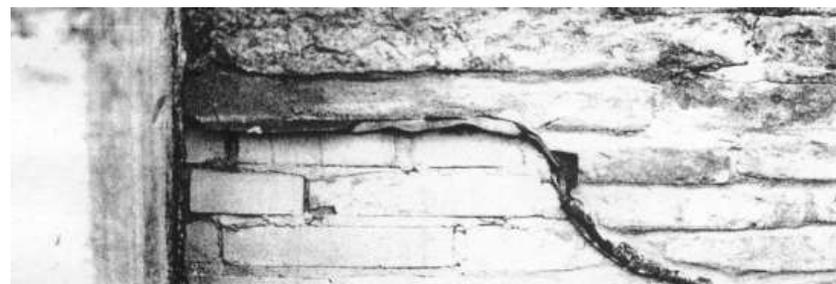
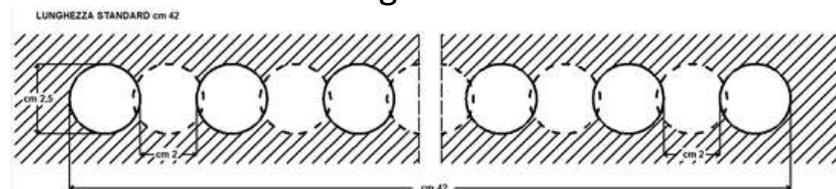
Inserimento di uno strato di materiale non poroso a tutto spessore

TAGLIO MECCANICO DELLA MURATURA

La metodologia di intervento originaria, detta Massari, prevede l'utilizzo di una carotatrice per realizzare, con due serie sovrapposte di fori accostati, una fessura orizzontale regolare anche su murature eterogenee.

I materiali che vengono inseriti come sbarramento sono di diversa natura: lastre di piombo, di acciaio piano od ondulate, lamine in pvc o vetroresina, resine poliesteri, malte cementizie.

L'operazione è comunque dispendiosa, faticosa e praticabile solo su materiali particolarmente teneri.











02.10.2024

Arch. Manlio Montuori

LABORA

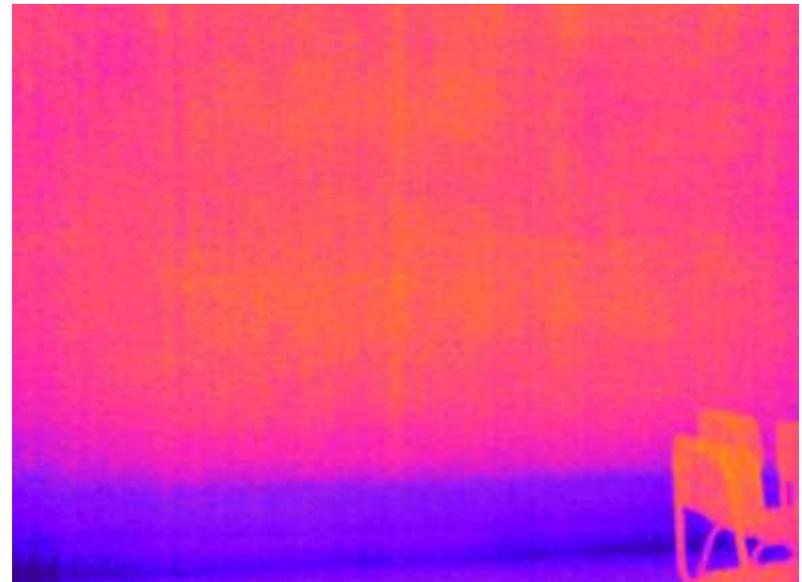
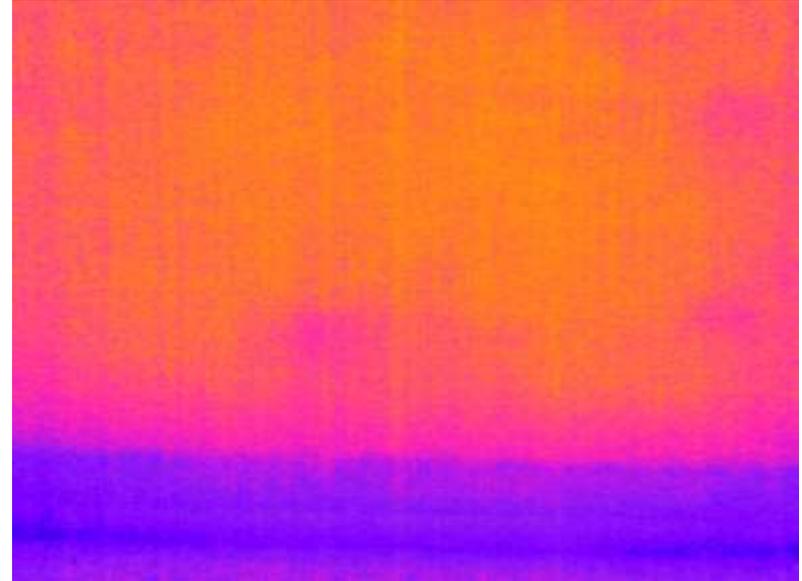


02.10.2024

Arch. Manlio Montuori

LABORA

Padova, Chiesa della Madonna del Carmine.
'Scoletta' o Cappella della Confraternita di Santa Maria del monte Carmelo.



GLI INTERVENTI CHIMICI

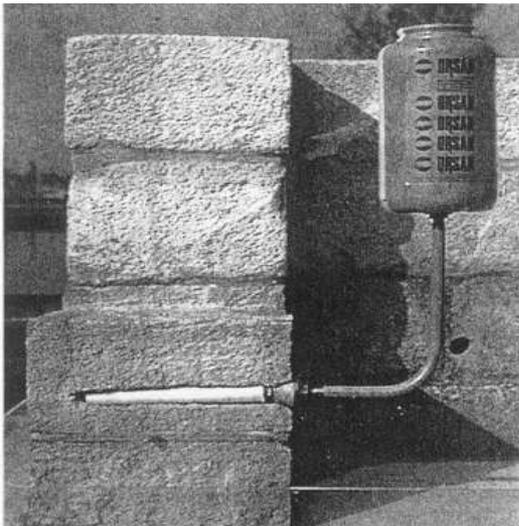
Il metodo chimico consiste nell'immissione all'interno delle murature di sostanze chimiche in forma fluida che costituiscono una barriera orizzontale al flusso migratorio dell'acqua.

Si possono individuare due classi di prodotti:

- **Consolidanti:** penetrano nella struttura muraria occludendone i pori
- **Idrofobizzanti:** si dispongono sulla superficie dei pori riducendo il valore della tensione superficiale

La tecnologia di posa in opera individua ancora due classi in funzione delle caratteristiche viscose del materiale:

LENTA INFUSIONE



INIEZIONE A BASSA PRESSIONE



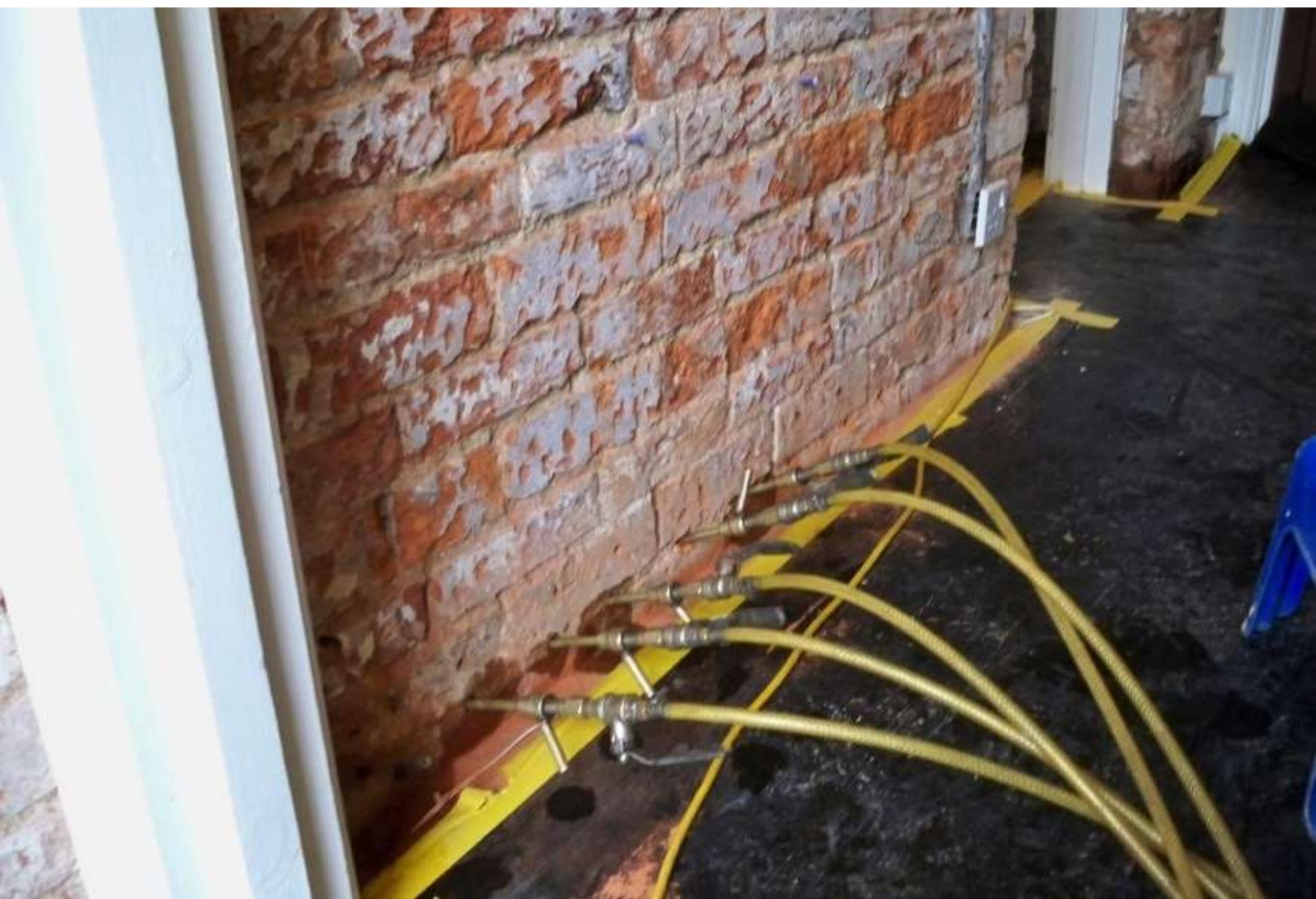


02.10.2024

Arch. Manlio Montuori

LABORA







02.10.2024

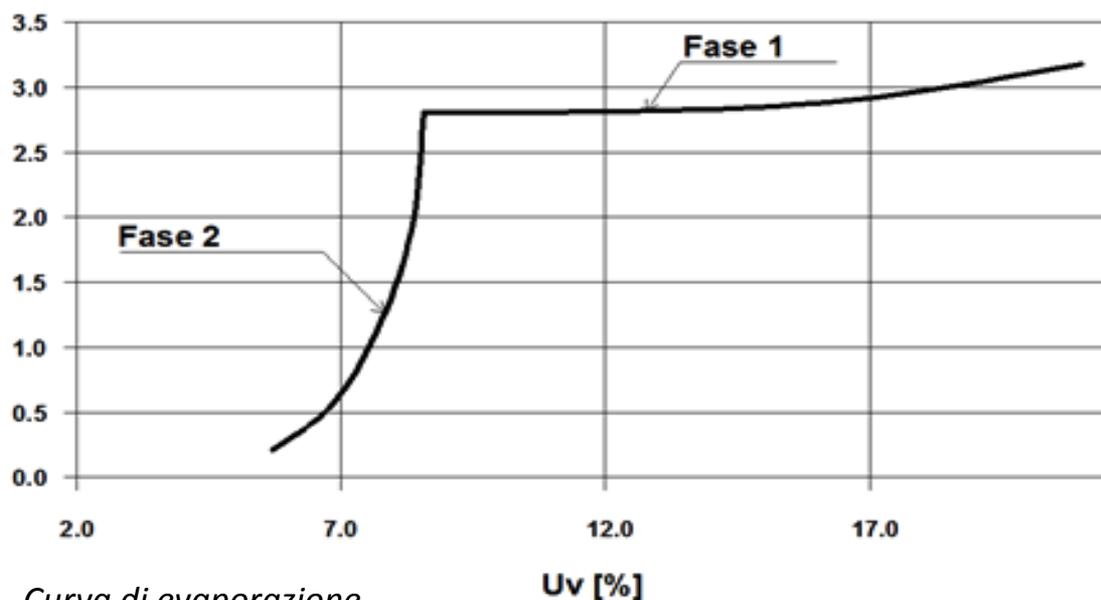
Arch. Manlio Montuori

LABORA

GLI INTERVENTI EVAPORATIVI

Gli interventi si basano sulla deumidificazione delle strutture murarie per effetto dell'incremento delle superfici evaporative.

Il fenomeno dell'evaporazione si realizza in due fasi successive: nella prima si osserva una diminuzione del contenuto di umidità interno alle pareti ed il trasporto in superficie dei sali disciolti nell'acqua; nella seconda fase si effettua l'effettiva asciugatura mediante l'evaporazione attraverso le pareti.



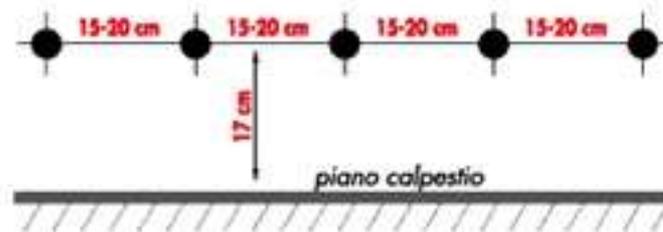
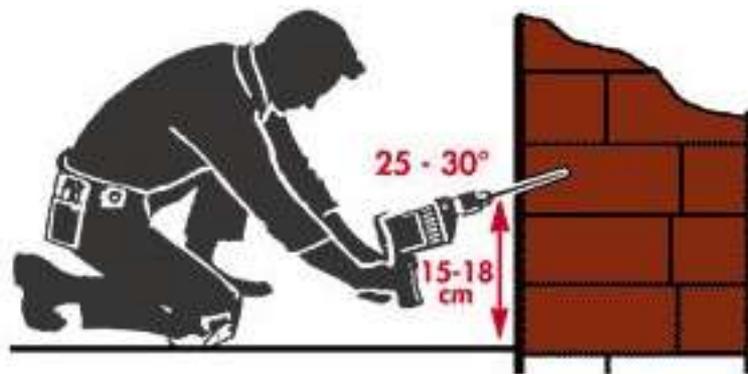
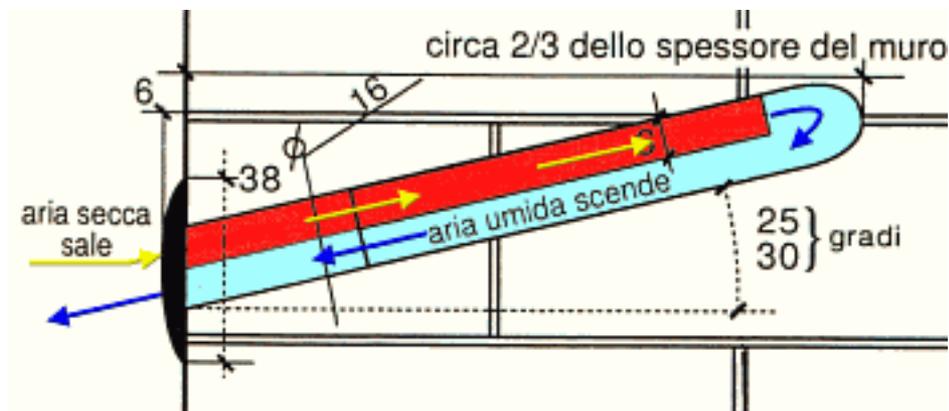
Curva di evaporazione

L'aumento della capacità evaporativa interna alla parete si ottiene mediante l'apposizione di sifoni o dreni atmosferici, mentre la capacità evaporativa superficiale viene aumentata mediante l'utilizzo di intonaci da risanamento.

I SIFONI

Il sistema è basato sull'applicazione di tubicini in materiale poroso, inclinati verso il basso di circa 20°, attraverso i quali l'acqua presente nella muratura dovrebbe fuoriuscire, attivando una circolazione naturale tra l'aria umida interna e quella asciutta esterna.

In realtà l'aria umida interna uscirà dal sifone solo se a temperatura minore di quella esterna, per cui il sifone dovrebbe essere rivolto verso l'alto.



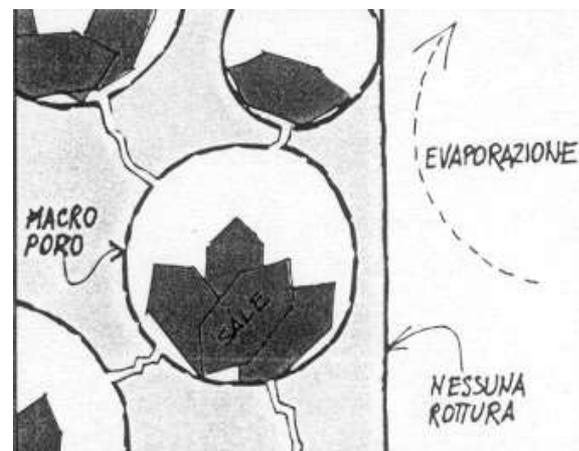
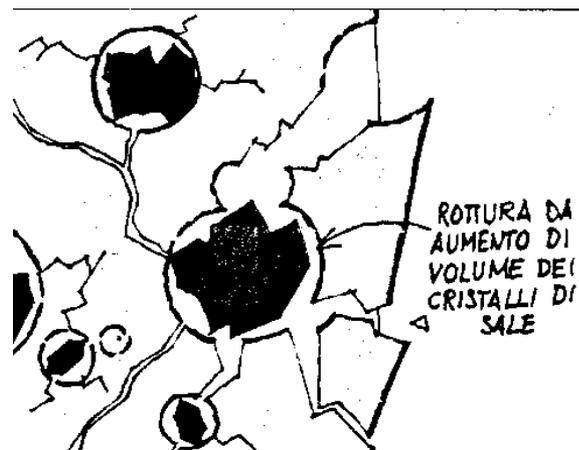




INTONACI DA RISANAMENTO

Il funzionamento degli intonaci da risanamento è basato:

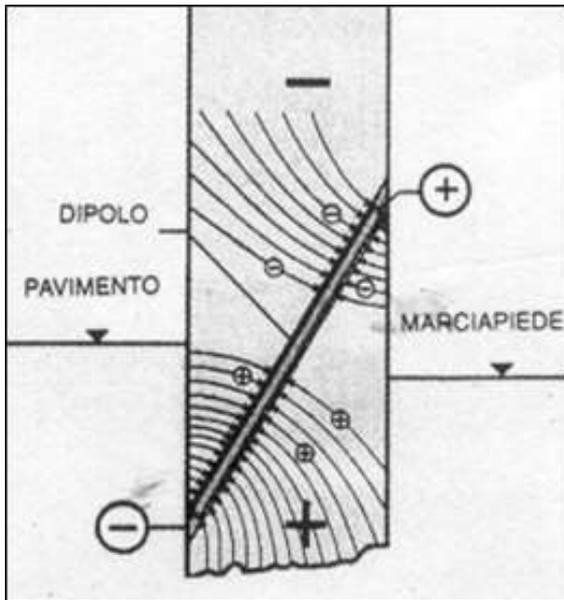
- **sull'aumento della superficie evaporante** dovuta ai macropori contenuti nella matrice ed alla loro maggiore capacità volumetrica che consente all'intonaco di contenere un maggior quantitativo di sali depositati, ritardando l'attivazione delle tensioni interne e contenendone le deformazioni;
- **sull'azione idrofobica sui capillari interni** che, incidendo sul valore della tensione superficiale, riduce la capacità della muratura di innescare la risalita capillare; sull'approfondimento della superficie evaporante che consente una maggiore durabilità e conservazione dei paramenti esterni.



GLI INTERVENTI ELETTRICI

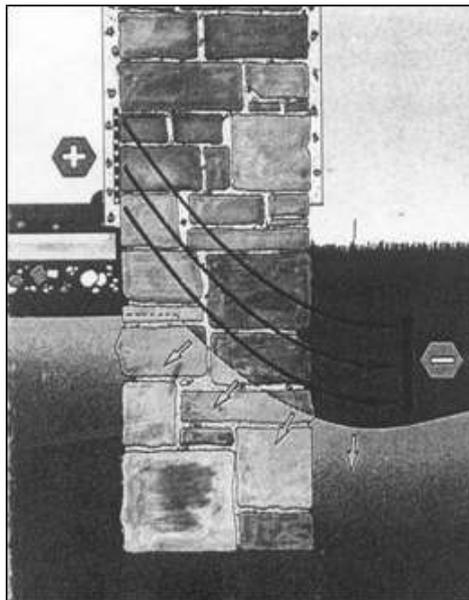
I metodi denominati “elettrici” si basano sul principio dell’elettro osmosi, secondo il quale si afferma che il movimento di un fluido conduttore (l’acqua) si muove in un mezzo poroso, sotto l’azione di un campo elettrico, dal polo positivo (anodo) verso quello negativo (catodo).

Elettro-osmosi passiva

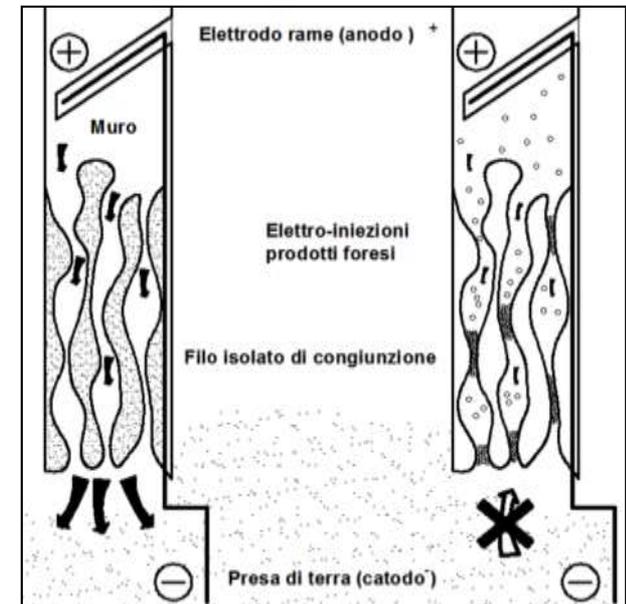


Consiste nel collegare la parete con il terreno in modo da annullare la differenza di potenziale tra gli elementi in questione e quindi il campo elettrico

Elettro-osmosi attiva

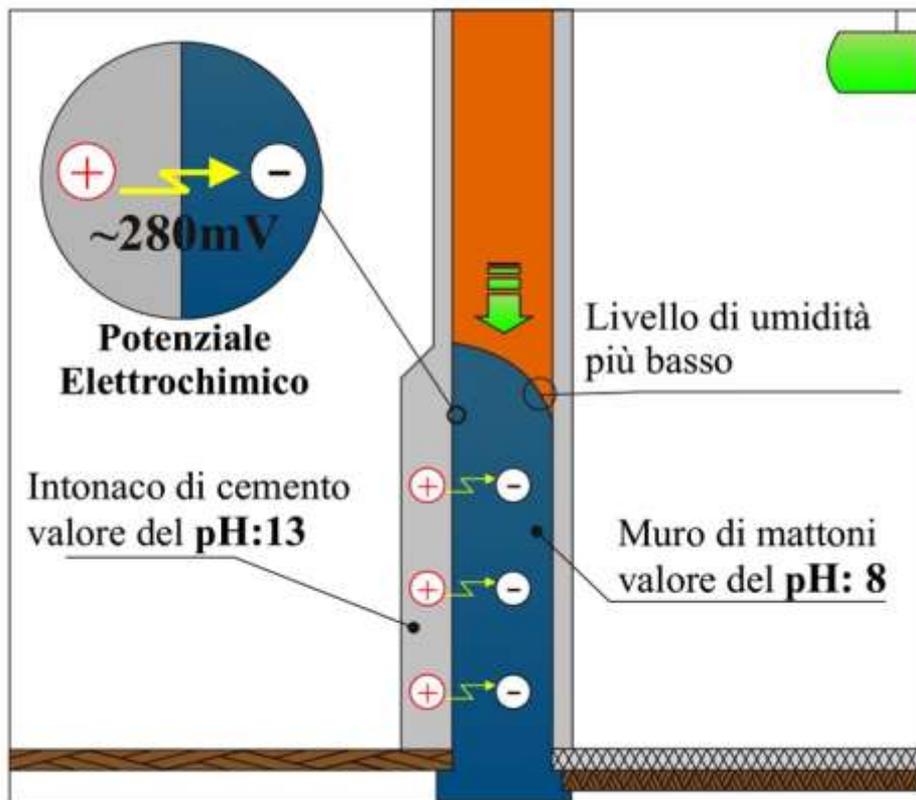


Ricorre ad un campo elettrico artificiale mediante due elettrodi a potenziale differente collegati da una centralina

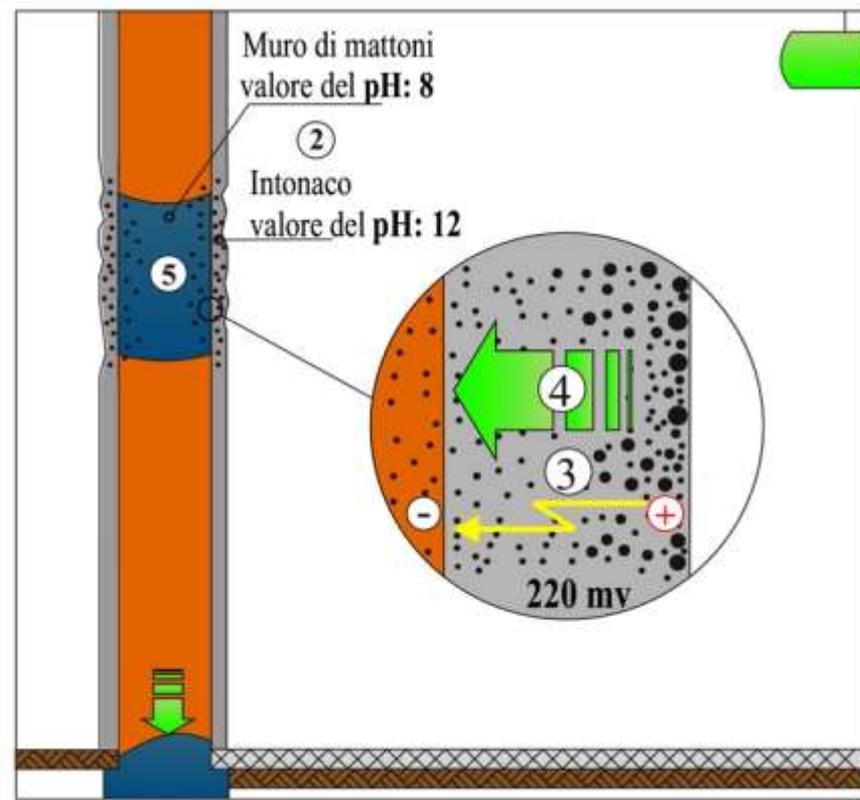


Con l’elettroforesi le particelle in sospensione in un liquido, si muovono sotto l’effetto di un campo elettrico dal polo positivo a quello negativo.

FATTORI DI DISTURBO di tipo CHIMICO

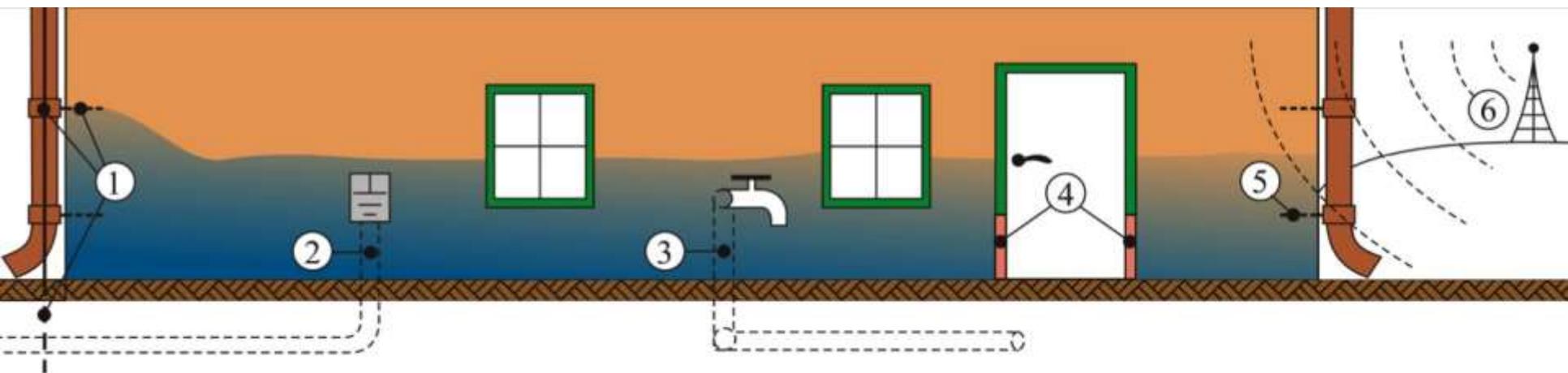


Differenza tra il pH del muro e intonaco



Concentrazione di sali

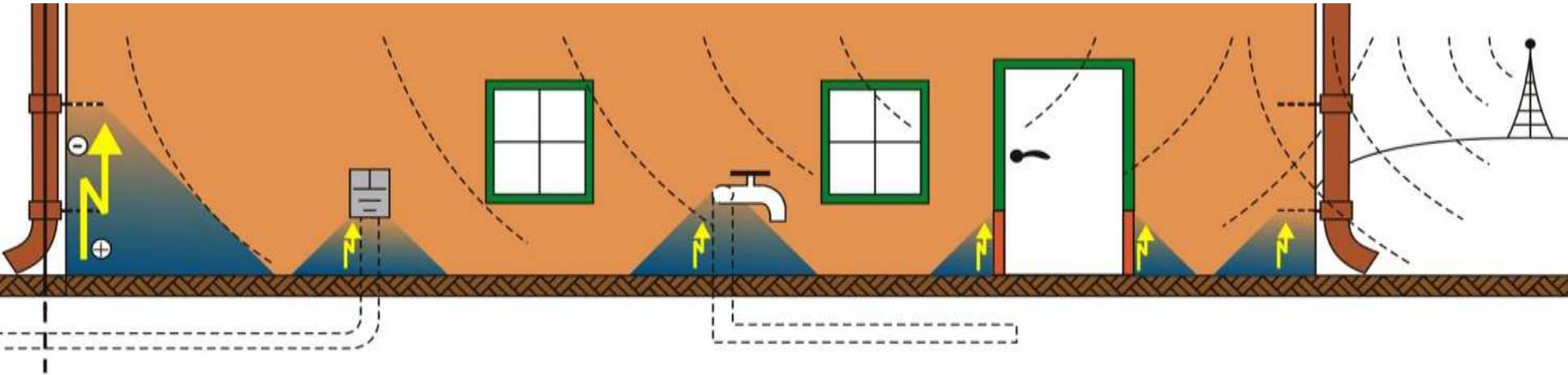
FATTORI DI DISTURBO di tipo FISICO



Le seguenti componenti edili a contatto con il terreno possono provocare un effetto capillare e quindi mantenere l'umidità:

1. gronde/parafulmini;
2. cavi metallici per la messa a terra non isolati;
3. condutture idriche interraste;
4. telai e controtelai metallici di infissi ossidati;
5. Pluviali
6. componenti metalliche fissate nel muro che trasmettono elettrosmog.

FATTORI DI DISTURBO di tipo FISICO

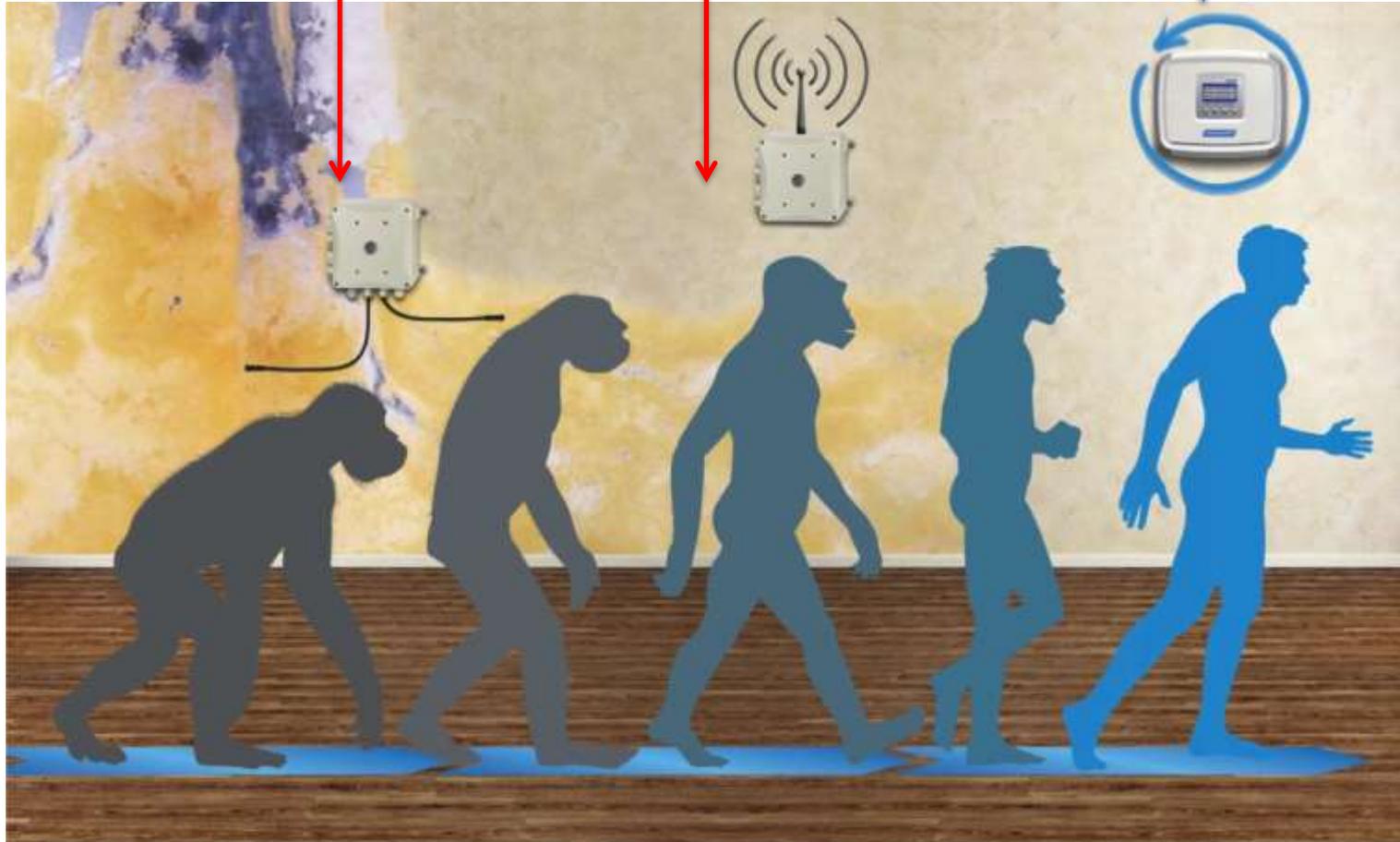


Dopo il processo di asciugamento, restano dei CONI DI UMIDITÀ

Elettrosmosi

Elettrofisici
ad inversione

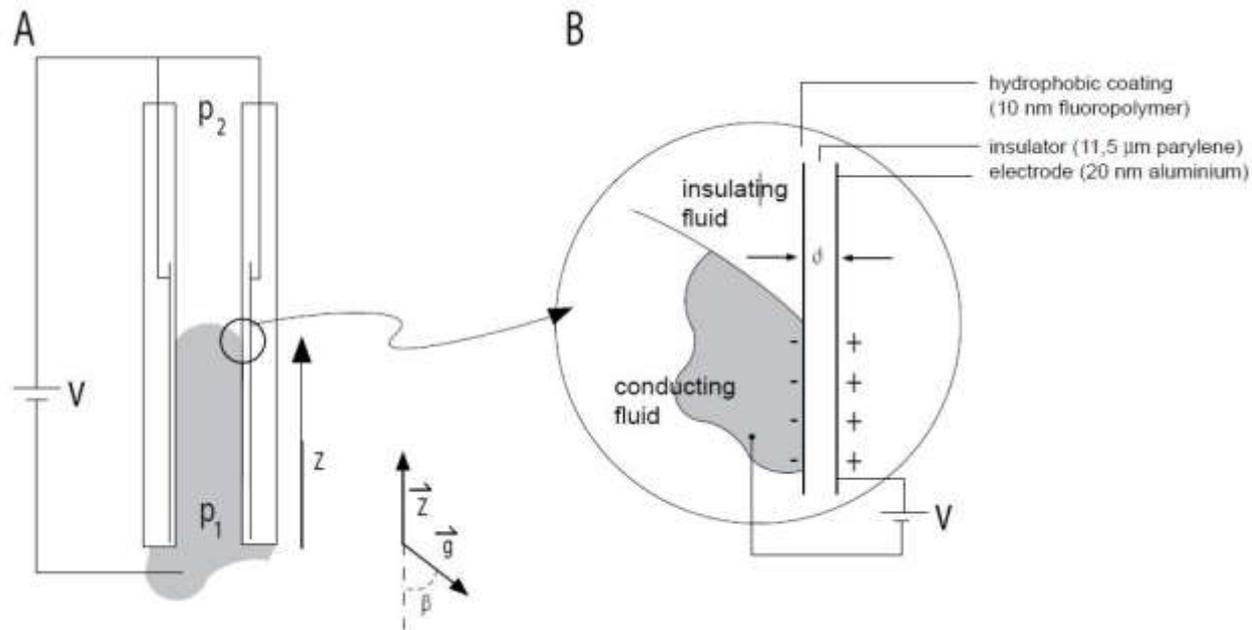
Neutralizzazione
carica elettrica H₂O



“ELECTROCAPILLARY EFFECT” ED “ELECTROWETTING”

Applicando un debole campo elettrico impulsivo è possibile modificare la concavità del menisco nel punto di contatto tra un liquido conduttivo (soluzione acquosa salina) ed il tubo di silicio (capillare), impedendo all’acqua di risalire per capillarità all’interno del

Sistema poroso dei materiali



Tratto da: “Fluid Control in Multichannel Structures by Electrocapillary Pressure”, by M. W. J. Prins, W. J. J. Welters, J. W. Weekamp, Philips Research Laboratories Eindhoven, Prof. Holstlaan 4, 5656 AA Eindhoven, The Netherlands. SCIENCE Vol.291, pp.277-280, 12 January 2001; (Copyright © 2001 American Association for the Advancement of Science).

TECNOLOGIA A NEUTRALIZZAZIONE DI CARICA



PRINCIPIO

L'impulso elettrico neutralizza la capacità delle molecole d'acqua di polarizzarsi, facendo in modo che rimangano globalmente neutre (ovvero non polarizzate).

AZIONE

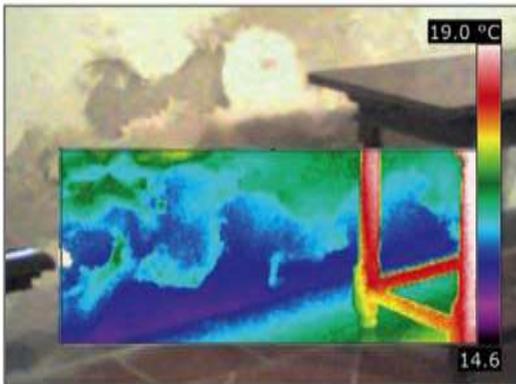
L'azione di evaporazione spontanea determina l'espulsione dell'umidità in eccesso in modo graduale, in base alle caratteristiche costruttive del muro, alle condizioni climatiche del luogo e alla quantità di acqua inizialmente presente nel muro stesso.

APPLICAZIONI della T.N.C: PROTOCOLLO OPERATIVO

SOPRALLUOGO

Individuazione di cause, estensione ed intensità dei fenomeni di umidità presenti nell'edificio, mediante specifiche metodologie d'indagine (termografie IR, misurazioni termoigrometriche, prove su campioni di muratura, ecc.).

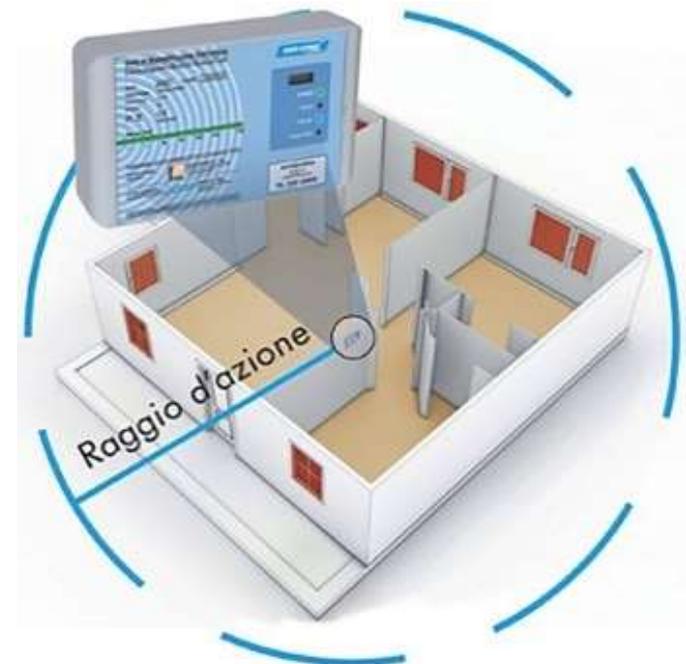
Tali indagini sono finalizzate ad accertare l'effettiva presenza della risalita capillare quale causa dell'umidità in atto, nonché altre eventuali concause agenti in modo concomitante o indipendente dalla risalita (come ad esempio perdite da condotte idrauliche, infiltrazioni di acque superficiali e/o sotterranee, fenomeni di condensa superficiale per innesco di ponti termici e/o insufficiente ricambio d'aria, ecc.).



PROGETTAZIONE

Progetto dell'installazione dell'impianto di deumidificazione, consistente – a seconda delle dimensioni dell'edificio - in uno o più apparecchi con raggio d'azione sferico da 6 a 15 m.

N.B.: il modello più piccolo (R06) è sufficiente per un piccolo appartamento fino a 50-60 mq mentre il modello più grande (R15) riesce a coprire un'intera villa di oltre 300 mq



APPLICAZIONI della T.N.C: PROTOCOLLO OPERATIVO

INSTALLAZIONE

- Messa in opera dei dispositivi mediante fissaggio a muro con n°4 tasselli Ø 6 mm.
- Collegamento degli apparecchi alla rete elettrica(220 V – 50 Hz).
- Attivazione degli apparecchi.
- Rilevazione dei valori iniziali di umidità muraria (riferimento per le successive misurazioni di controllo – cfr. fase 4).

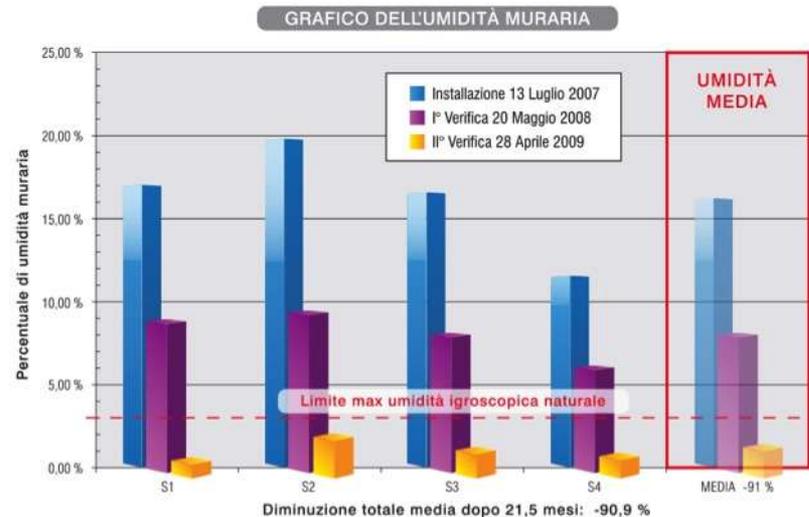


MONITORAGGIO

Monitoraggio dell'umidità muraria per il controllo della fase di evaporazione, attraverso successivi rilevamenti dei valori DEL CONTENUTO UMIDO nelle murature, sino a completa deumidificazione.

Tecniche d'indagine impiegate:

- Analisi termografiche con termocamera IR
- Prove gravimetriche con termobilancia elettronica e stufa all'infrarosso (UNI 11085)
- Monitoraggio microclimatico con datalogger



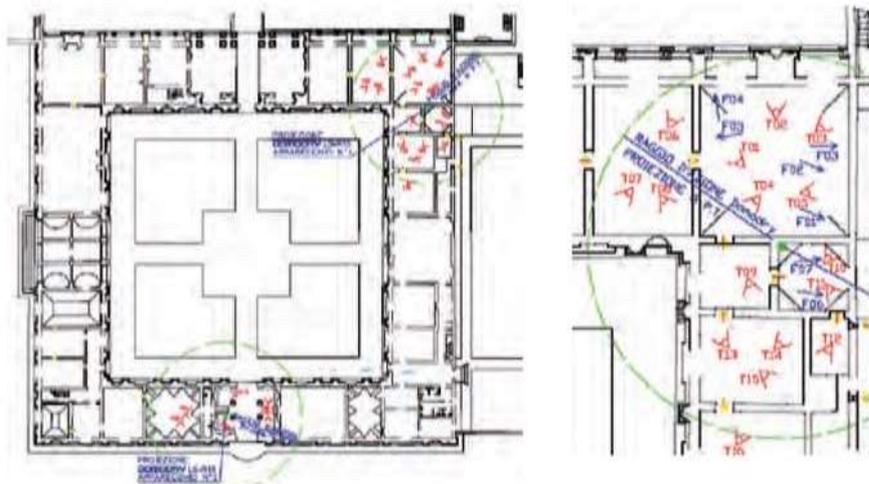


Camera dei Giganti:
installazione nel locale
tecnico al piano superiore.



Apparecchio Domodry
LS-R15 e Ricevitore FM con
modem gsm per il controllo
remoto dei parametri
microclimatici

Zona ingresso: installazione
nel locale al piano superiore

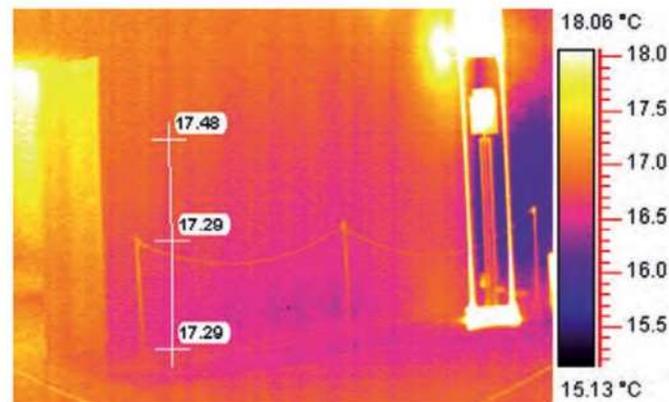
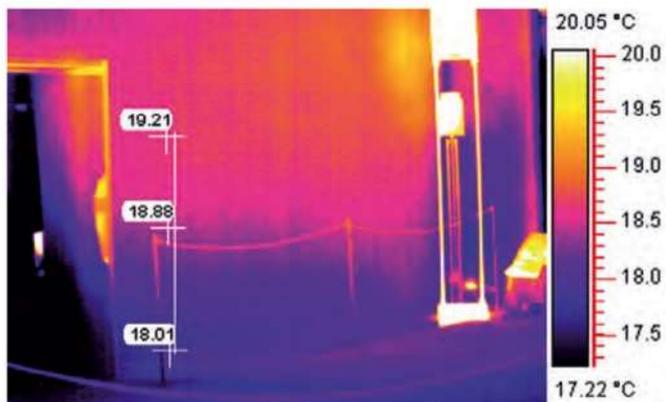


Apparecchio Domodry LS-R15



	INTERNO	ESTERNO
ore	14:10	14:50
UR	42,0 %	76,3 %
T air	18,3 °C	7,2 °C
T dew	5,0 °C	3,31 °C
Usp	5,33 g/kg	4,81 g/kg

	INTERNO	ESTERNO
ore	10:15	10:30
UR	29,0 %	92,0 %
T air	17,1 °C	0,5 °C
T dew	-1,1 °C	-0,6 °C
Usp	3,50 g/kg	3,61 g/kg



APPLICAZIONI della T.N.C: ESEMPI

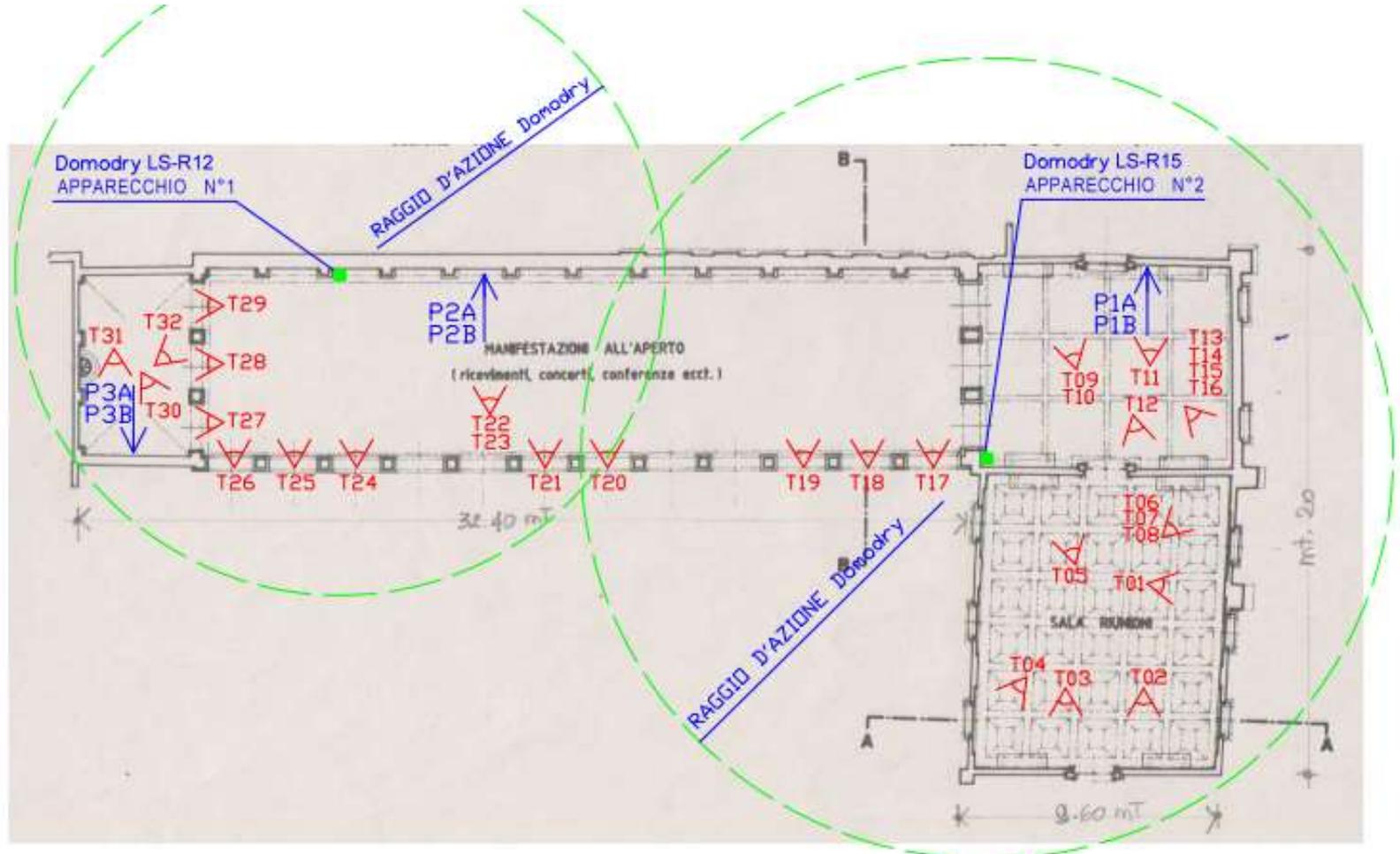
Loggia degli Aranci in Palazzina Marfisa d'Este a Ferrara



Applicazione: la Loggia degli Aranci in Palazzina Marfisa d'Este a Ferrara

SCHEMA INSTALLAZIONE IMPIANTO DOMODRY

(attivazione: 18-03-2014)

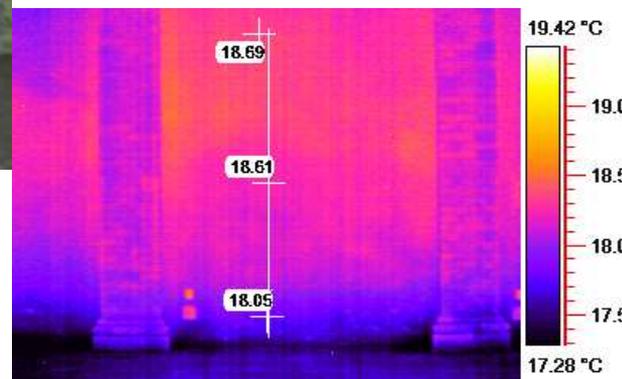
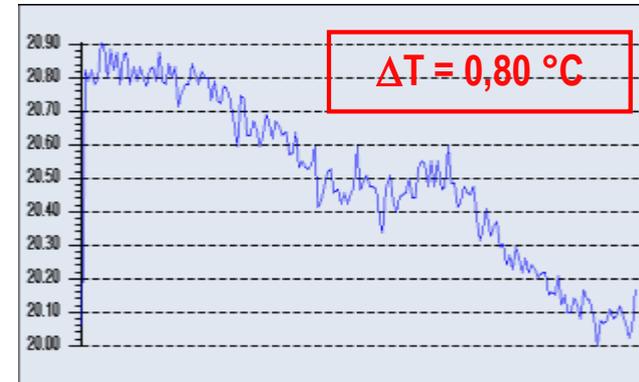
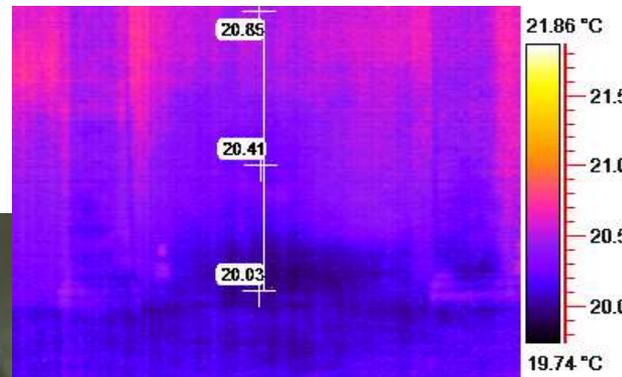


Applicazione: la Loggia degli Aranci in Palazzina Marfisa d'Este a Ferrara

Confronto tra 1° e 2° controllo (Fase di asciugamento in corso)

1° Controllo 18-mar-14

Immagine: T20



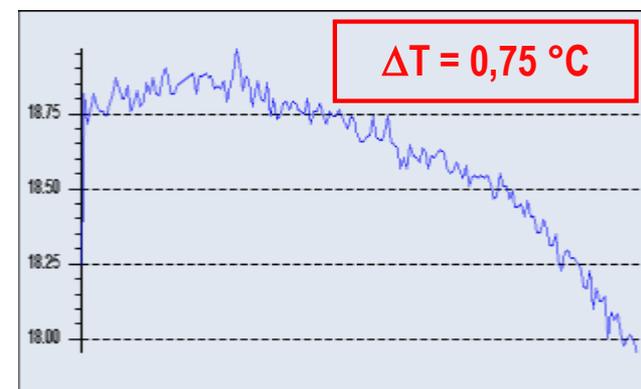
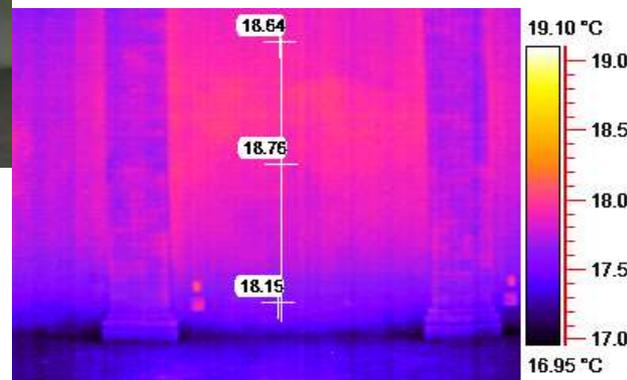
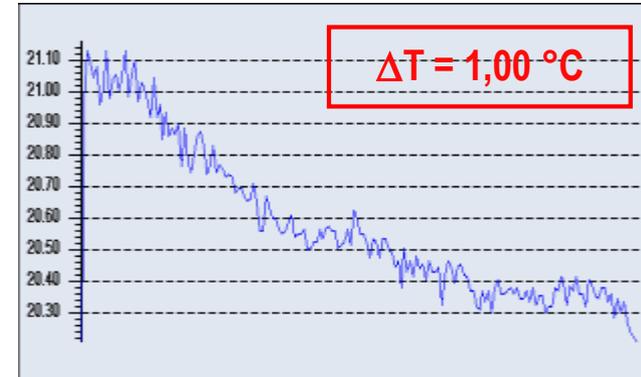
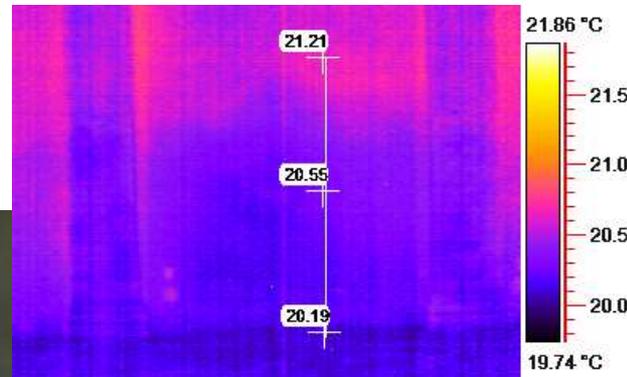
2° Controllo 17-apr-15

Applicazione: la Loggia degli Aranci in Palazzina Marfisa d'Este a Ferrara

Confronto tra 1° e 2° controllo (Fase di asciugamento in corso)

1° Controllo 18-mar-14

Immagine: T21



2° Controllo 17-apr-15

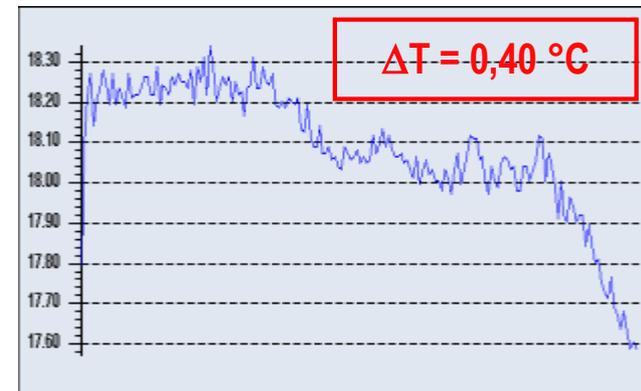
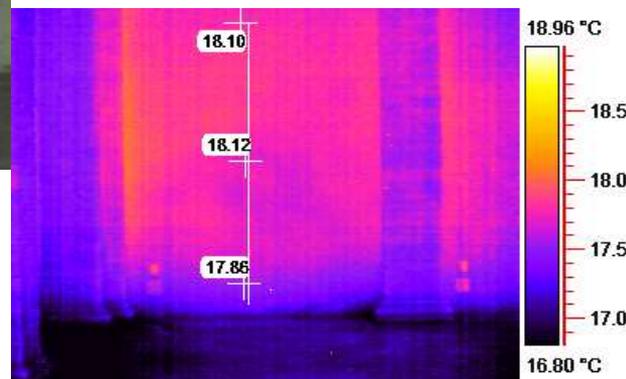
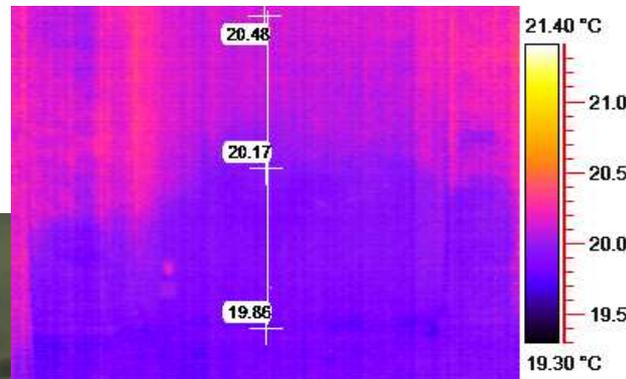
Applicazione: la Loggia degli Aranci in Palazzina Marfisa d'Este a Ferrara

Confronto tra 1° e 2° controllo (Fase di asciugamento in corso)

Immagine: T26



1° Controllo 18-mar-14



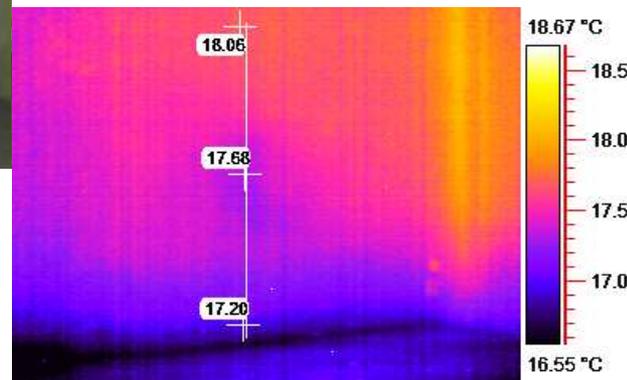
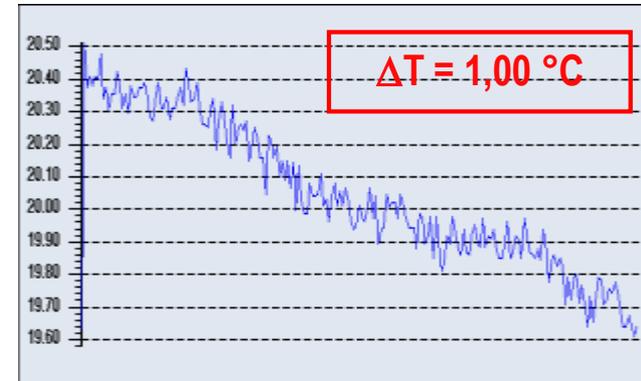
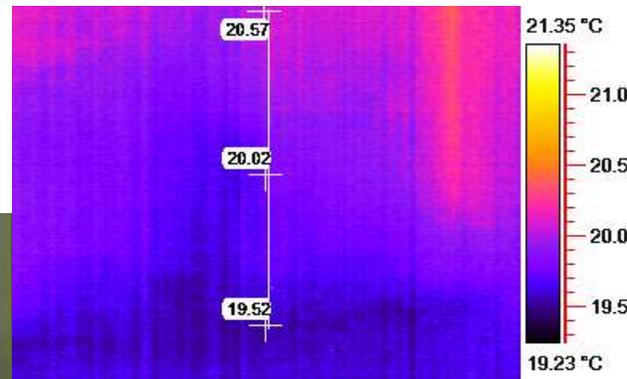
2° Controllo 17-apr-15

Applicazione: la Loggia degli Aranci in Palazzina Marfisa d'Este a Ferrara

Confronto tra 1° e 2° controllo (Fase di asciugamento in corso)

1° Controllo 18-mar-14

Immagine: T31



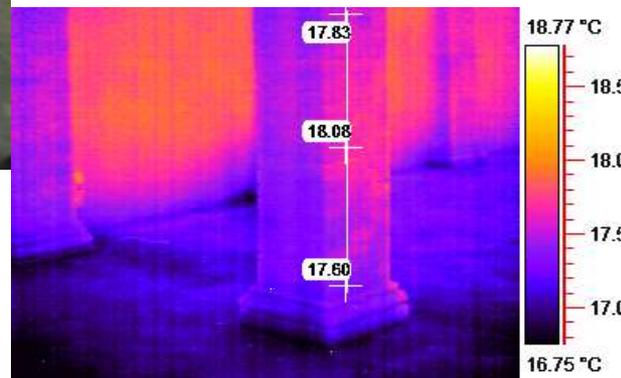
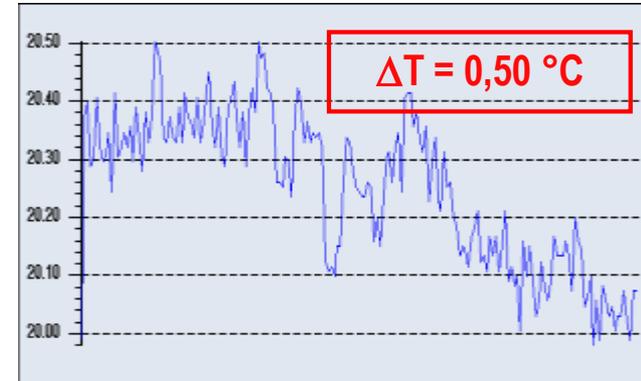
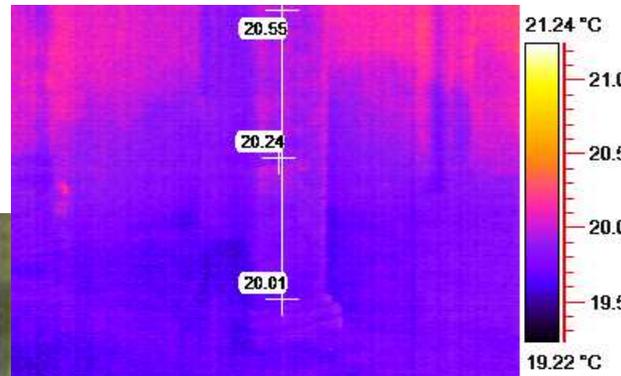
2° Controllo 17-apr-15

Applicazione: la Loggia degli Aranci in Palazzina Marfisa d'Este a Ferrara

Confronto tra 1° e 2° controllo (Fase di asciugamento in corso)

1° Controllo 18-mar-14

Immagine: T32



Applicazione: la Loggia degli Aranci in Palazzina Marfisa d'Este a Ferrara

Confronto tra 1° e 2° controllo (Fase di asciugamento in corso)

1° Controllo 18-mar-14

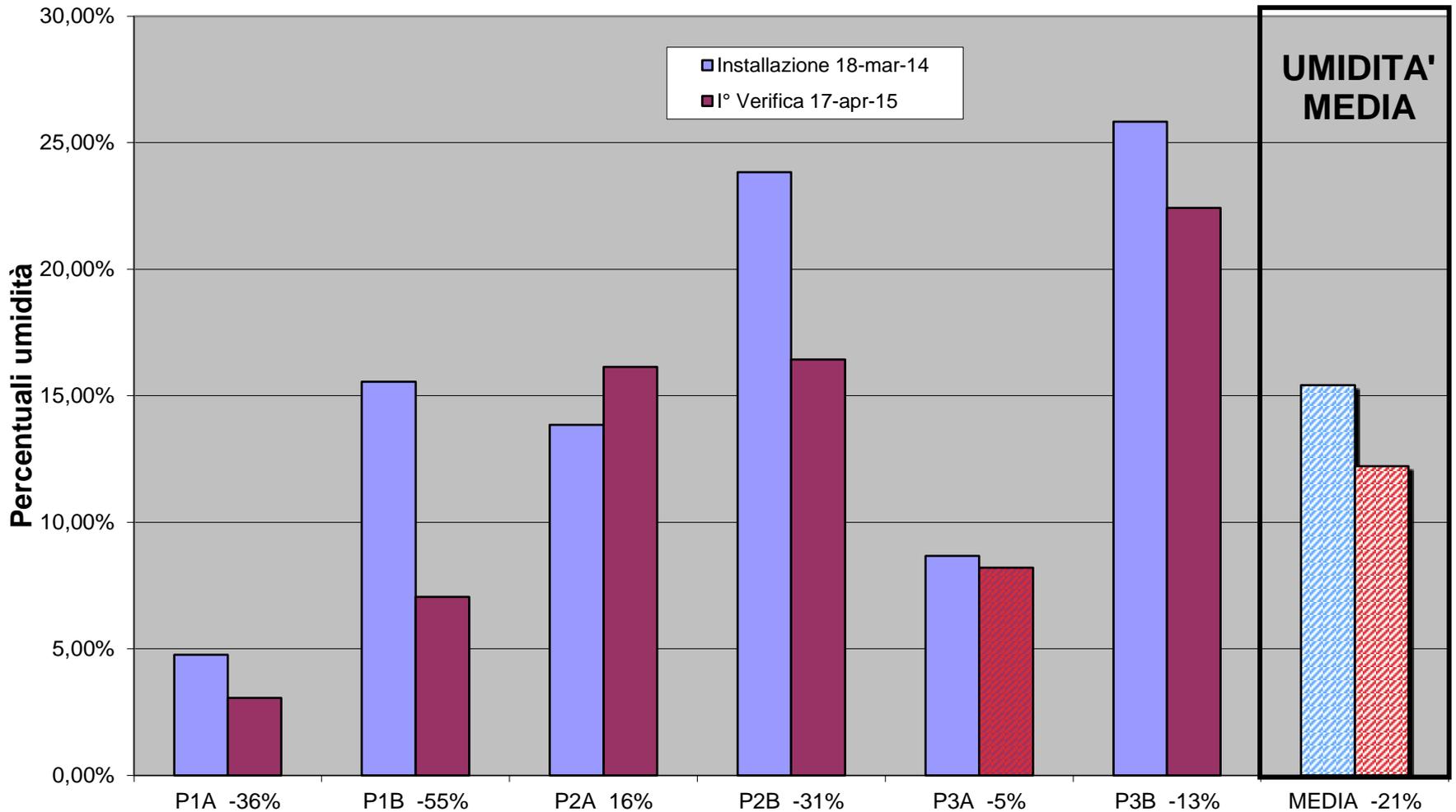
COMUNE DI FERRARA PALAZZINA MARFISA LOGGIA DEGLI ARANCI - FERRARA									
N° CAMPIONE	Contrassegno campione	Peso provetta + campione umido	Peso provetta	Peso provetta + campione secco (dopo 4h 105°C e successiva)	Contenuto di umidità nel campione	Peso campione umido	Peso campione secco	UMIDITA' U%=Ca/Ps x100	
		g	g	g	g	g	g	%	
4578	P1B	25,1770	18,1337	24,7123	0,4647	7,0433	6,5786	7,06	
4579	P1A	24,2222	18,0874	24,0400	0,1822	6,1348	5,9526	3,06	
4580	P2B	23,1105	18,0274	22,3933	0,7172	5,0831	4,3659	16,43	
4581	P2A	20,7910	18,1402	20,4227	0,3683	2,6508	2,2825	16,14	
4582	P3B	22,5996	18,3154	21,8149	0,7847	4,2842	3,4995	22,42	
4583	P3A	25,3291	18,2405	24,792	0,5371	7,0886	6,5515	8,20	

2° Controllo 17-apr-15

PALAZZINA MARFISA -LOGGIA DEGLI ARANCI-COMUNE DI FERRARA									
N° CAMPIONE	Contrassegno campione	Peso provetta + campione umido	Peso provetta	Peso provetta + campione secco (dopo 4h 105°C e successiva)	Contenuto di umidità nel campione	Peso campione umido	Peso campione secco	UMIDITA' U%=Ca/Ps x100	
		g	g	g	g	g	g	%	
3348	P1-A	22,6933	17,8613	22,4735	0,2198	4,8320	4,6122	4,77	
3349	P1-B	23,0563	17,8491	22,3551	0,7012	5,2072	4,506	15,56	
3350	P2-A	21,9541	17,8486	21,4542	0,4999	4,1055	3,6056	13,86	
3351	P2-B	21,2669	17,9281	20,6243	0,6426	3,3388	2,6962	23,83	
3352	P3-A	20,8131	17,8997	20,5806	0,2325	2,9134	2,6809	8,67	
3353	P3-B	23,1733	18,1905	22,1502	1,0231	4,9828	3,9597	25,84	

Applicazione: la Loggia degli Aranci in Palazzina Marfisa d'Este a Ferrara Confronto tra 1° e 2° controllo (Fase di asciugamento in corso)

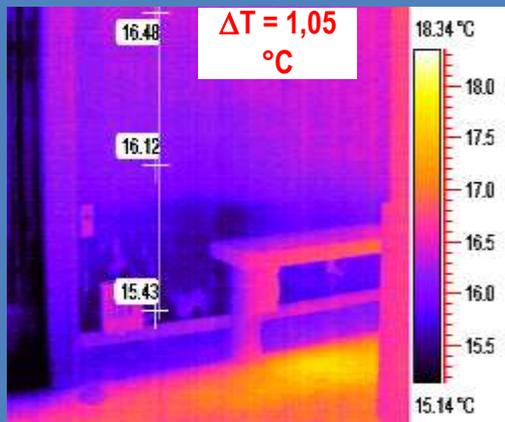
Grafico dell'umidità rilevata



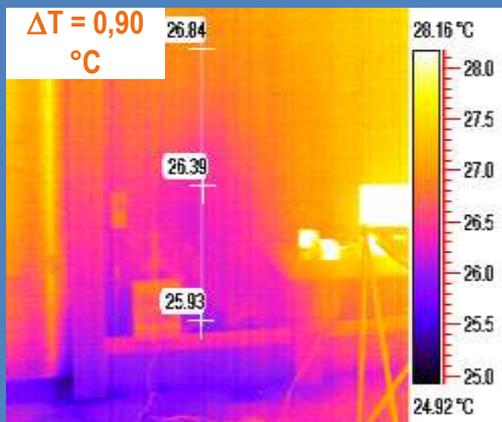
Diminuzione totale media dopo 13 mesi: - 21,0 %

Caso studio: la Loggia degli Aranci in Palazzina Marfisa d'Este a Ferrara

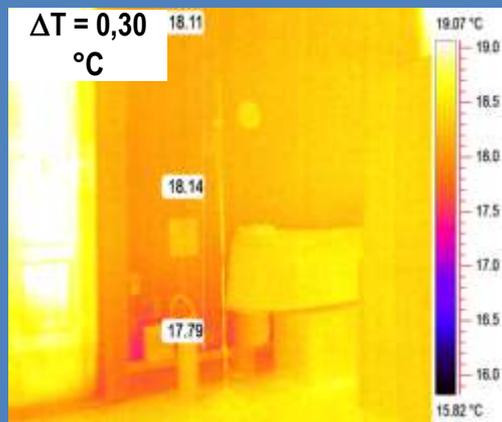
Verifica in fase: iniziale | intermedia | lungo termine



Maggio 2014



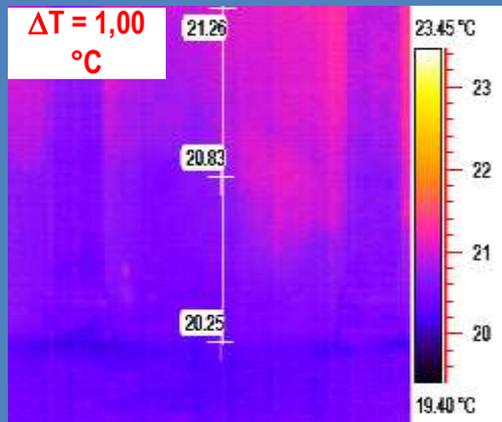
Giugno 2018



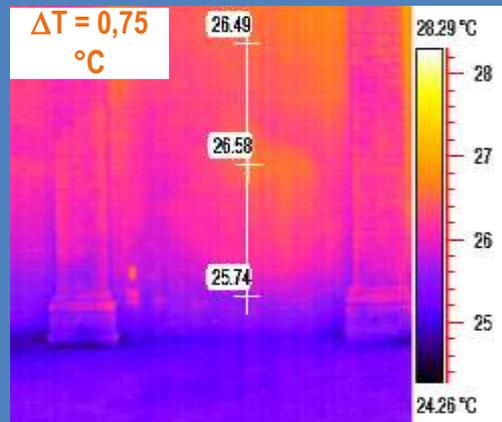
Ottobre 2020

Caso studio: la Loggia degli Aranci in Palazzina Marfisa d'Este a Ferrara

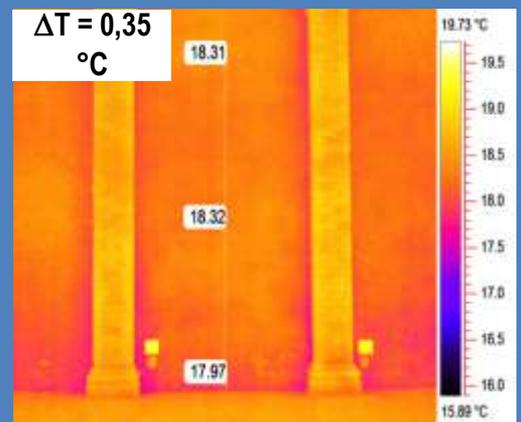
Verifica in fase: iniziale | intermedia | lungo termine



Maggio 2014



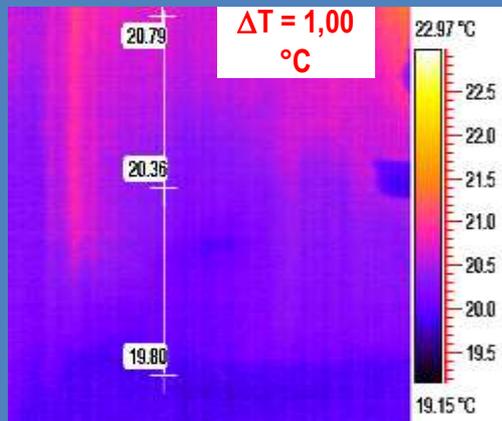
Giugno 2018



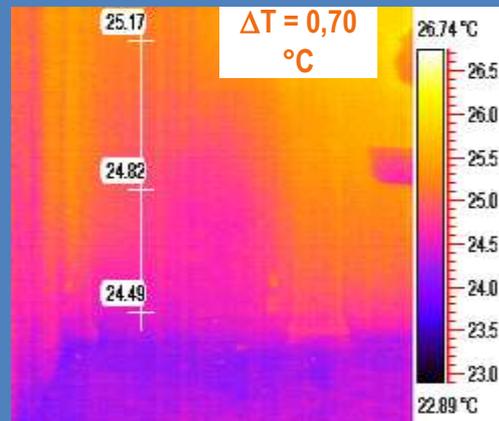
Ottobre 2020

Caso studio: la Loggia degli Aranci in Palazzina Marfisa d'Este a Ferrara

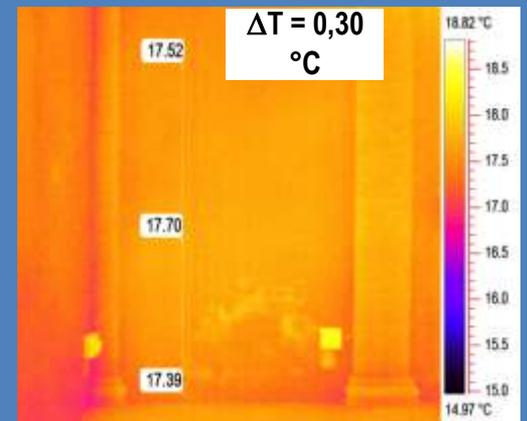
Verifica in fase: iniziale | intermedia | lungo termine



Maggio 2014



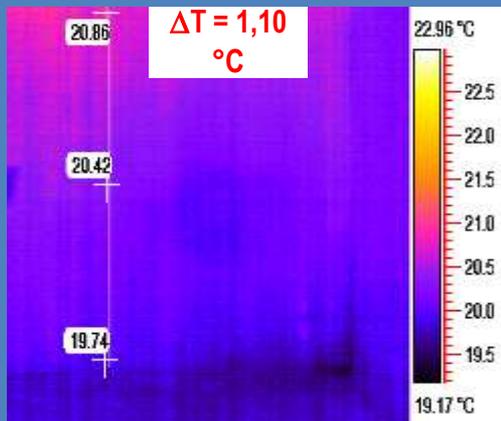
Giugno 2018



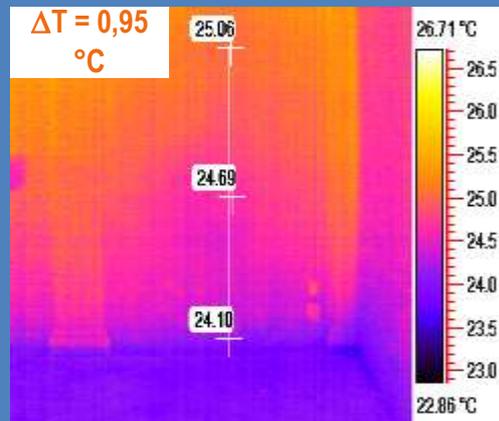
Ottobre 2020

Caso studio: la Loggia degli Aranci in Palazzina Marfisa d'Este a Ferrara

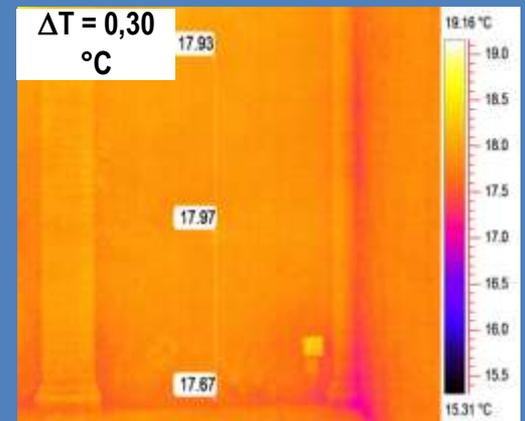
Verifica in fase: iniziale | intermedia | lungo termine



Maggio 2014



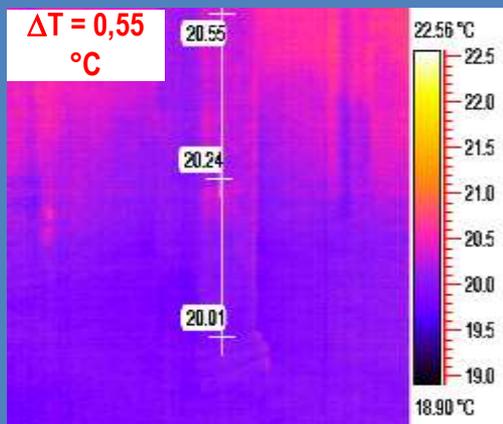
Giugno 2018



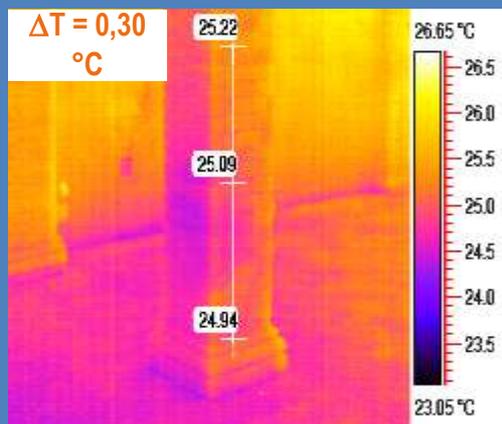
Ottobre 2020

Caso studio: la Loggia degli Aranci in Palazzina Marfisa d'Este a Ferrara

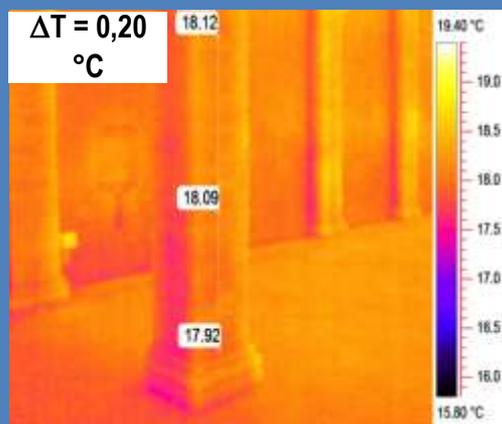
Verifica in fase: iniziale | intermedia | lungo termine



Maggio 2014



Giugno 2018



Ottobre 2020

APPLICAZIONI della T.N.C: ESEMPI

Sala degli Ermellini in Palazzo Renata di Francia



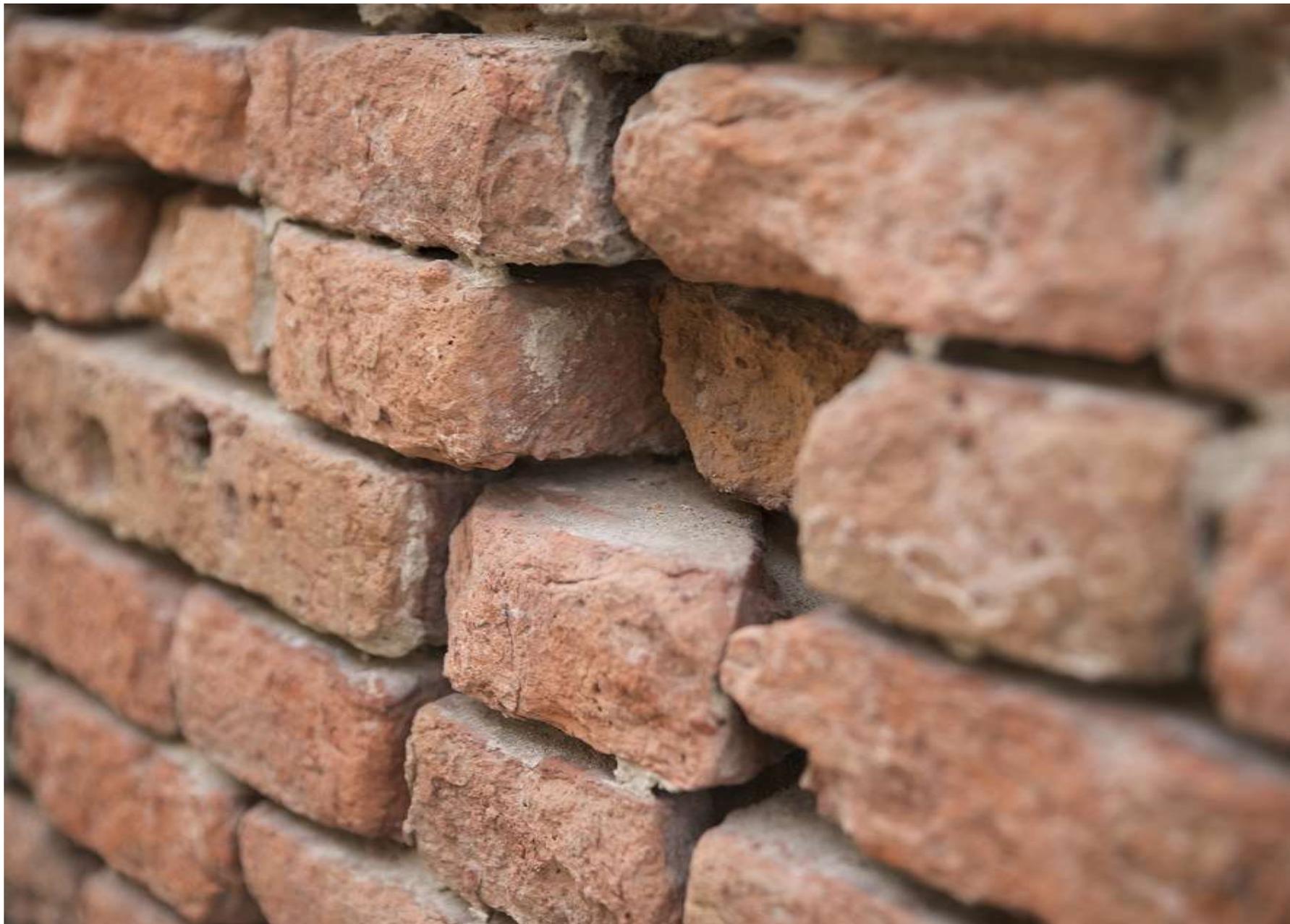




02.10.2024

Arch. Manlio Montuori

LABORA



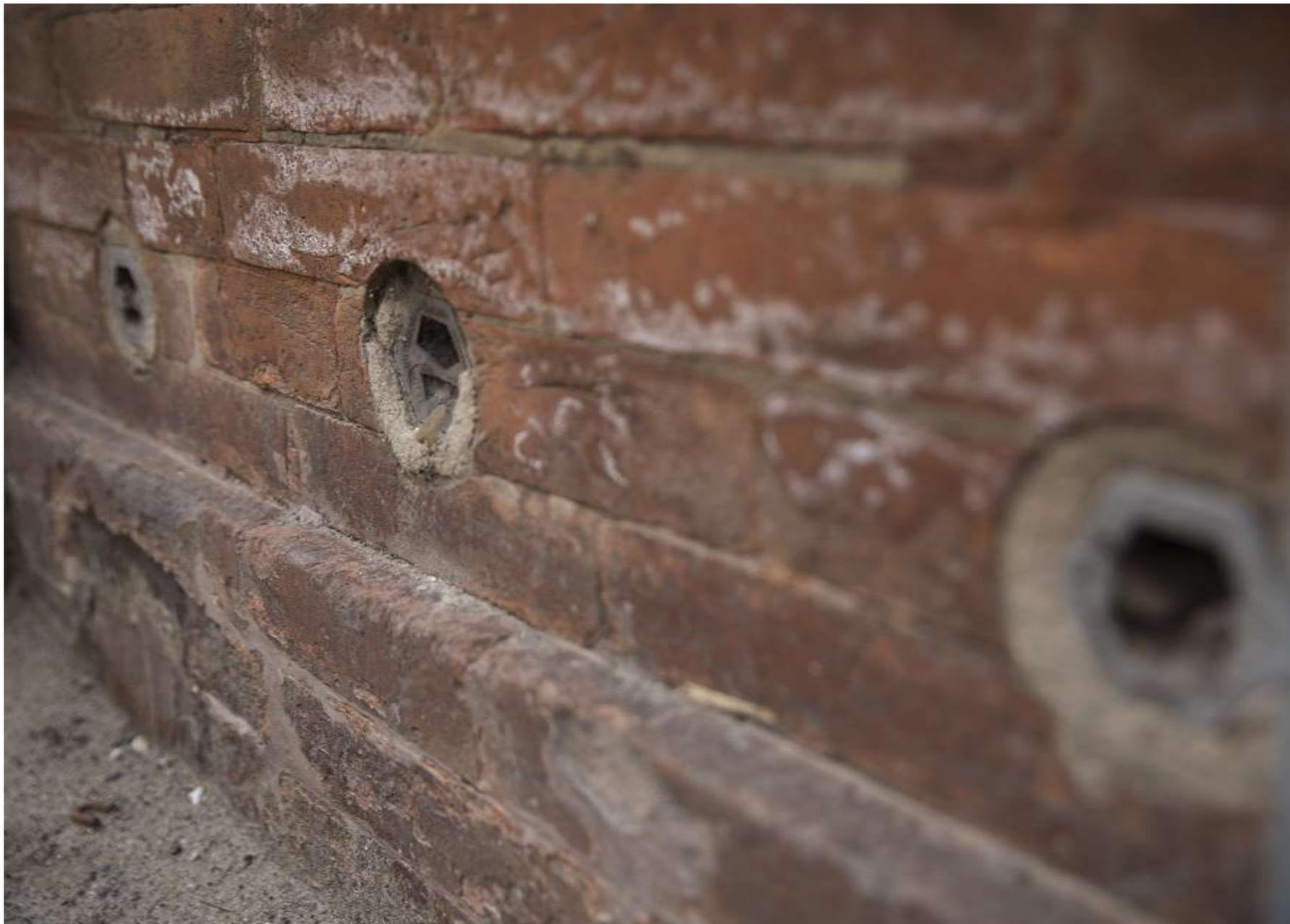




02.10.2024

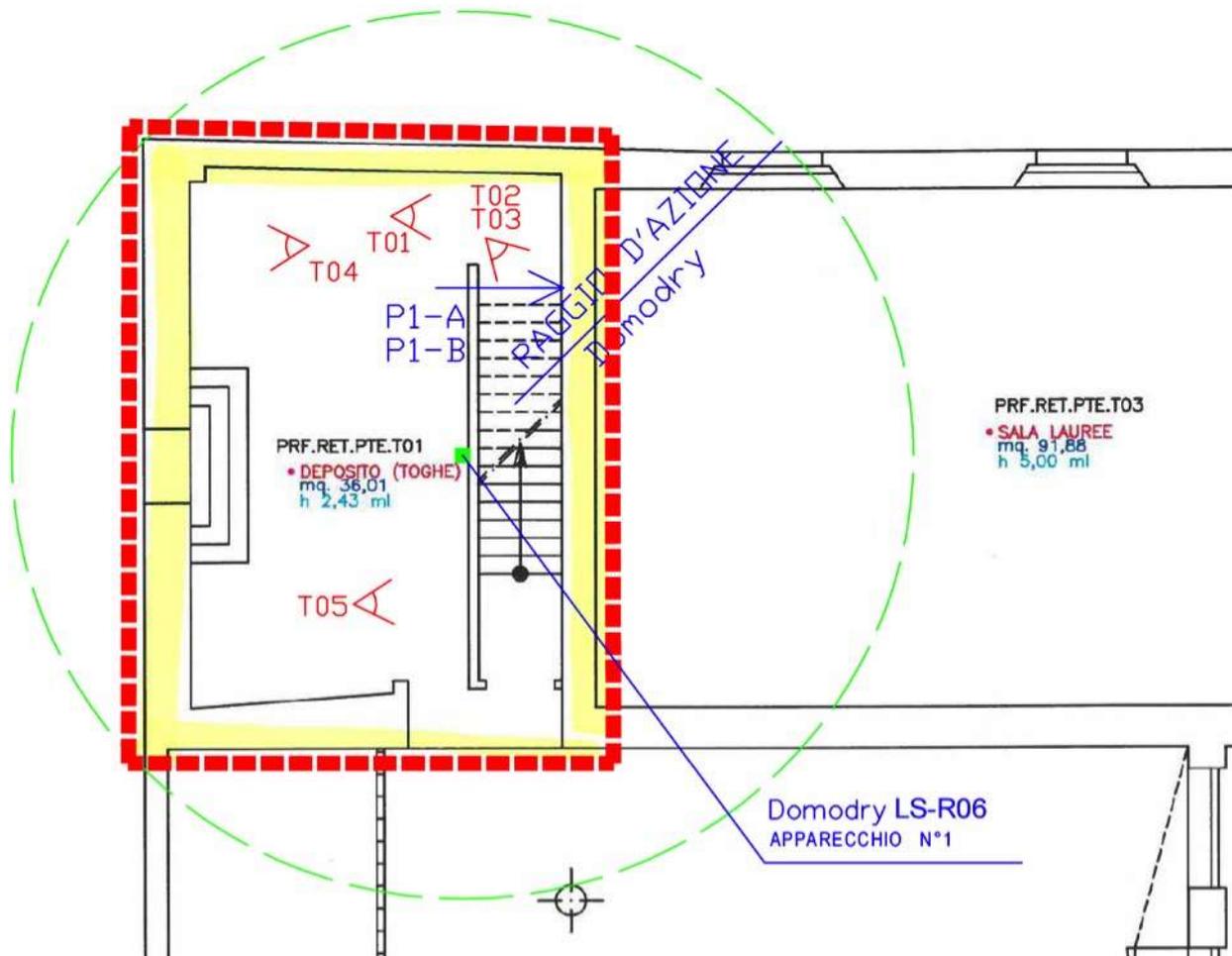
Arch. Manlio Montuori

LABORA





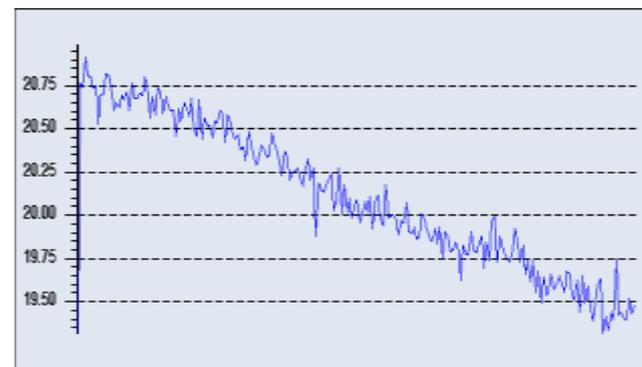
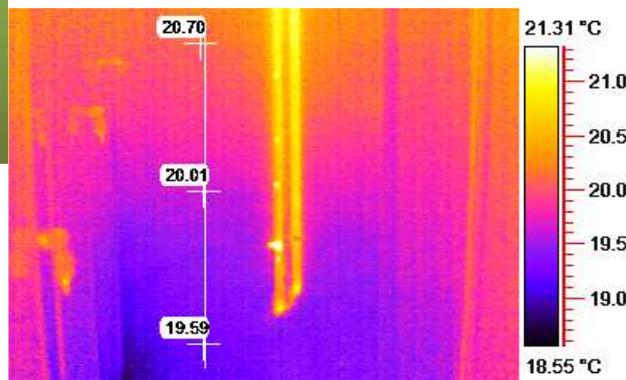
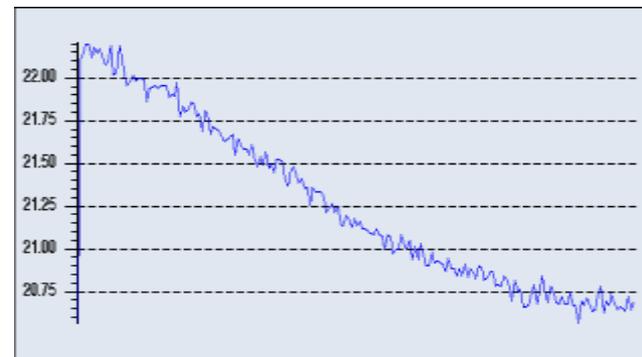
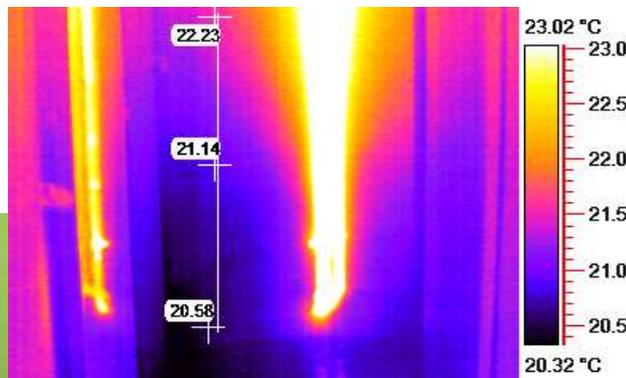
SCHEMA INSTALLAZIONE IMPIANTO DOMODRY
(attivazione: 17-04-2014)



Confronto tra 1° e 2° controllo (Fase di asciugamento in corso)

1° Controllo 17-apr-14

Immagine: T01

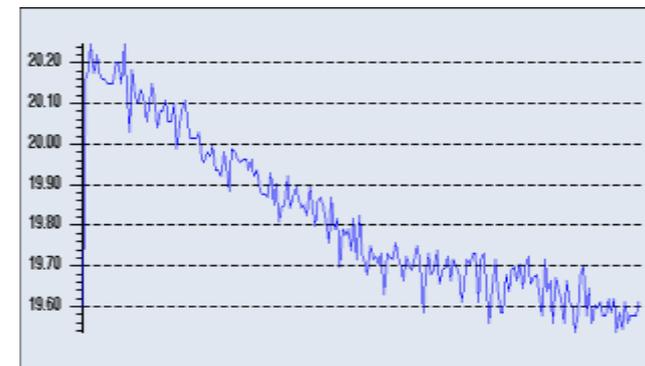
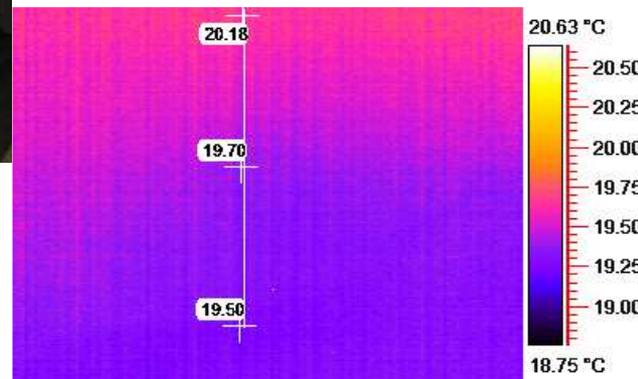
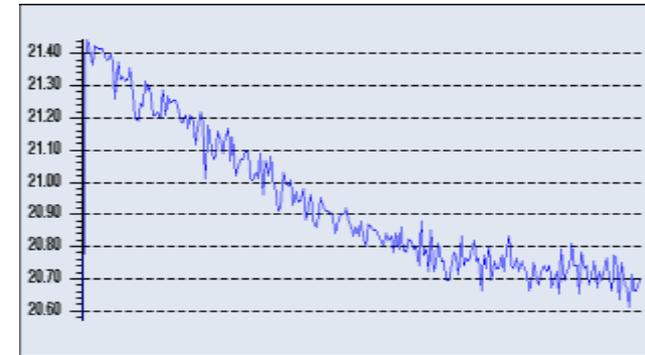
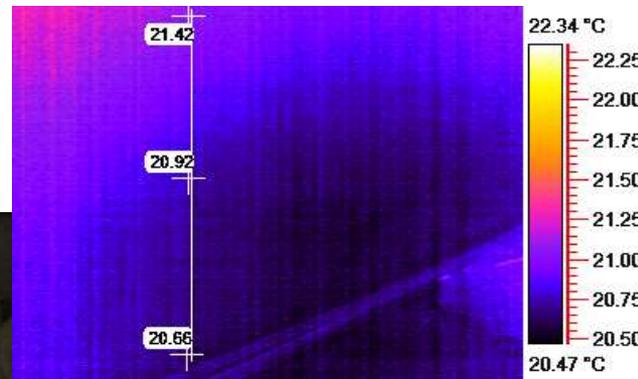


2° Controllo 17-apr-15

Confronto tra 1° e 2° controllo (Fase di asciugamento in corso)

1° Controllo 17-apr-14

Immagine: T02

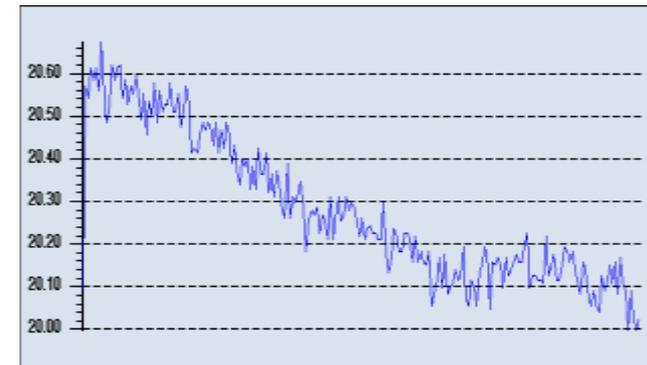
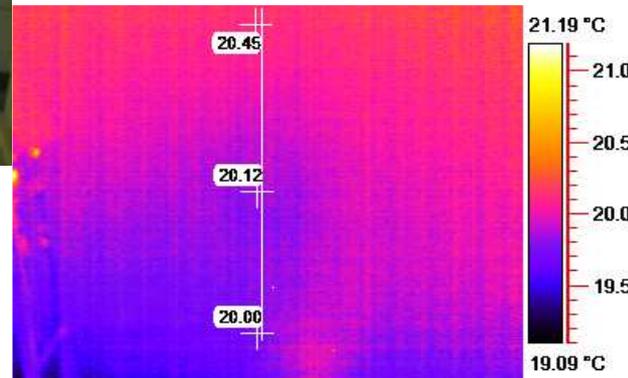
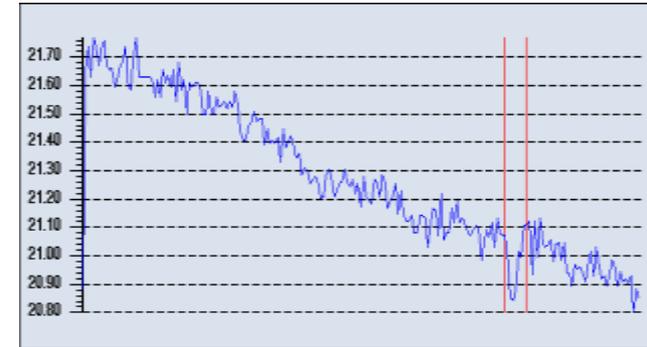
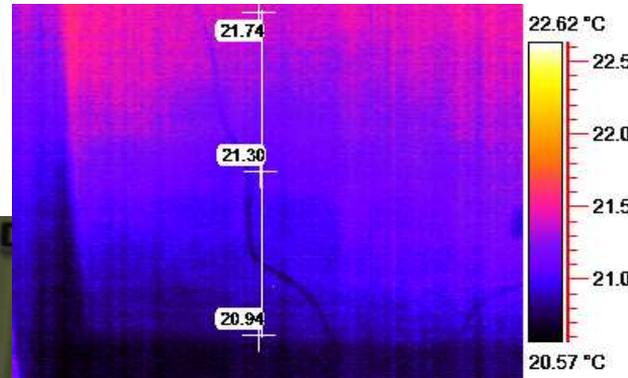


2° Controllo 17-apr-15

Confronto tra 1° e 2° controllo (Fase di asciugamento in corso)

1° Controllo 17-apr-14

Immagine: T04

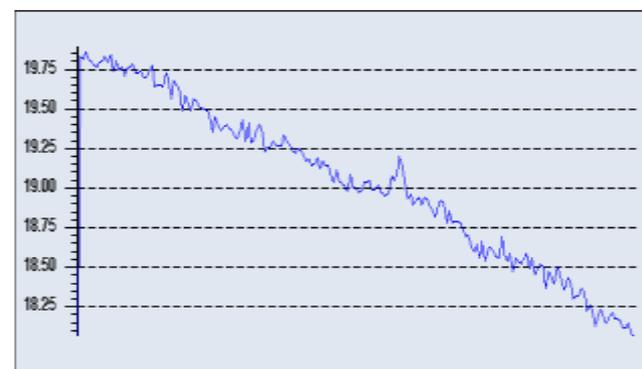
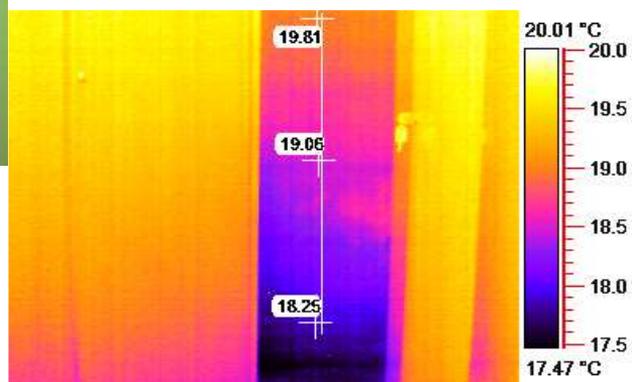
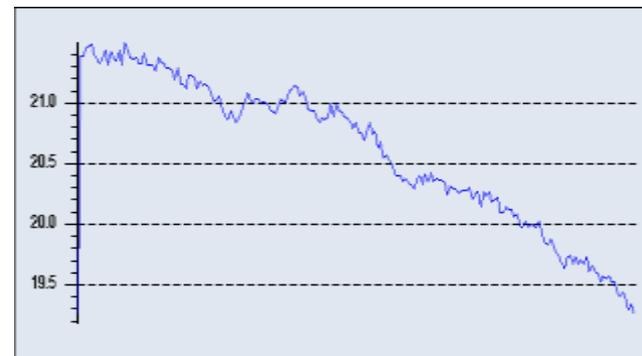
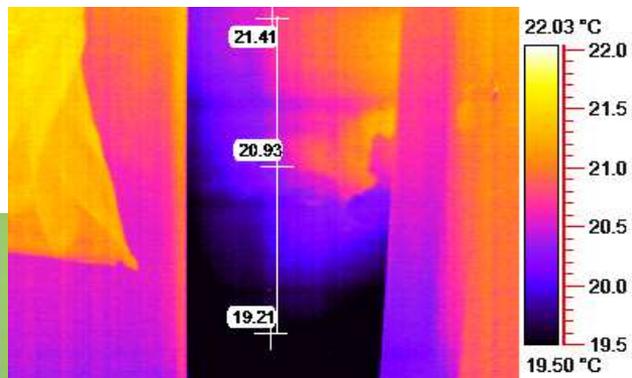
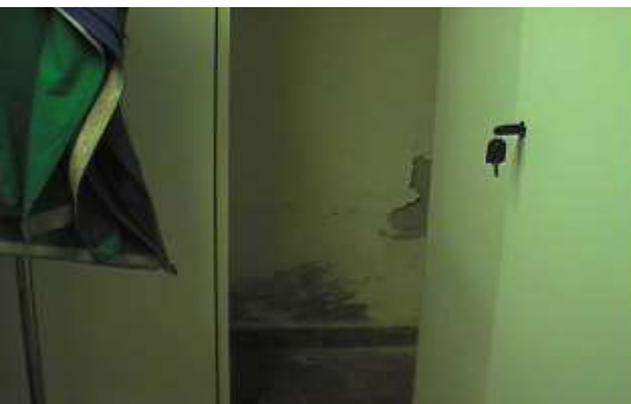


2° Controllo 17-apr-15

Confronto tra 1° e 2° controllo (Fase di asciugamento in corso)

1° Controllo 17-apr-14

Immagine: T05



2° Controllo 17-apr-15

Confronto tra 1° e 2° controllo (Fase di asciugamento in corso)

1° Controllo 17-apr-14

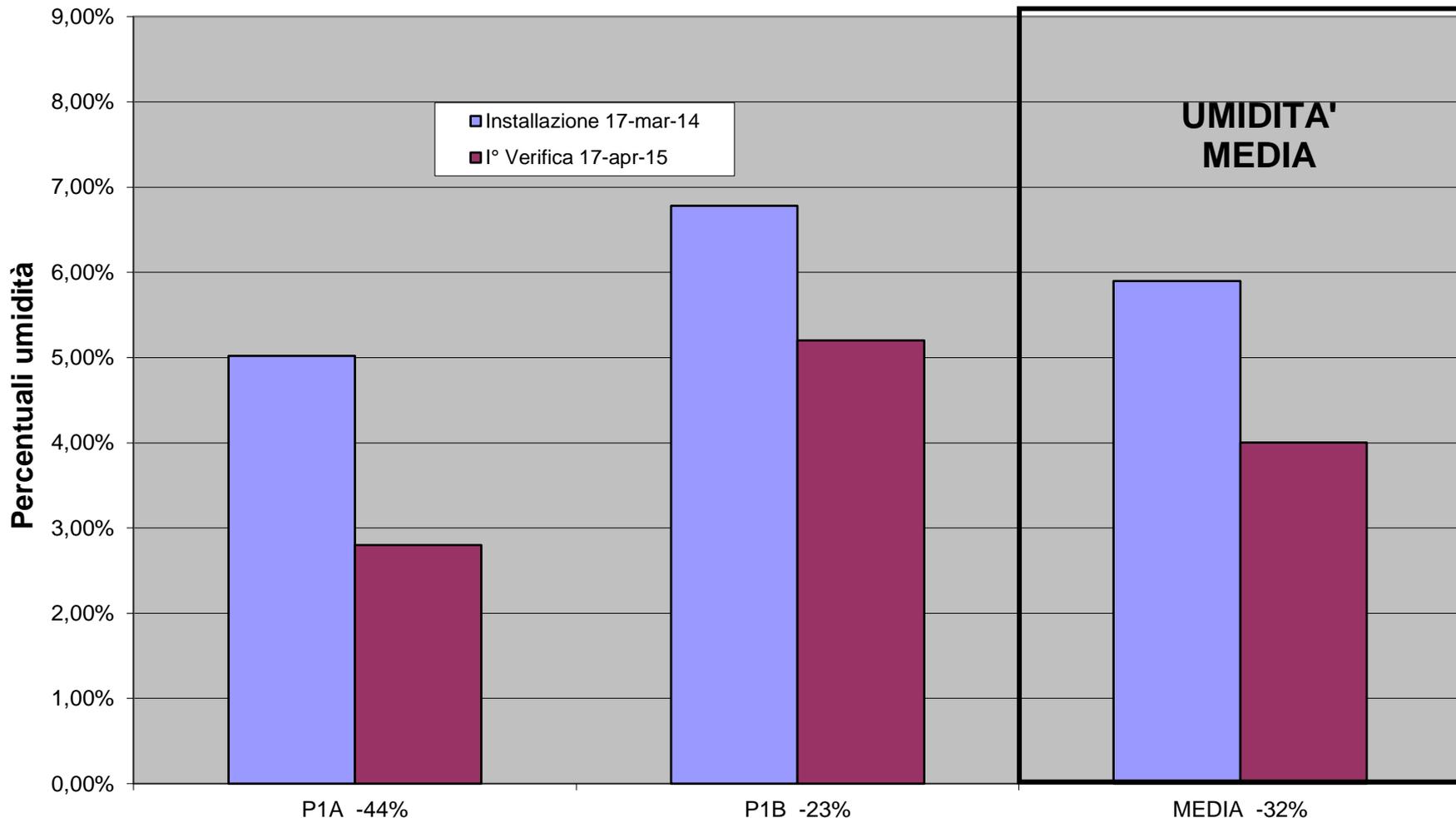
UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FERRARA-DEPOSITO DELL'UNIVERSITA' DI FERRARA									
N° CAMPIONE	Contrassegno campione	Peso provetta + campione umido	Peso provetta	Peso provetta + campione secco (dopo 4h 105°C e successiva)	Contenuto di umidità nel campione	Peso campione umido	Peso campione secco	UMIDITA' U%=Ca/Ps x100	
		g	g	g	g	g	g	%	
3776	P1-B	23,0804	17,8816	22,7504	0,3300	5,1988	4,8688	6,78	
3777	P1-A	23,6747	18,1119	23,409	0,2657	5,5628	5,2971	5,02	

2° Controllo 17-apr-15

UNIVERSITA DEGLI STUDI DI FERRARA- DEPOSITO DELL'UNIVERSITA'									
N° CAMPIONE	Contrassegno campione	Peso provetta + campione umido	Peso provetta	Peso provetta + campione secco (dopo 4h 105°C e successiva)	Contenuto di umidità nel campione	Peso campione umido	Peso campione secco	UMIDITA' U%=Ca/Ps x100	
		g	g	g	g	g	g	%	
4584	P1B	22,3921	18,1042	22,1800	0,2121	4,2879	4,0758	5,20	
4585	P1A	23,6731	18,1495	23,5229	0,1502	5,5236	5,3734	2,80	

Confronto tra 1° e 2° controllo (Fase di asciugamento in corso)

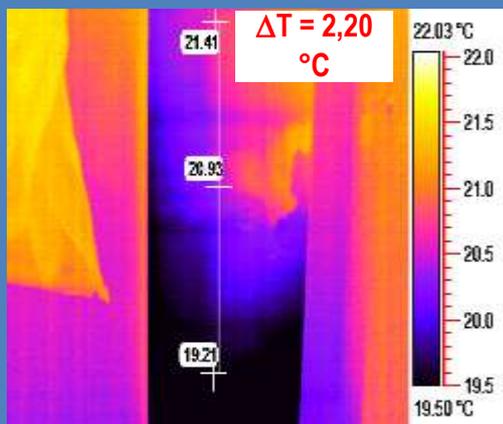
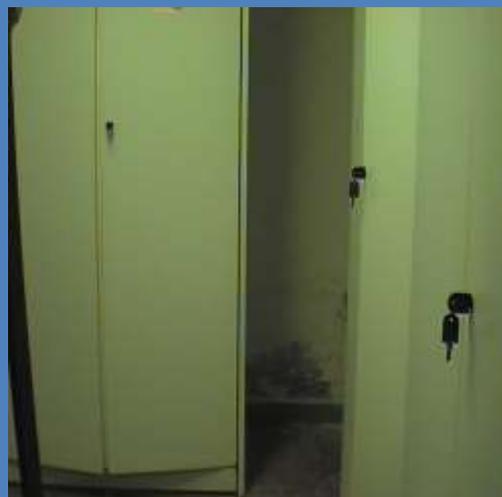
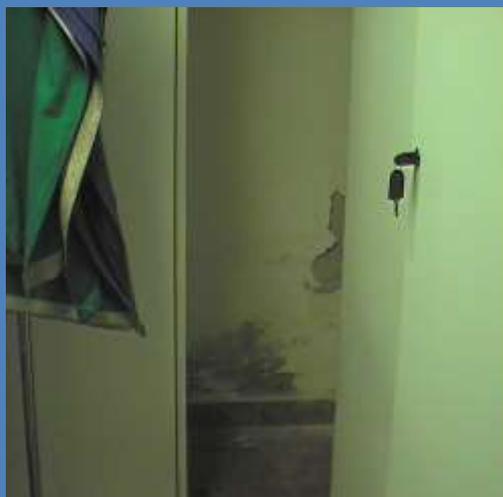
Grafico dell'umidità rilevata



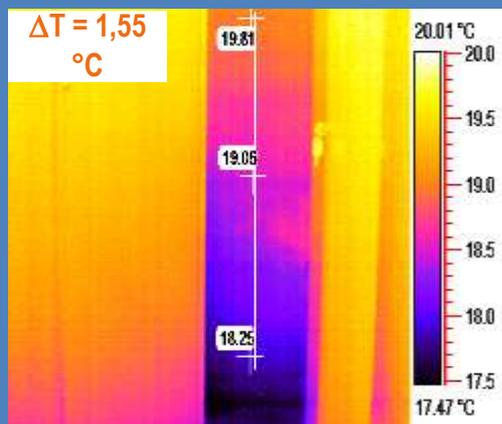
Diminuzione totale media dopo 13 mesi: - 32 %

Caso studio: Sala degli Ermellini in Palazzo Renata di Francia

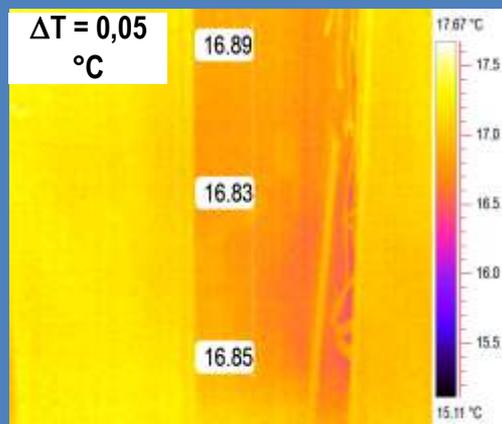
Verifica in fase: iniziale | intermedia | lungo termine



Marzo 2014



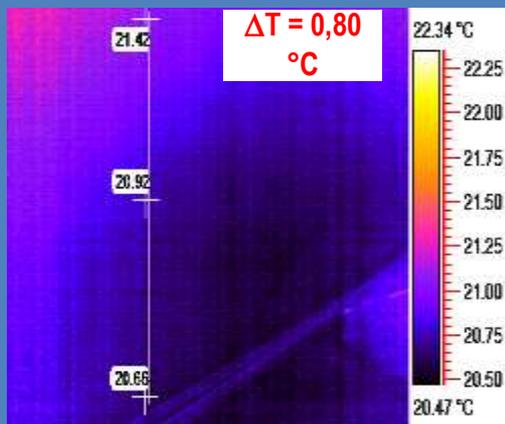
Aprile 2015



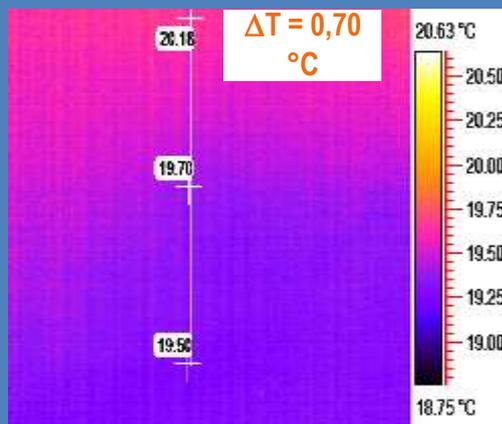
Ottobre 2018

Caso studio: Sala degli Ermellini in Palazzo Renata di Francia

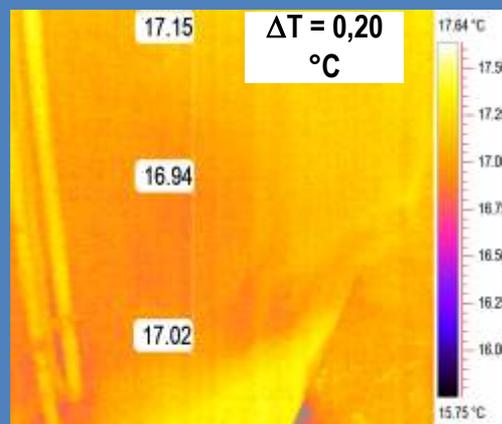
Verifica in fase: iniziale | intermedia | lungo termine



Marzo 2014



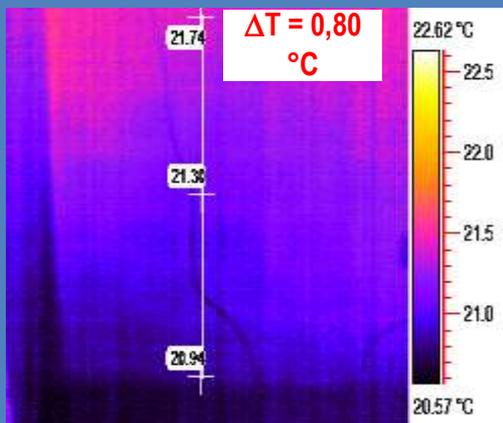
Aprile 2015



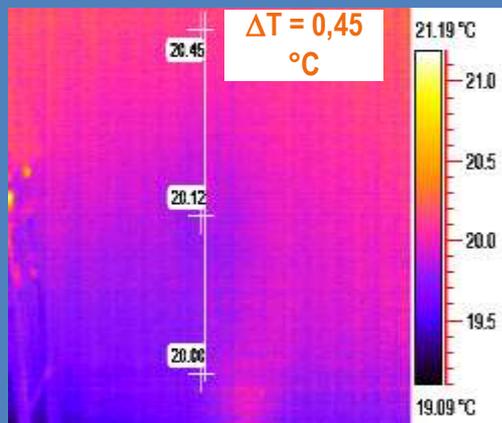
Ottobre 2018

Caso studio: Sala degli Ermellini in Palazzo Renata di Francia

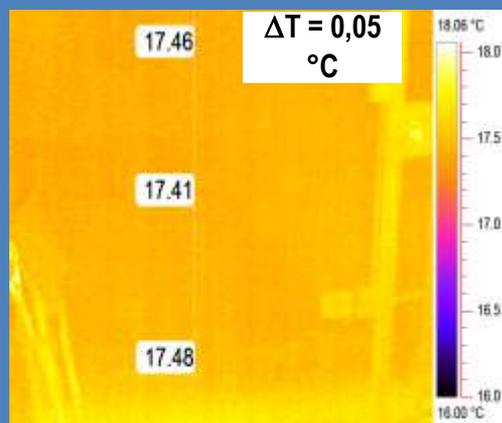
Verifica in fase: iniziale | intermedia | lungo termine



Marzo 2014



Aprile 2015



Ottobre 2018



SENSORE UR-T

Rileva ogni ora i valori di umidità e temperatura dell'aria ambiente e li trasmette all'apparecchio CNT®.



APPARECCHIO CNT®

Protegge l'intera casa dalla risalita capillare e memorizza i dati di umidità rilevati dai sensori.



SENSORE IDROSCAN®

Rileva ogni 24 ore il valore di umidità all'interno del muro e lo trasmette all'apparecchio CNT®.

ACCESS POINT WI-FI

Crea la mini-rete Wi-Fi per la trasmissione dati dai sensori all'apparecchio CNT®.

CNT-APPs

Research Project

CHARGE
NEUTRALIZATION
TECHNOLOGY
Applications

Partenariato universitario | *Academic partnership:*



Università della Basilicata



Università di Ferrara



Università di Napoli



Università di Padova



Università del Salento



Politecnico di Torino



Edificio Buon Pastore dell'Università del Salento – Lecce

[SCOPRI DI PIÙ](#)



Cripta del Duomo di Lecce

[SCOPRI DI PIÙ](#)



Museo Ferroviario di Pietrarsa – Napoli

[SCOPRI DI PIÙ](#)



Chiesa di San Matteo – Lecce

[SCOPRI DI PIÙ](#)



Cripta della Basilica di San Giovanni Maggiore – Napoli

[SCOPRI DI PIÙ](#)



Museo di Arte Antica di Ferrara, Loggia degli Aranci della Palazzina Marfisa d'Este – Ferrara

[SCOPRI DI PIÙ](#)



Rettorato dell'Università degli Studi di Ferrara, Sala degli Ermellini di Palazzo Renata di Francia – Ferrara

[SCOPRI DI PIÙ](#)

Grazie per l'attenzione