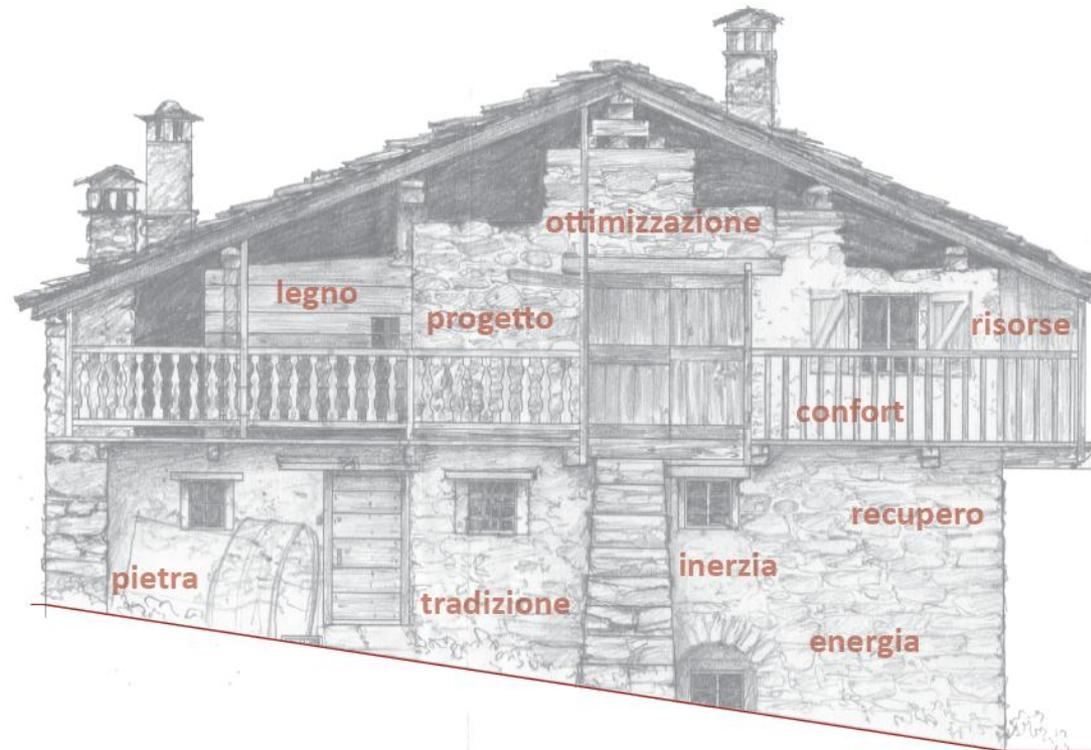


# Recupero energetico di edifici tradizionali

Strumenti e tecniche



**Arch. Maria Teresa Girasoli**

Salone polifunzionale "Grand Place", Pollein (AO), 5 novembre 2013

*Il “Quaderno per il recupero energetico”  
Le schede di analisi degli elementi costruttivi*



In collaborazione con  
Fraunhofer Italia Research:



Con il patrocinio di Ordini e Collegi professionali  
della Regione Autonoma Valle d'Aosta:



COLLEGIO DEI GEOMETRI  
DELLA VALLE D'AOSTA

# Le schede di analisi degli elementi costruttivi

## Dall'analisi dello stato di fatto ...

M1

Muratura in pietra e malta con intonaco esterno

M1

Muratura in pietra e malta con intonaco esterno

Descrizione del componente

L'apparato murario preso in esame, appartenente ad un edificio non tutelato, è costituito da pietrame con corsi orizzontali più o meno regolari, il cui legante è costituito da una malta di calce; all'interno del doppio paramento è presente un riempimento di terra e pietrame. L'intonaco, anch'esso a base di calce, protegge la muratura all'esterno. La superficie interna della muratura, invece, presenta blocchi in pietra a vista; tale caratteristica potrebbe essere ricondotta al tipo di uso dell'ambiente interno che, in questo caso, era destinato a cantina e deposito.

Analisi del degrado e del dissesto

Al fine di individuare gli interventi necessari al risanamento conservativo, si verifica lo stato di conservazione dell'intonaco e della muratura, attraverso l'esame della consistenza della malta, della coesione fra i blocchi nonché l'individuazione della forma, dell'estensione e delle cause di eventuali degradi e lesioni. Da questa analisi emerge che l'intonaco esterno presenta fenomeni di distacco dal supporto e forme più o meno profonde di erosione dovute alla presenza di umidità e alla mancanza di un'ordinaria manutenzione, mentre in alcuni punti è completamente mancante e lascia scoperto il supporto murario. All'interno dell'ambiente sulla muratura con pietra a vista si osservano importanti depositi di sporco e muffe. La muratura analizzata non presenta dissesti statici.

L'intervento di riqualificazione energetica

Nell'ipotesi di modificare la destinazione d'uso dell'edificio in abitazione risulta necessario prevedere un intervento di conservazione e ripristino dell'intonaco esistente e un'ottimizzazione energetica con l'applicazione di un isolamento a cappotto intonacato sul lato esterno della muratura. Tale intervento energetico permette di ottenere la continuità dell'isolamento termico e di sfruttare la capacità di accumulo termico della muratura, requisito importante in vista del fatto che l'edificio verrà utilizzato in modo continuativo.

L'intervento di risanamento conservativo

Dopo aver esaminato attentamente lo stato di conservazione della muratura si procede con l'eliminazione delle cause che hanno provocato i degradi ed i dissesti presenti e si individuano le soluzioni di intervento più adatte per ridare alla struttura la sua originale consistenza, rispettando il comportamento strutturale della scatola muraria e le caratteristiche morfologiche, dimensionali e tecnico-costruttive dei materiali e degli elementi caratterizzanti la costruzione.

L'intervento di risanamento conservativo sarà eseguito sul lato interno della muratura per la quale verrà conservata la pietra a vista; gli interventi da eseguire prevedono le seguenti fasi:

- pulitura delle pietre a vista dai depositi di sporco e dalle muffe;
- asportazione dei giunti in malta degradati;
- pulizia dei vuoti, costipamento e rinzaffatura dei giunti con scaglie di pietra e malta; le nuove malte avranno coloritura, granulometria e porosità in accordo con quelle dei giunti esistenti.

All'esterno, dove verrà realizzato il cappotto, si interverrà sullo strato di intonaco in modo da garantire la perfetta adesione dello strato isolante al supporto esistente, verificando:

- lo stato di conservazione dello strato di intonaco storico, con il preconsolidamento e la ridessiccazione delle parti distaccate dal supporto;
- lo stato di conservazione del supporto murario nella porzione in cui l'intonaco è mancante, con il consolidamento puntuale della muratura e la conseguente stesura del nuovo intonaco, in uno o più strati, a seconda dello spessore dell'intonaco esistente. La malta scelta per realizzare le nuove porzioni di intonaco avrà composizione e caratteri chimico-fisici e mineralogico-petrografici analoghi a quelli dell'intonaco esistente.

Per il ripristino delle parti di intonaco mancanti non saranno utilizzate malte a base di cemento poiché, essendo fortemente impermeabili, possono impedire la traspirazione della muratura, creare fenomeni di ristagno dell'umidità e irrigidire eccessivamente il tessuto murario. Sarà, invece, utilizzata la malta di calce naturale, compatibile con la sottostante muratura, che permette equilibrati scambi di umidità tra l'interno e l'esterno dell'ambiente, con effetti positivi sul comfort termo-igrometrico dei locali e dell'utente. Nelle porzioni di muratura a contatto con il terreno sarà utilizzata una calce che garantisca una maggiore porosità della malta (intonaco macro poroso e deumidificante), consentendo all'intonaco ed alla muratura stessa di mantenere un'alta capacità traspirante.



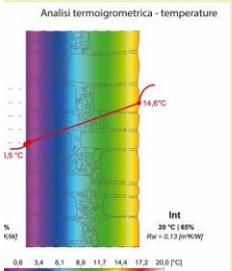
Fig. 1 - M1 - Muratura in pietra intonacata - esterno



Fig. 2 - M1 - Particolare lesioni e degradi - esterno



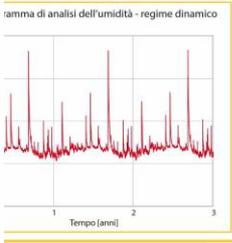
Fig. 3 - M1 - Muratura in pietra a vista - interno



$\varphi_{10}$	19,49	[h]
emissione $f_e$	0,025	[-]
rica interna $k_i$	80,6	[kJ/m <sup>2</sup> K]
rica esterna $k_e$	143,6	[kJ/m <sup>2</sup> K]

$\lambda$	$C_p$	$\rho$	$\mu$
[W/mK]	[J/kgK]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[-]
1,000	1010	1800	15-35
2,300	1000	2300	8000



ANALISI STATO DI FATTO

ANALISI STATO DI FATTO

M1e

Muratura in pietra e malta con intonaco esterno con isolamento dall'esterno

Analisi termoisometrica - temperature

Trasmissione - U - [W/m<sup>2</sup>K]

$\lambda$	$C_p$	$\rho$	$\mu$
[W/mK]	[J/kgK]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[-]
0,740	830	1150	12
0,740	830	1150	12
0,040	2100	155	5
0,045	1300	115	3
0,034	1450	20	50
0,740	830	1150	12
1,000	1010	1800	15-35
2,300	1000	2300	8000

mento dei valori limite di trasmissione (U) per la zona climatica F.  
di trasmissione (U) per la zona climatica F.

Trasmissione periodica - Y<sub>w</sub> - [W/m<sup>2</sup>K]

Sfasamento -  $\varphi_{10}$  - [h]

ANALISI RISANAMENTO ENERGETICO

energetica

osa del cappotto esterno. Al di sopra dell'intonaco vi. La posa avviene attraverso un collante a base strato isolante viene applicata una rasatura armata

o esistente presenti una finitura superficiale non to esterno.

zione "Indicazioni tecniche".

M1e

Muratura in pietra e malta con intonaco esterno con isolamento dall'esterno

Diagramma delle pressioni

Verifica della quantità di condensa

Assenza di condensa interstiziale  
Assenza di condensa superficiale  
Struttura regolamentare

Potenziale di asciugatura 2021  
Condensa accumulata 0  
Riserva di asciugatura 2021

contenuto di umidità nella stratigrafia

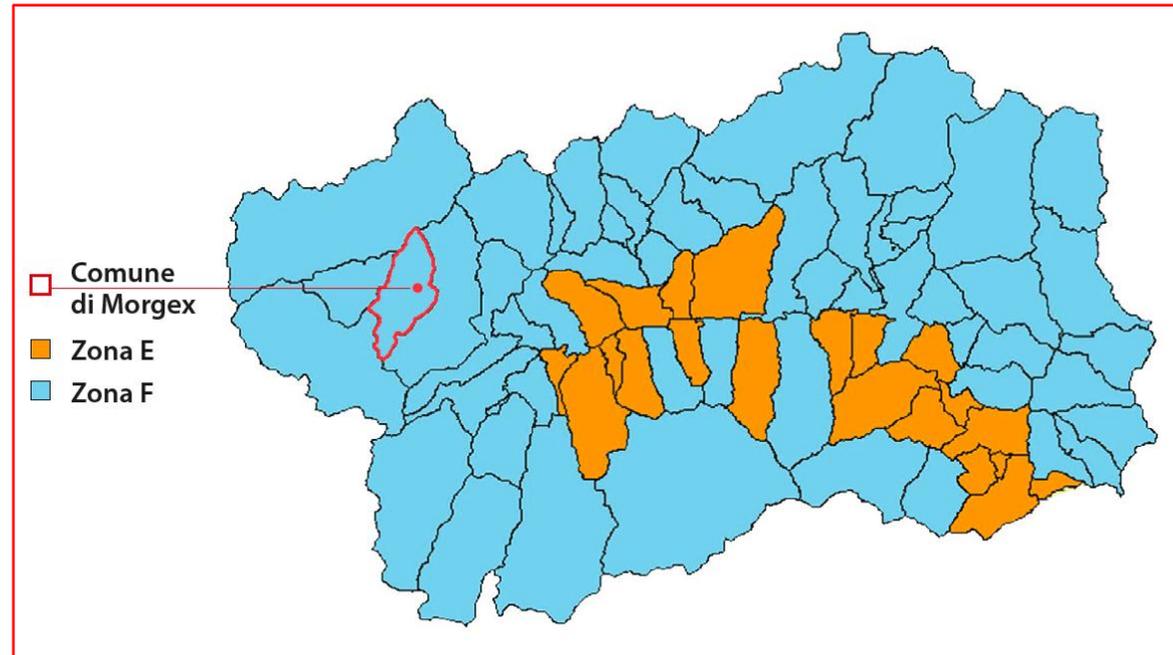
Umidità nel materiale più sollecitato

ANALISI RISANAMENTO ENERGETICO

... al risanamento energetico

## Ipotesi di calcolo

### Dati climatici



**Comune di riferimento**

**Morgex**

**Gradi Giorno**

**3617**

**Zona climatica**

**F**

**Temperatura media annuale**

**8,5 °C**

## Ipotesi di calcolo

### Caratterizzazione dei materiali



**MATERIALI**

**FONTE**

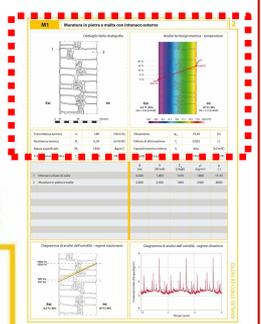
**Materiali esistenti**

**UNI 10351  
UNI EN ISO 10456**

**Materiali utilizzati negli  
interventi di ottimizzazione energetica**

**Certificazioni dei  
produttori**

## Scheda 2 – Elementi costruttivi



Analisi stato di fatto

**M1**

**Muratura in pietra e malta con intonaco esterno**

2

Dettaglio della stratigrafia

Analisi termoisometrica - temperature

Trasmittanza termica	U	1,86	[W/m²K]
Resistenza termica	R <sub>t</sub>	0,54	[m²K/W]
Massa superficiale	M <sub>s</sub>	1840	[kg/m²]
Trasmittanza periodica	Y <sub>ie</sub>	0,046	[W/m²K]

Sfasamento	φ <sub>12</sub>	19,49	[h]
Fattore di attenuazione	f <sub>a</sub>	0,025	[-]
Capacità termica interna	k <sub>i</sub>	80,6	[kJ/m²K]
Capacità termica esterna	k <sub>e</sub>	143,6	[kJ/m²K]

## Scheda 2 – Elementi costruttivi

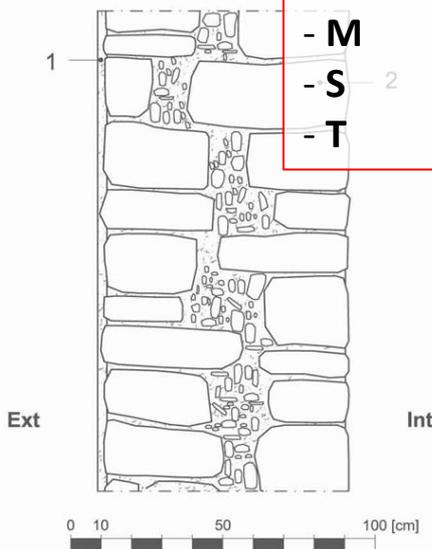
**M1**

Muratura in

**Codice della scheda**

**2**

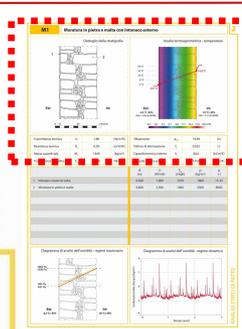
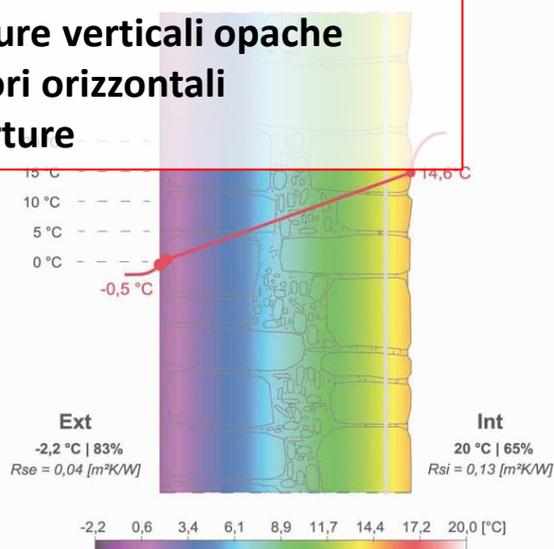
Dettaglio della stratigrafia



- M
- S
- T

**chiusure verticali opache  
divisori orizzontali  
coperture**

Analisi termoigrometrica - temperature



**Analisi stato di fatto**

Trasmittanza termica	U	1,86	[W/m²K]
Resistenza termica	R <sub>t</sub>	0,54	[m²K/W]
Massa superficiale	M <sub>s</sub>	1840	[kg/m²]
Trasmittanza periodica	Y <sub>ie</sub>	0,046	[W/m²K]

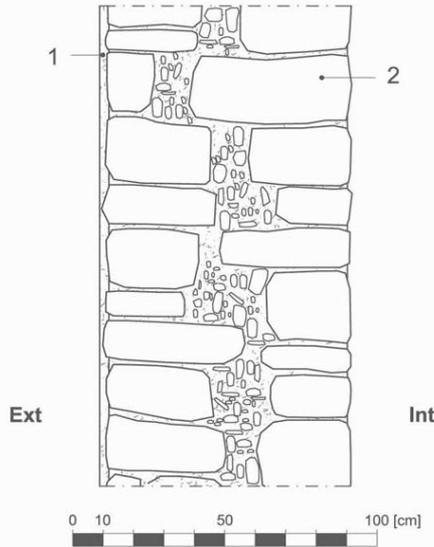
Sfasamento	φ <sub>12</sub>	19,49	[h]
Fattore di attenuazione	f <sub>a</sub>	0,025	[-]
Capacità termica interna	k <sub>i</sub>	80,6	[kJ/m²K]
Capacità termica esterna	k <sub>e</sub>	143,6	[kJ/m²K]

## Scheda 2 – Elementi costruttivi

**M1**

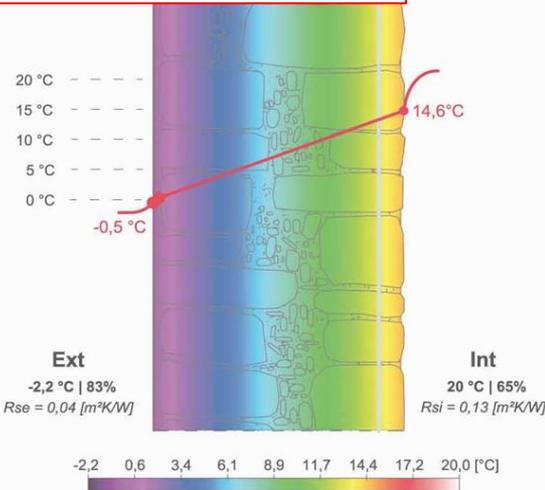
**Muratura in pietra e malta con intonaco esterno**

Dettaglio della stratigrafia



Analisi termoisometrica - temperature

**Nome del componente**

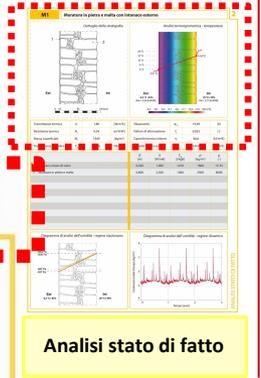


**Analisi stato di fatto**

Trasmittanza termica	U	1,86	[W/m²K]
Resistenza termica	R <sub>t</sub>	0,54	[m²K/W]
Massa superficiale	M <sub>s</sub>	1840	[kg/m²]
Trasmittanza periodica	Y <sub>ie</sub>	0,046	[W/m²K]

Sfasamento	φ <sub>12</sub>	19,49	[h]
Fattore di attenuazione	f <sub>a</sub>	0,025	[-]
Capacità termica interna	k <sub>i</sub>	80,6	[kJ/m²K]
Capacità termica esterna	k <sub>e</sub>	143,6	[kJ/m²K]

## Scheda 2 – Elementi costruttivi



Analisi stato di fatto

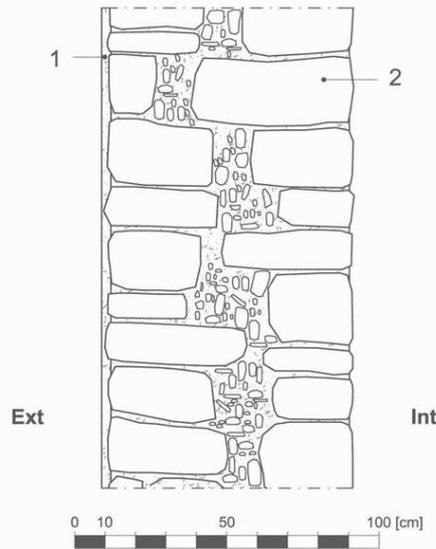
**M1**

**Muratura in pietra e malta con intonaco esterno**

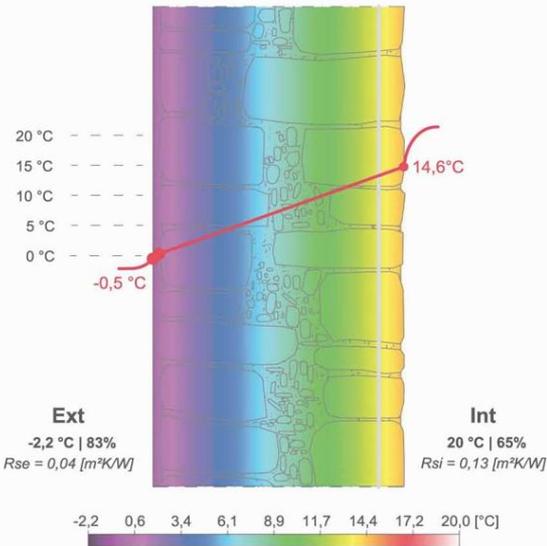
**Numero della scheda**

**2**

Dettaglio della stratigrafia



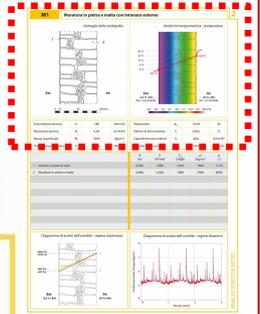
Analisi termoisometrica - temperature



Trasmittanza termica	U	1,86	[W/m²K]
Resistenza termica	R <sub>t</sub>	0,54	[m²K/W]
Massa superficiale	M <sub>s</sub>	1840	[kg/m²]
Trasmittanza periodica	Y <sub>ie</sub>	0,046	[W/m²K]

Sfasamento	φ <sub>12</sub>	19,49	[h]
Fattore di attenuazione	f <sub>a</sub>	0,025	[-]
Capacità termica interna	k <sub>i</sub>	80,6	[kJ/m²K]
Capacità termica esterna	k <sub>e</sub>	143,6	[kJ/m²K]

## Scheda 2 – Elementi costruttivi



Analisi stato di fatto

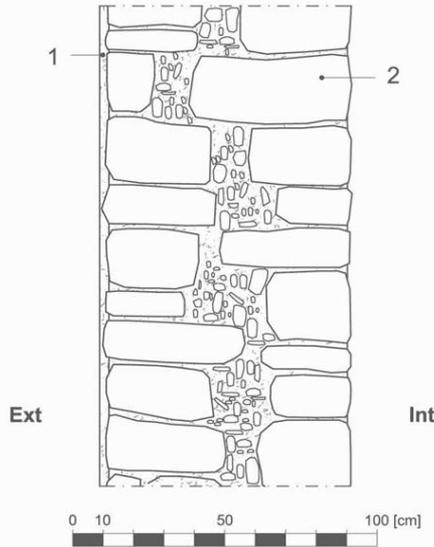
M1

Muratura in pietra e malta con intonaco

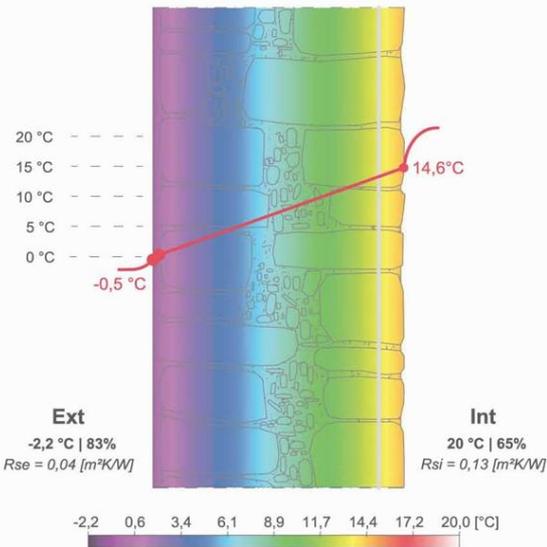
Dettaglio della stratigrafia

2

Dettaglio della stratigrafia



Analisi termoigrometrica - temperature



Trasmittanza termica	U	1,86	[W/m²K]
Resistenza termica	R <sub>t</sub>	0,54	[m²K/W]
Massa superficiale	M <sub>s</sub>	1840	[kg/m²]
Trasmittanza periodica	Y <sub>ie</sub>	0,046	[W/m²K]

Sfasamento	φ <sub>12</sub>	19,49	[h]
Fattore di attenuazione	f <sub>a</sub>	0,025	[-]
Capacità termica interna	k <sub>i</sub>	80,6	[kJ/m²K]
Capacità termica esterna	k <sub>e</sub>	143,6	[kJ/m²K]



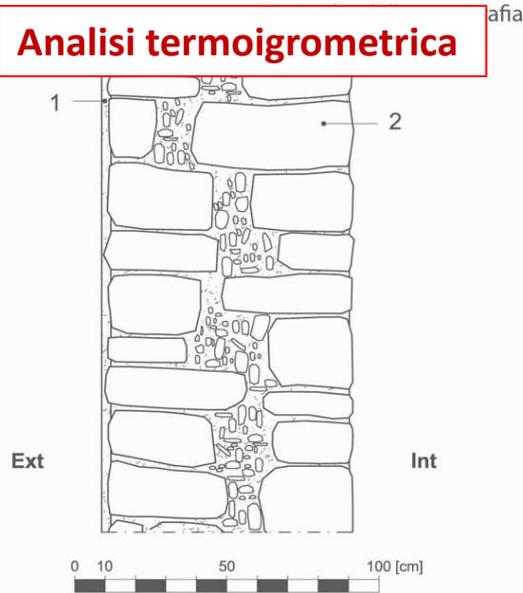
## Scheda 2 – Elementi costruttivi

M1

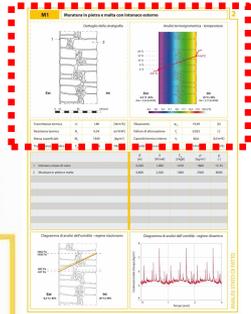
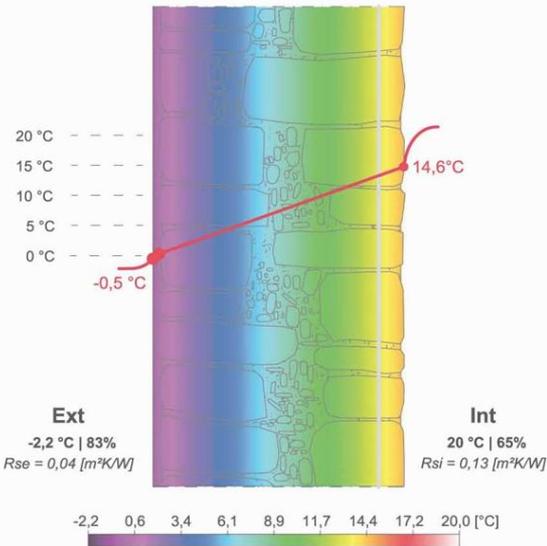
Muratura in pietra e malta con intonaco esterno

2

### Analisi termoigrometrica



### Analisi termoigrometrica - temperature



Analisi stato di fatto

Trasmittanza termica	U	1,86	[W/m²K]
Resistenza termica	R <sub>t</sub>	0,54	[m²K/W]
Massa superficiale	M <sub>s</sub>	1840	[kg/m²]
Trasmittanza periodica	Y <sub>ie</sub>	0,046	[W/m²K]

Sfasamento	φ <sub>12</sub>	19,49	[h]
Fattore di attenuazione	f <sub>a</sub>	0,025	[-]
Capacità termica interna	k <sub>i</sub>	80,6	[kJ/m²K]
Capacità termica esterna	k <sub>e</sub>	143,6	[kJ/m²K]

## Scheda 2 – Elementi costruttivi

**Analisi stato di fatto**

**M1**

**Muratura in pietra e malta con intonaco esterno**

2

Dettaglio della stratigrafia

Analisi termoigrometrica - temperature

**Caratteristiche termiche**

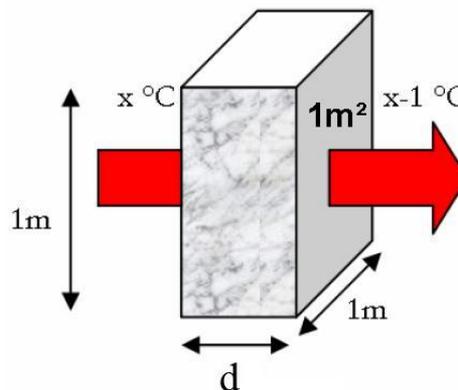
Trasmittanza termica	U	1,86	[W/m²K]	Sfasamento	$\phi_{12}$	19,49	[h]
Resistenza termica	$R_T$	0,54	[m²K/W]	Fattore di attenuazione	$f_a$	0,025	[-]
Massa superficiale	$M_s$	1840	[kg/m²]	Capacità termica interna	$k_i$	80,6	[kJ/m²K]
Trasmittanza periodica	$Y_{ie}$	0,046	[W/m²K]	Capacità termica esterna	$k_e$	143,6	[kJ/m²K]

## Scheda 2 – Elementi costruttivi

### Caratteristiche termiche

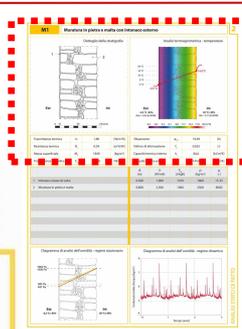
#### Trasmittanza termica U

La trasmittanza termica indica il flusso di calore che, in condizioni stazionarie, attraversa un elemento costruttivo, avente superficie pari a un metro quadrato, quando la differenza di temperatura dell'aria tra le due facce opposte e parallele è pari a un kelvin.



Trasmittanza termica	U	1,86	[W/m²K]
Resistenza termica	R <sub>T</sub>	0,54	[m²K/W]
Massa superficiale	M <sub>s</sub>	1840	[kg/m²]
Trasmittanza periodica	Y <sub>ie</sub>	0,046	[W/m²K]

Sfasamento	φ <sub>12</sub>	19,49	[h]
Fattore di attenuazione	f <sub>a</sub>	0,025	[-]
Capacità termica interna	k <sub>i</sub>	80,6	[kJ/m²K]
Capacità termica esterna	k <sub>e</sub>	143,6	[kJ/m²K]



Analisi stato di fatto



## Scheda 2 – Elementi costruttivi

### Caratteristiche termiche

#### Trasmittanza termica U

La trasmittanza termica è definita dalla seguente relazione <sup>(1)</sup>:

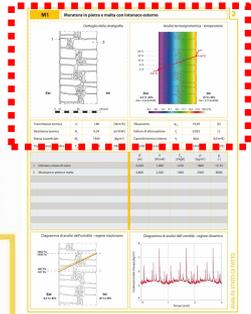
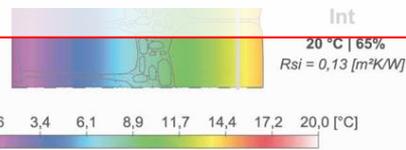
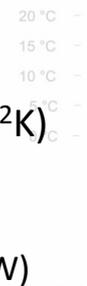
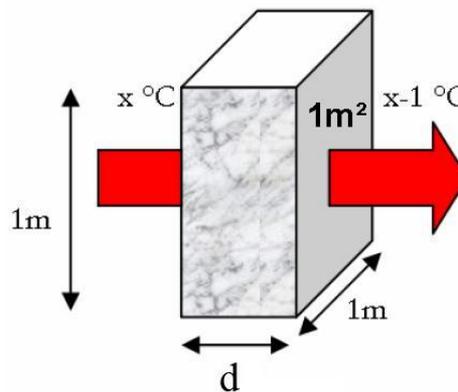
$$U = 1/R_T$$

dove

$R_T$  = resistenza termica totale

$$(W/m^2K)$$

$$(m^2K/W)$$



Analisi stato di fatto

Trasmittanza termica	$U$	1,86	$[W/m^2K]$	Sfasamento	$\phi_{12}$	19,49	$[h]$
Resistenza termica	$R_T$	0,54	$[m^2K/W]$	Fattore di attenuazione	$f_a$	0,025	$[-]$
Massa superficiale	$M_s$	1840	$[kg/m^2]$	Capacità termica interna	$k_i$	80,6	$[kJ/m^2K]$
Trasmittanza periodica	$Y_{ie}$	0,046	$[W/m^2K]$	Capacità termica esterna	$k_e$	143,6	$[kJ/m^2K]$

(1) UNI EN ISO 6946

## Scheda 2 – Elementi costruttivi

### Caratteristiche termiche

Analisi stato di fatto

### Trasmittanza termica U

Dettaglio della stratigrafia

Ext Int

0 10 50 100 [cm]

### Analisi termoisometrica - temperature

Ext Int

-2,2 °C | 83%  
R<sub>se</sub> = 0,04 [m²K/W]

20 °C | 65%  
R<sub>si</sub> = 0,13 [m²K/W]

-2,2 0,6 3,4 6,1 8,9 11,7 14,4 17,2 20,0 [°C]

**Minore è il valore di U**

**➔**

**maggiore è la capacità isolante dell'elemento costruttivo**

Trasmittanza termica	U	1,86	[W/m²K]	Sfasamento	$\phi_{12}$	19,49	[h]
Resistenza termica	R <sub>T</sub>	0,54	[m²K/W]	Fattore di attenuazione	f <sub>a</sub>	0,025	[-]
Massa superficiale	M <sub>s</sub>	1840	[kg/m²]	Capacità termica interna	k <sub>i</sub>	80,6	[kJ/m²K]
Trasmittanza periodica	Y <sub>ie</sub>	0,046	[W/m²K]	Capacità termica esterna	k <sub>e</sub>	143,6	[kJ/m²K]

(1) UNI EN ISO 6946

Scheda 2 – Elementi costruttivi

Caratteristiche termiche

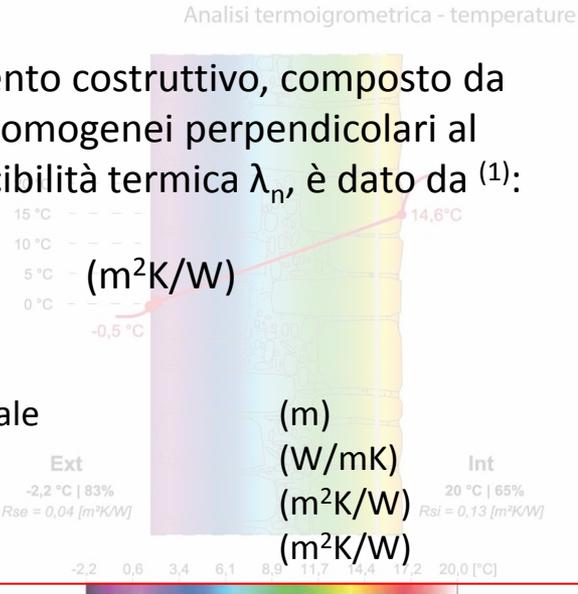
Resistenza termica totale R

La resistenza termica totale di un elemento costruttivo, composto da una successione di strati termicamente omogenei perpendicolari al flusso di calore, di spessore  $d_n$  e conducibilità termica  $\lambda_n$ , è dato da <sup>(1)</sup>:

$$R_T = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + R_{se}$$

dove

- d = spessore dello strato di materiale (m)
- $\lambda$  = conducibilità del materiale (W/mK)
- $R_{si}$  = resistenza superficiale interna ( $m^2K/W$ )
- $R_{se}$  = resistenza superficiale esterna ( $m^2K/W$ )



Analisi stato di fatto

Trasmittanza termica	U	1,86	[W/m²K]	Sfasamento	$\phi_{12}$	19,49	[h]
Resistenza termica	$R_T$	0,54	[m²K/W]	Fattore di attenuazione	$f_a$	0,025	[-]
Massa superficiale	$M_s$	1840	[kg/m²]	Capacità termica interna	$k_i$	80,6	[kJ/m²K]
Trasmittanza periodica	$Y_{ie}$	0,046	[W/m²K]	Capacità termica esterna	$k_e$	143,6	[kJ/m²K]

(1) UNI EN ISO 6946

## Scheda 2 – Elementi costruttivi

### Caratteristiche termiche

Analisi stato di fatto

#### Resistenza termica totale R

Dettaglio della stratigrafia

Ext Int

0 10 50 100 [cm]

#### Analisi termoisometrica - temperature

Ext Int

-2,2 °C | 83%  
Rse = 0,04 [m²K/W]

20 °C | 65%  
Rsi = 0,13 [m²K/W]

-2,2 0,6 3,4 6,1 8,9 11,7 14,4 17,2 20,0 [°C]

**Minore è il valore di R**

**minore è la capacità isolante dell'elemento costruttivo**

Trasmittanza termica	U	1,86	[W/m²K]	Sfasamento	$\phi_{12}$	19,49	[h]
Resistenza termica	$R_T$	0,54	[m²K/W]	Fattore di attenuazione	$f_a$	0,025	[-]
Massa superficiale	$M_s$	1840	[kg/m²]	Capacità termica interna	$k_i$	80,6	[kJ/m²K]
Trasmittanza periodica	$Y_{ie}$	0,046	[W/m²K]	Capacità termica esterna	$k_e$	143,6	[kJ/m²K]

(1) UNI EN ISO 6946

## Scheda 2 – Elementi costruttivi

### Caratteristiche termiche

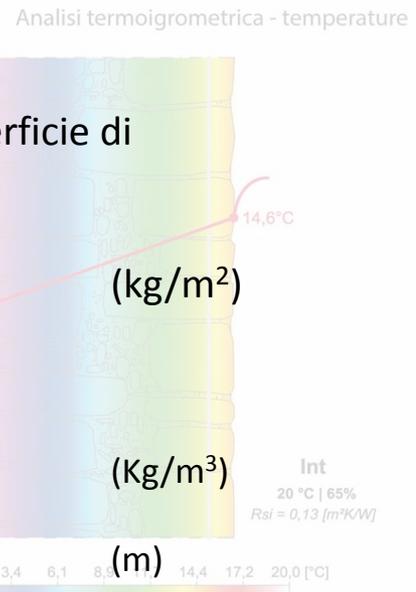
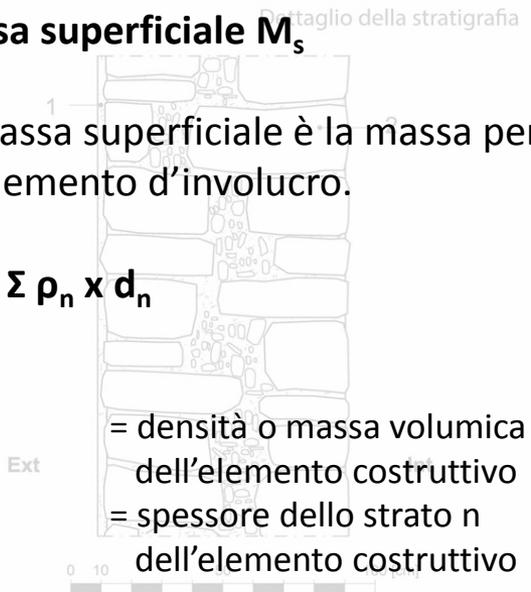
#### Massa superficiale $M_s$

La massa superficiale è la massa per unità di superficie di un elemento d'involucro.

$$M_s = \sum \rho_n \times d_n$$

dove

$\rho_n$  = densità o massa volumica dello strato n dell'elemento costruttivo  
 $d$  = spessore dello strato n dell'elemento costruttivo



Analisi stato di fatto

Trasmittanza termica	U	1,86	[W/m²K]	Sfasamento	$\phi_{12}$	19,49	[h]
Resistenza termica	$R_T$	0,54	[m²K/W]	Fattore di attenuazione	$f_a$	0,025	[-]
Massa superficiale	$M_s$	1840	[kg/m²]	Capacità termica interna	$k_i$	80,6	[kJ/m²K]
Trasmittanza periodica	$Y_{ie}$	0,046	[W/m²K]	Capacità termica esterna	$k_e$	143,6	[kJ/m²K]



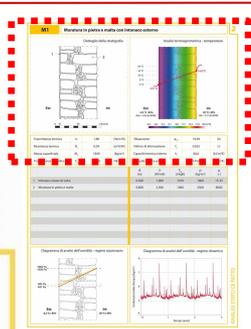
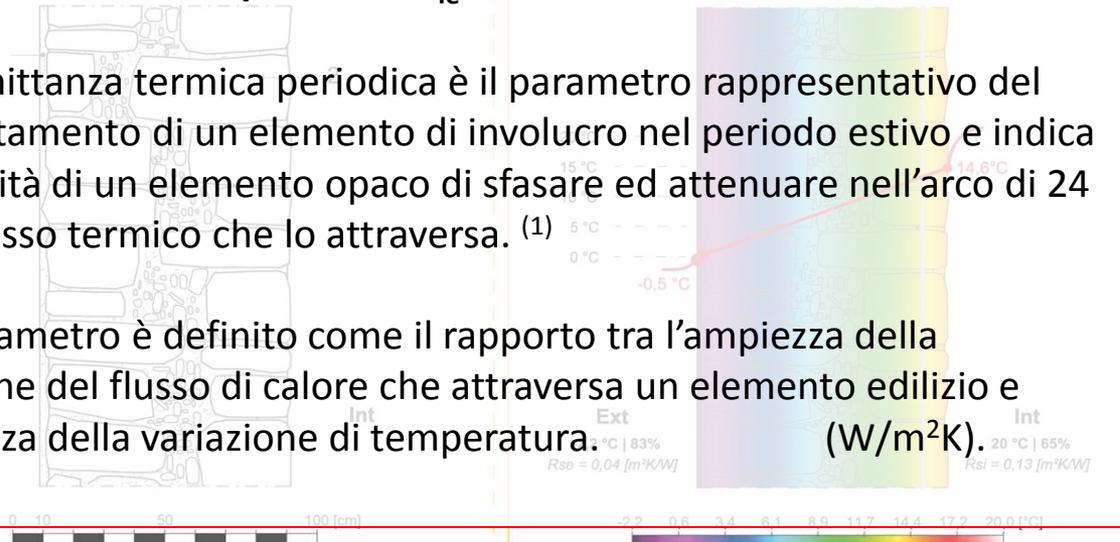
## Scheda 2 – Elementi costruttivi

### Caratteristiche termiche

#### Trasmittanza termica periodica $Y_{ie}$

La trasmittanza termica periodica è il parametro rappresentativo del comportamento di un elemento di involucro nel periodo estivo e indica la capacità di un elemento opaco di sfasare ed attenuare nell'arco di 24 ore il flusso termico che lo attraversa. (1)

Tale parametro è definito come il rapporto tra l'ampiezza della variazione del flusso di calore che attraversa un elemento edilizio e l'ampiezza della variazione di temperatura. (W/m<sup>2</sup>K).



Analisi stato di fatto

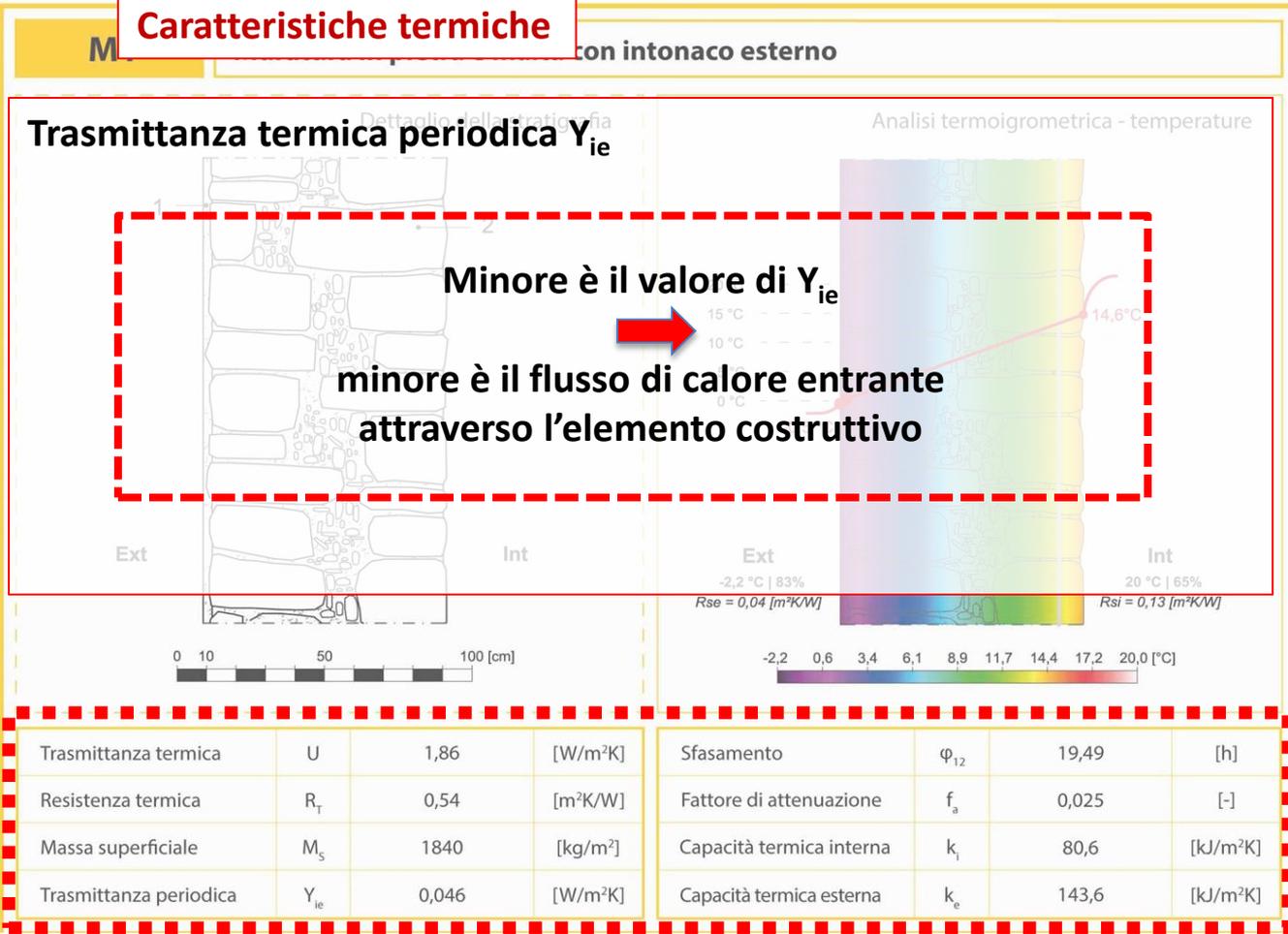
Trasmittanza termica	U	1,86	[W/m <sup>2</sup> K]	Sfasamento	$\phi_{12}$	19,49	[h]
Resistenza termica	$R_T$	0,54	[m <sup>2</sup> K/W]	Fattore di attenuazione	$f_a$	0,025	[-]
Massa superficiale	$M_s$	1840	[kg/m <sup>2</sup> ]	Capacità termica interna	$k_i$	80,6	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Trasmittanza periodica	$Y_{ie}$	0,046	[W/m <sup>2</sup> K]	Capacità termica esterna	$k_e$	143,6	[kJ/m <sup>2</sup> K]

(1) UNI EN ISO 13786

## Scheda 2 – Elementi costruttivi

### Caratteristiche termiche

Analisi stato di fatto

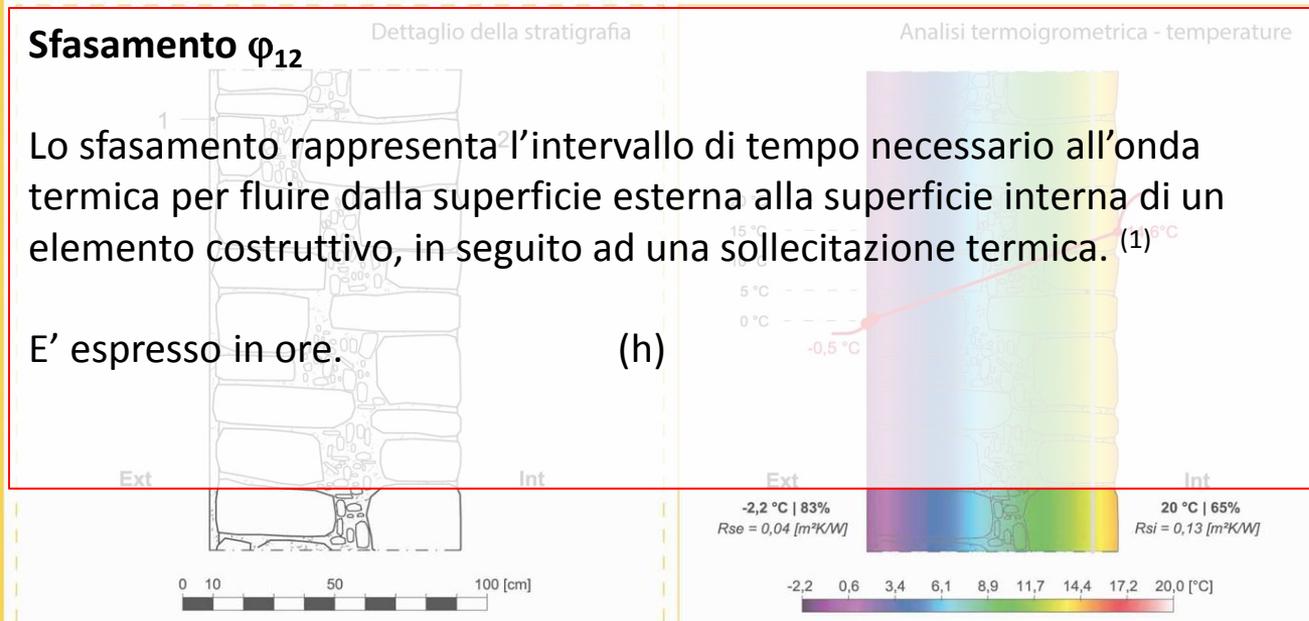


(1) UNI EN ISO 13786

## Scheda 2 – Elementi costruttivi

### Caratteristiche termiche

Analisi stato di fatto



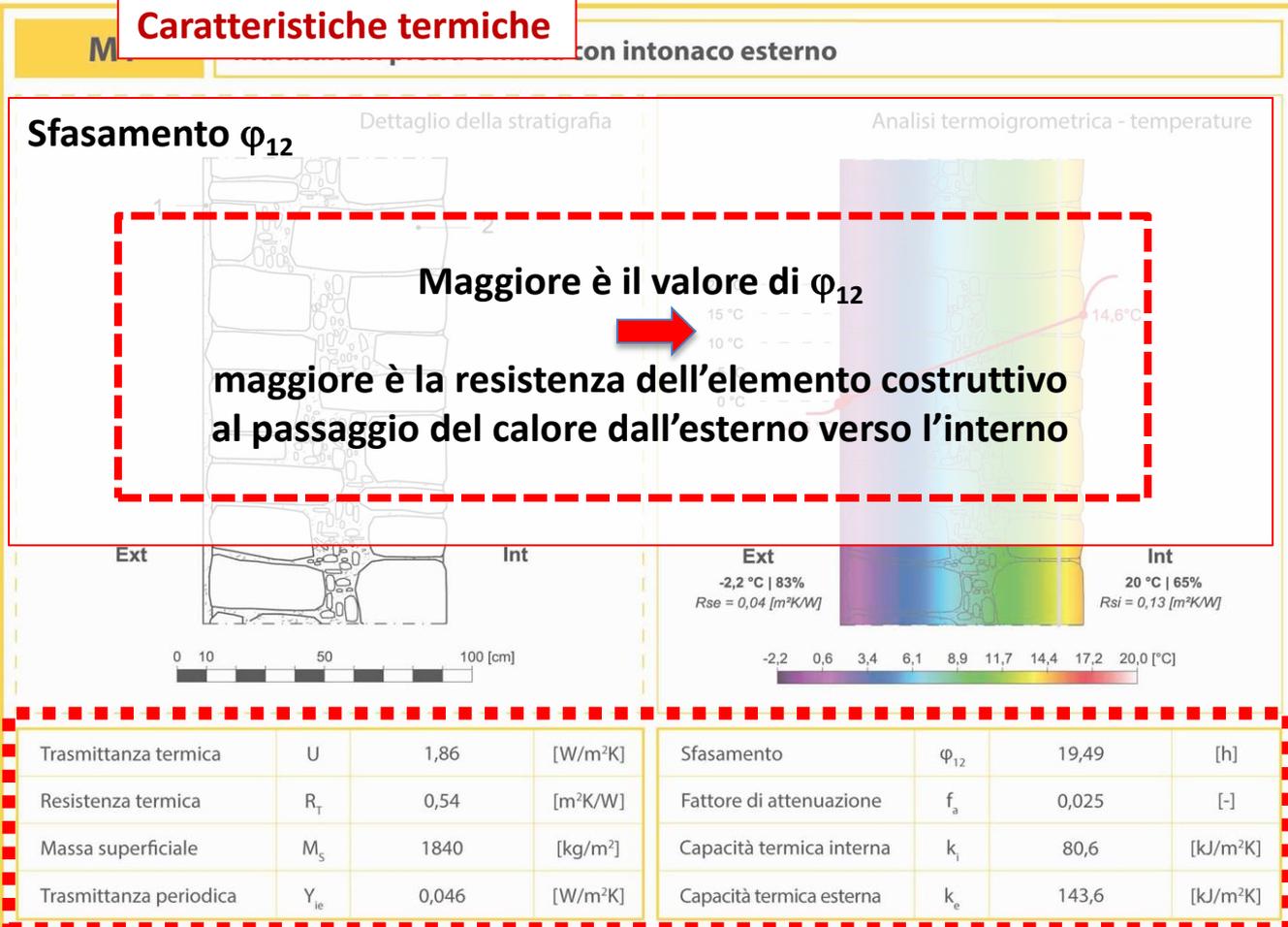
Trasmittanza termica	U	1,86	[W/m²K]	Sfasamento	$\phi_{12}$	19,49	[h]
Resistenza termica	$R_T$	0,54	[m²K/W]	Fattore di attenuazione	$f_a$	0,025	[-]
Massa superficiale	$M_s$	1840	[kg/m²]	Capacità termica interna	$k_i$	80,6	[kJ/m²K]
Trasmittanza periodica	$Y_{ie}$	0,046	[W/m²K]	Capacità termica esterna	$k_e$	143,6	[kJ/m²K]

(1) UNI EN ISO 13786

## Scheda 2 – Elementi costruttivi

### Caratteristiche termiche

Analisi stato di fatto



(1) UNI EN ISO 13786

## Scheda 2 – Elementi costruttivi

### Caratteristiche termiche

#### Fattore di attenuazione $f_a$

Il fattore di attenuazione indica la riduzione di intensità del flusso di calore che attraversa un elemento costruttivo. (1)

$$f_a = Y_{ie} / U$$

dove

$Y_{ie}$

= trasmittanza termica periodica dell'elemento costruttivo

$U$

= trasmittanza termica stazionaria dell'elemento costruttivo

Ext

Ext

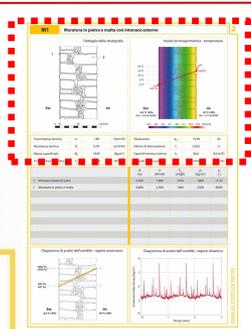
Int

-2,2 °C | 83%  
 $\phi = 0,04 [m^2K/W]$

20 °C | 65%  
 $R_{si} = 0,13 [m^2K/W]$

(W/m<sup>2</sup>K) (W/m<sup>2</sup>K)

-2,2 0,6 3,4 6,1 8,8 11,6 14,4 17,2 20,0 [°C]



Analisi stato di fatto

Trasmittanza termica	$U$	1,86	[W/m <sup>2</sup> K]	Sfasamento	$\phi_{12}$	19,49	[h]
Resistenza termica	$R_T$	0,54	[m <sup>2</sup> K/W]	Fattore di attenuazione	$f_a$	0,025	[-]
Massa superficiale	$M_s$	1840	[kg/m <sup>2</sup> ]	Capacità termica interna	$k_i$	80,6	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Trasmittanza periodica	$Y_{ie}$	0,046	[W/m <sup>2</sup> K]	Capacità termica esterna	$k_e$	143,6	[kJ/m <sup>2</sup> K]

(1) UNI EN ISO 13786

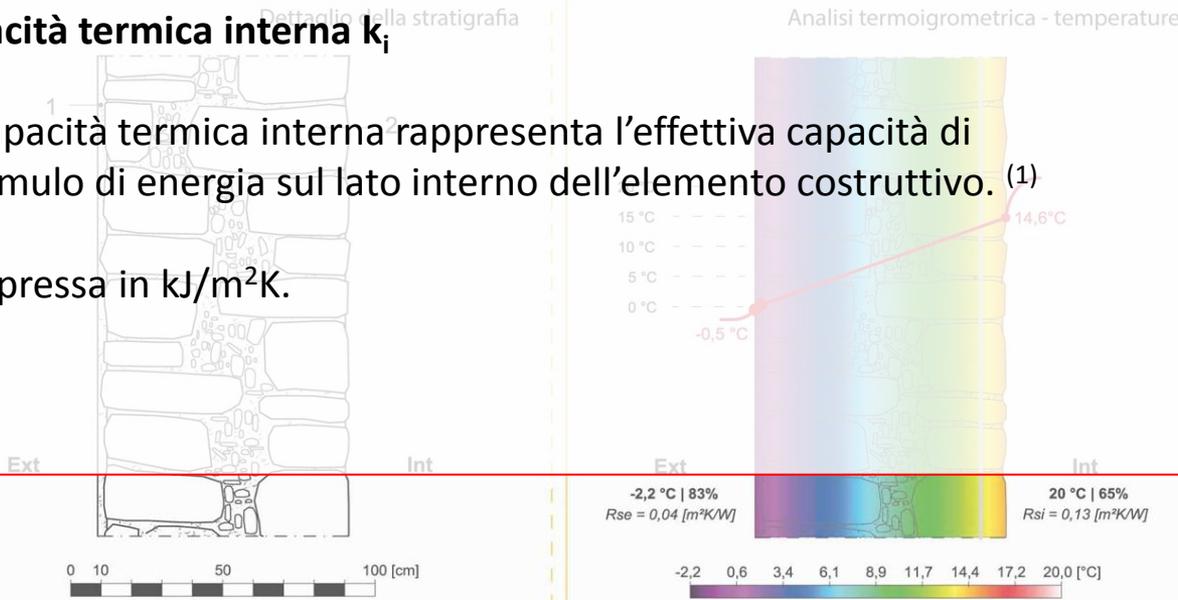
## Scheda 2 – Elementi costruttivi

### Caratteristiche termiche

#### Capacità termica interna $k_i$

La capacità termica interna rappresenta l'effettiva capacità di accumulo di energia sul lato interno dell'elemento costruttivo. (1)

E' espressa in  $\text{kJ/m}^2\text{K}$ .



**Analisi stato di fatto**

Trasmittanza termica	$U$	1,86	$[\text{W/m}^2\text{K}]$	Sfasamento	$\phi_{12}$	19,49	$[\text{h}]$
Resistenza termica	$R_T$	0,54	$[\text{m}^2\text{K/W}]$	Fattore di attenuazione	$f_a$	0,025	$[-]$
Massa superficiale	$M_s$	1840	$[\text{kg/m}^2]$	Capacità termica interna	$k_i$	80,6	$[\text{kJ/m}^2\text{K}]$
Trasmittanza periodica	$Y_{ie}$	0,046	$[\text{W/m}^2\text{K}]$	Capacità termica esterna	$k_e$	143,6	$[\text{kJ/m}^2\text{K}]$



(1) UNI EN ISO 13786

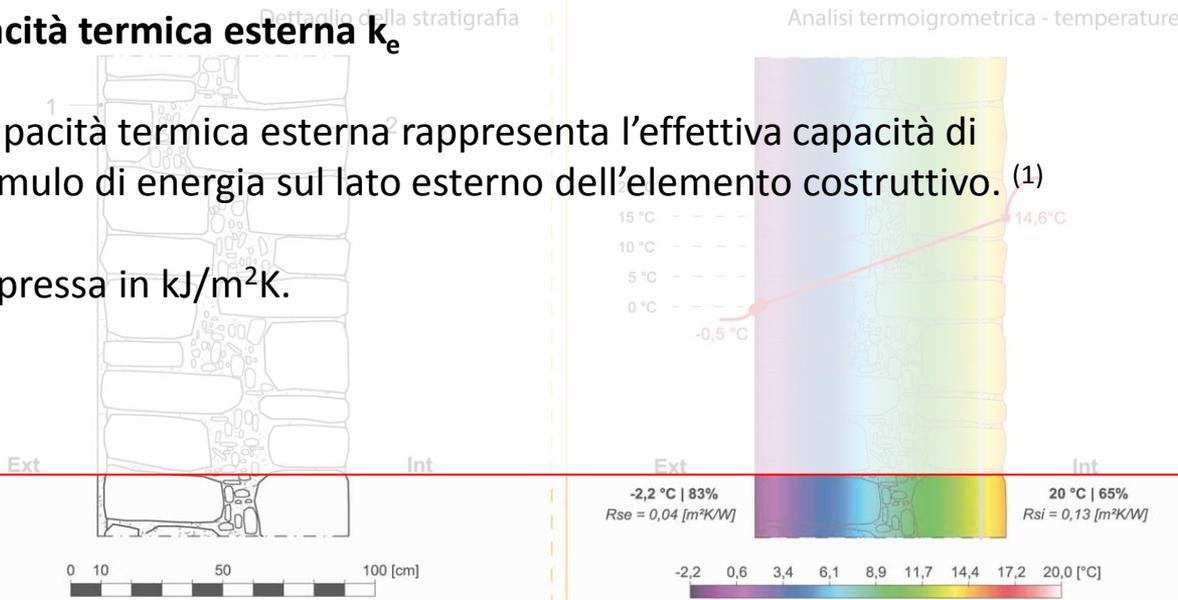
## Scheda 2 – Elementi costruttivi

### Caratteristiche termiche

#### Capacità termica esterna $k_e$

La capacità termica esterna rappresenta l'effettiva capacità di accumulo di energia sul lato esterno dell'elemento costruttivo. (1)

E' espressa in  $\text{kJ/m}^2\text{K}$ .



Analisi stato di fatto

Trasmittanza termica	$U$	1,86	$[\text{W/m}^2\text{K}]$	Sfasamento	$\phi_{12}$	19,49	$[\text{h}]$
Resistenza termica	$R_T$	0,54	$[\text{m}^2\text{K/W}]$	Fattore di attenuazione	$f_a$	0,025	$[-]$
Massa superficiale	$M_s$	1840	$[\text{kg/m}^2]$	Capacità termica interna	$k_i$	80,6	$[\text{kJ/m}^2\text{K}]$
Trasmittanza periodica	$Y_{ie}$	0,046	$[\text{W/m}^2\text{K}]$	Capacità termica esterna	$k_e$	143,6	$[\text{kJ/m}^2\text{K}]$



(1) UNI EN ISO 13786

## Scheda 2 – Elementi costruttivi

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
2	Muratura in pietra e malta	0,800	2,300	1000	2300	8000

Diagramma di analisi dell'umidità - regime stazionario

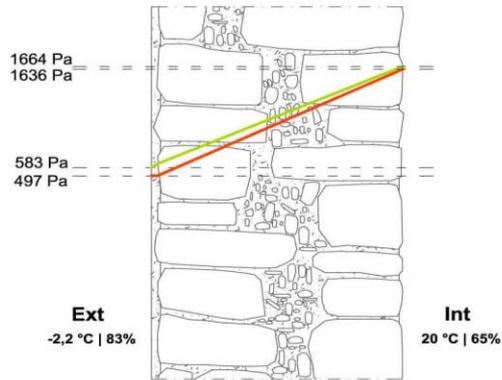
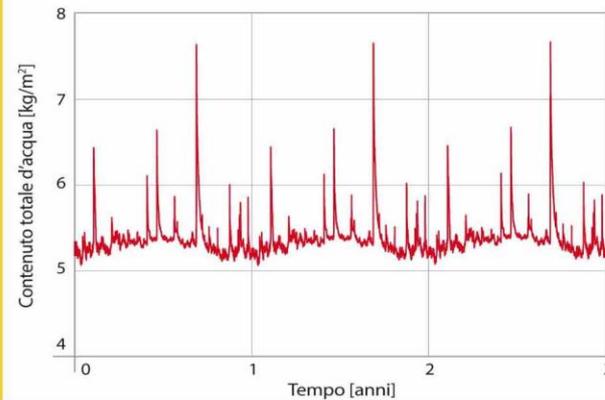
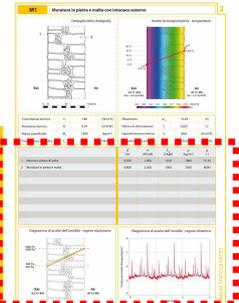


Diagramma di analisi dell'umidità - regime dinamico

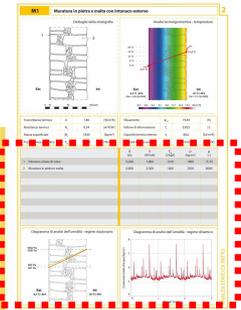


ANALISI STATO DI FATTO



Analisi stato di fatto

## Scheda 2 – Elementi costruttivi



Analisi stato di fatto

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
2	Muratura in pietra e malta	0,800	2,300	1000	2300	8000

### Caratteristiche termofisiche dei materiali componenti la stratigrafia

Diagramma di analisi dell'umidità - regime stazionario

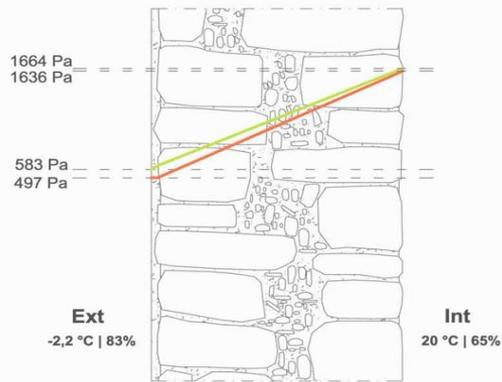
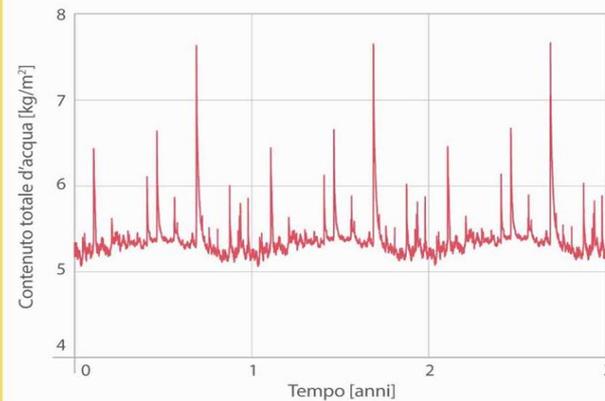


Diagramma di analisi dell'umidità - regime dinamico



ANALISI STATO DI FATTO

# Guida alla consultazione

## Scheda 2 – Elementi costruttivi



		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
2	Muratura in pietra e malta	0,800	2,300	1000	2300	8000

### Caratteristiche termofisiche dei materiali componenti la stratigrafia

### Spessore

Indica lo spessore, in metri, di ogni strato che compone l'elemento costruttivo.

Diagramma di analisi dell'umidità - regime stazionario

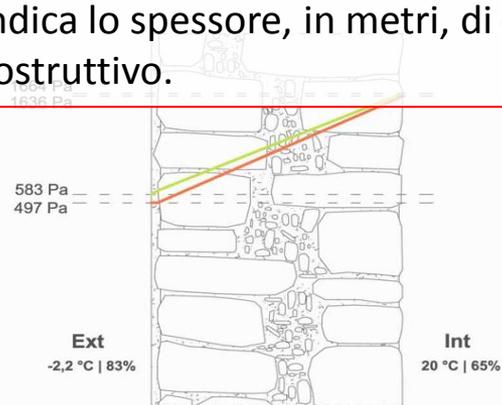
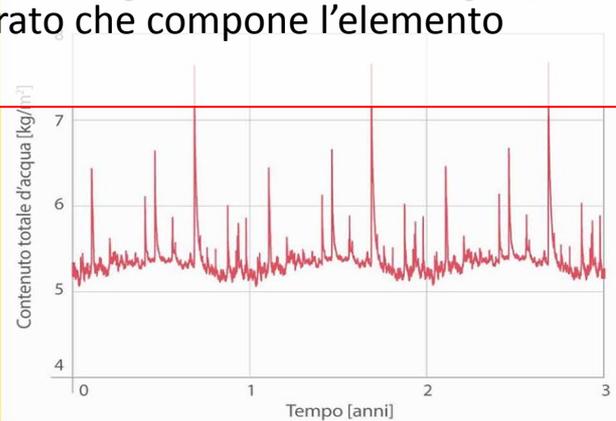


Diagramma di analisi dell'umidità - regime dinamico



**Analisi stato di fatto**

ANALISI STATO DI FATTO

## Scheda 2 – Elementi costruttivi



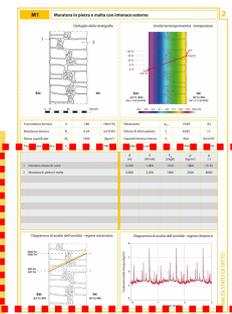
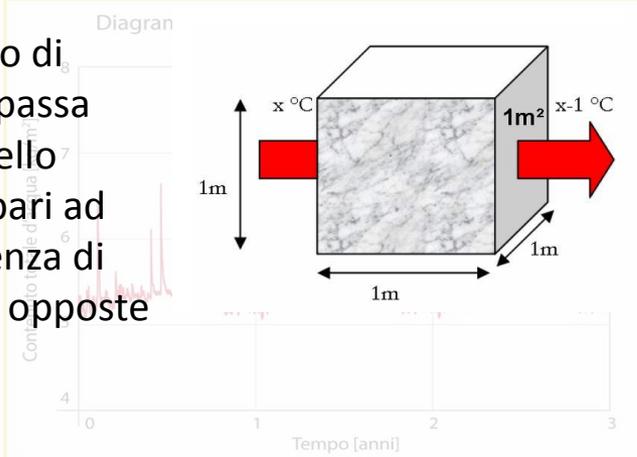
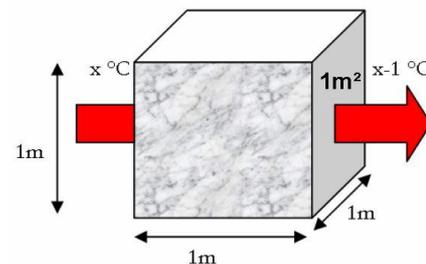
		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
2	Muratura in pietra e malta	0,800	2,300	1000	2300	8000

### Caratteristiche termofisiche dei materiali componenti la stratigrafia

#### Conducibilità termica $\lambda$

La conducibilità termica indica il flusso di calore che, in condizioni stazionarie, passa attraverso un materiale omogeneo dello spessore di un metro e di superficie pari ad un metro quadrato, quando la differenza di temperatura dell'aria tra le due facce opposte è pari a un kelvin.

E' misurata in W/mK.



Analisi stato di fatto

ANALISI STATO DI FATTO

## Guida alla consultazione

### Scheda 2 – Elementi costruttivi



		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
2	Muratura in pietra e malta	0,800	2,300	1000	2300	8000

### Caratteristiche termofisiche dei materiali componenti la stratigrafia

### Conduttività termica $\lambda$

Diagramma di analisi dell'umidità - regime stazionario

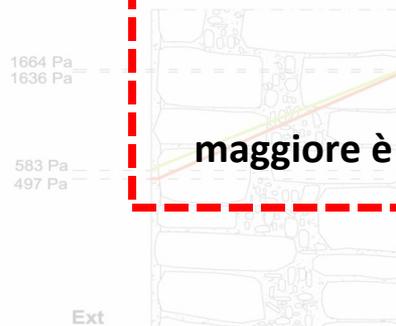
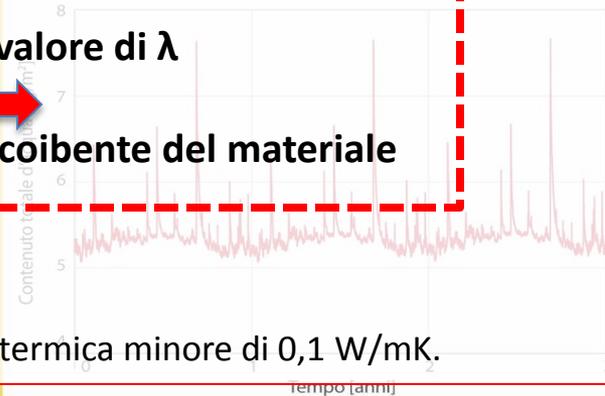
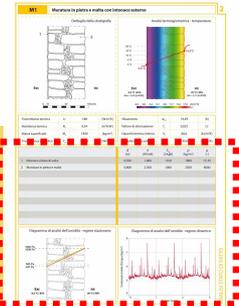


Diagramma di analisi dell'umidità - regime dinamico



**Minore è il valore di  $\lambda$   
maggiore è la proprietà coibente del materiale**

I materiali isolanti hanno una conduttività termica minore di 0,1 W/mK.



Analisi stato di fatto

ANALISI STATO DI FATTO

## Scheda 2 – Elementi costruttivi



		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
2	Muratura in pietra e malta	0,800	2,300	1000	2300	8000

### Caratteristiche termofisiche dei materiali componenti la stratigrafia

#### Calore specifico $c_p$

Il calore specifico indica la quantità di calore necessaria per innalzare di un kelvin la temperatura di una massa di un chilogrammo di materiale.

Tale grandezza rappresenta la quantità di calore che un materiale può accumulare.

È espressa in J/(KgK).

Diagramma di analisi dell'umidità - regime stazionario

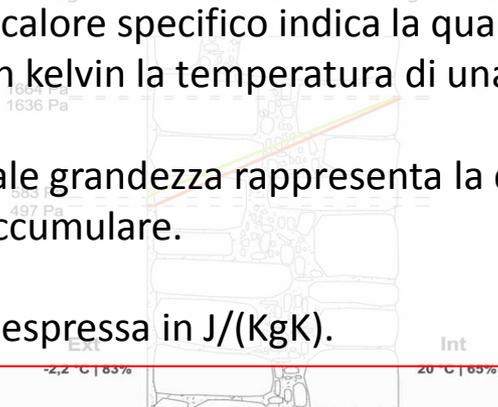
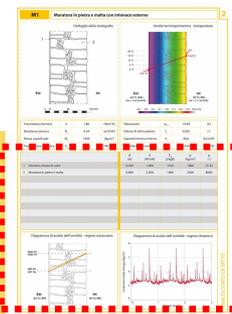
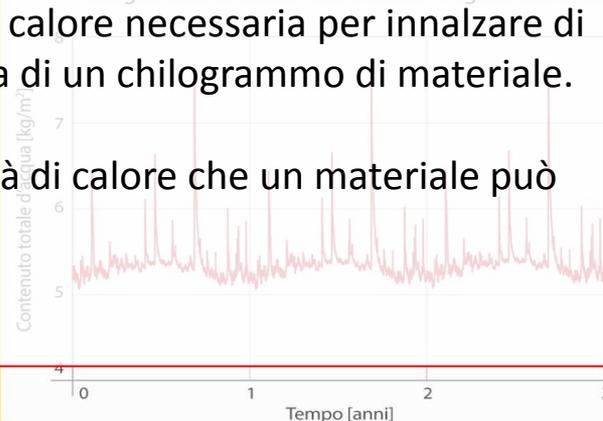


Diagramma di analisi dell'umidità - regime dinamico



Analisi stato di fatto

ANALISI STATO DI FATTO

# Guida alla consultazione

## Scheda 2 – Elementi costruttivi



		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
2	Muratura in pietra e malta	0,800	2,300	1000	2300	8000

### Caratteristiche termofisiche dei materiali componenti la stratigrafia

#### Calore specifico $c_p$

Diagramma di analisi dell'umidità - regime stazionario

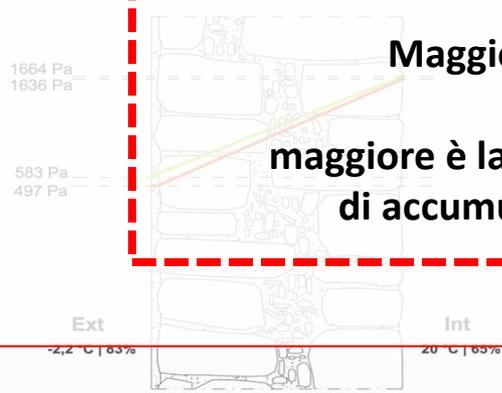
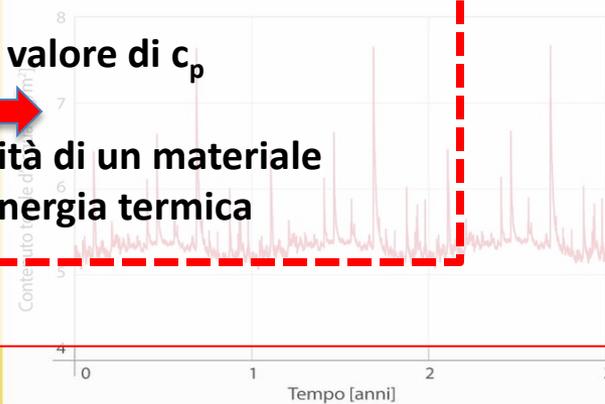
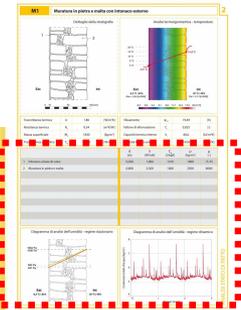


Diagramma di analisi dell'umidità - regime dinamico



Maggiore è il valore di  $c_p$   
→  
maggiore è la capacità di un materiale  
di accumulare energia termica



Analisi stato di fatto

ANALISI STATO DI FATTO

## Scheda 2 – Elementi costruttivi



**Analisi stato di fatto**

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
2	Muratura in pietra e malta	0,800	2,300	1000	2300	8000

### Caratteristiche termofisiche dei materiali componenti la stratigrafia

#### Massa volumica $\rho$

Diagramma di analisi dell'umidità - regime stazionario

La massa volumica è il rapporto tra la massa del materiale ed il suo volume.

Tale grandezza influenza le capacità transitorie del materiale.

È espressa in Kg/m<sup>2</sup>.

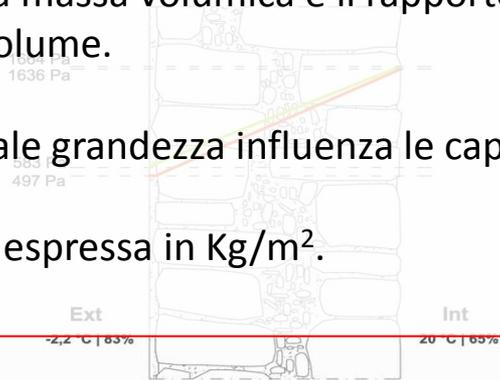
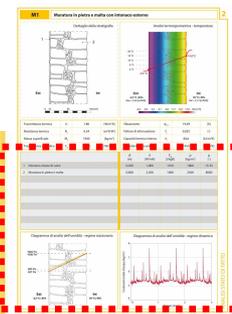


Diagramma di analisi dell'umidità - regime dinamico



ANALISI STATO DI FATTO

## Scheda 2 – Elementi costruttivi



Analisi stato di fatto

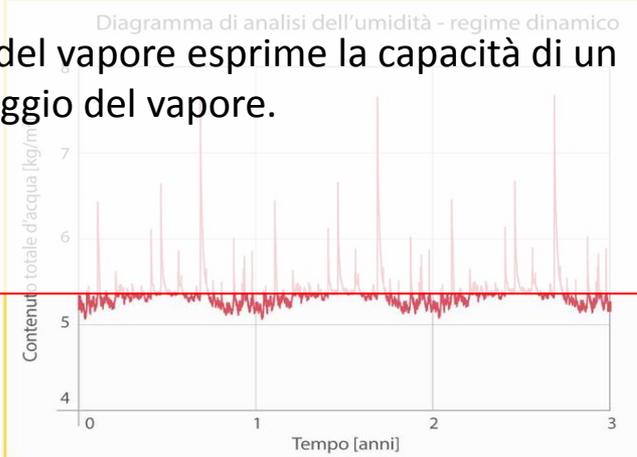
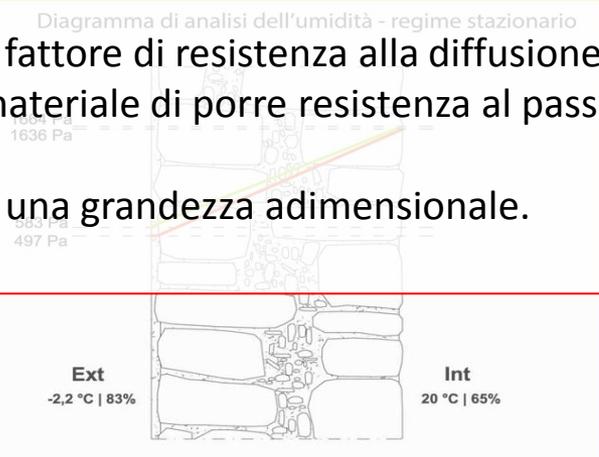
		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
2	Muratura in pietra e malta	0,800	2,300	1000	2300	8000

### Caratteristiche termofisiche dei materiali componenti la stratigrafia

#### Fattore di resistenza al vapore $\mu$

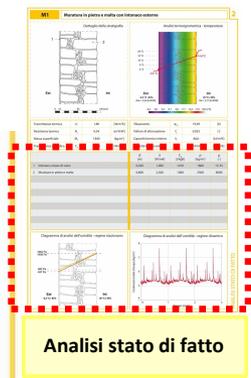
Il fattore di resistenza alla diffusione del vapore esprime la capacità di un materiale di porre resistenza al passaggio del vapore.

È una grandezza adimensionale.



ANALISI STATO DI FATTO

## Scheda 2 – Elementi costruttivi



Analisi stato di fatto

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
2	Muratura in pietra e malta	0,800	2,300	1000	2300	8000

**Caratteristiche termofisiche dei materiali componenti la stratigrafia**

### Fattore di resistenza al vapore $\mu$

Diagramma di analisi dell'umidità - regime stazionario

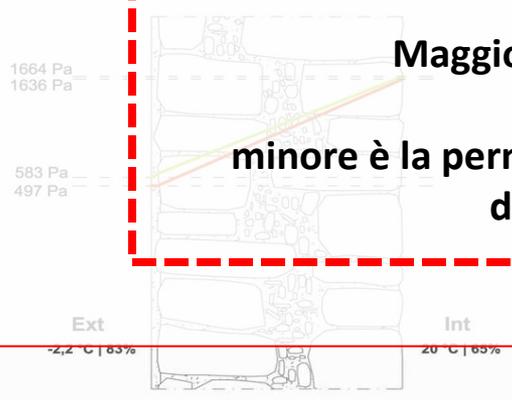


Diagramma di analisi dell'umidità - regime dinamico



**Maggiore è il valore di  $\mu$   
minore è la permeabilità al vapore acqueo  
del materiale**

ANALISI STATO DI FATTO

## Scheda 2 – Elementi costruttivi

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
2	Muratura in pietra e malta	0,800	2,300	1000	2300	8000

**Analisi stato di fatto**

Diagramma di analisi dell'umidità - regime stazionario

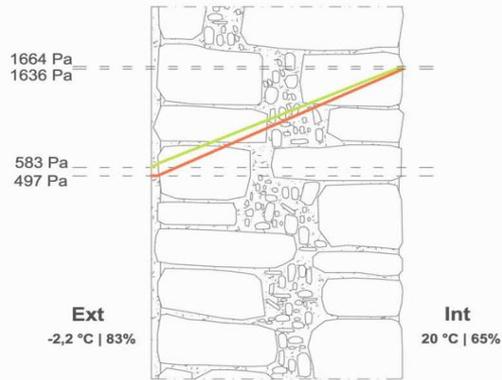


Diagramma di analisi dell'umidità - regime dinamico



ANALISI STATO DI FATTO

## Scheda 2 – Elementi costruttivi

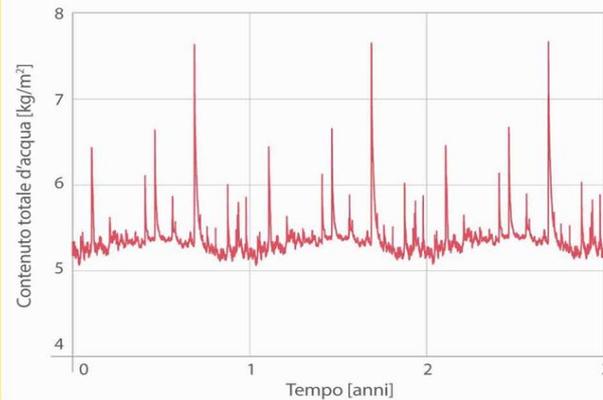
		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
2	Muratura in pietra e malta	0,800	2,300	1000	2300	8000

Diagramma di analisi dell'umidità - regime stazionario

**Diagramma di analisi dell'umidità in regime dinamico**



Diagramma di analisi dell'umidità - regime dinamico



ANALISI STATO DI FATTO

**Analisi stato di fatto**

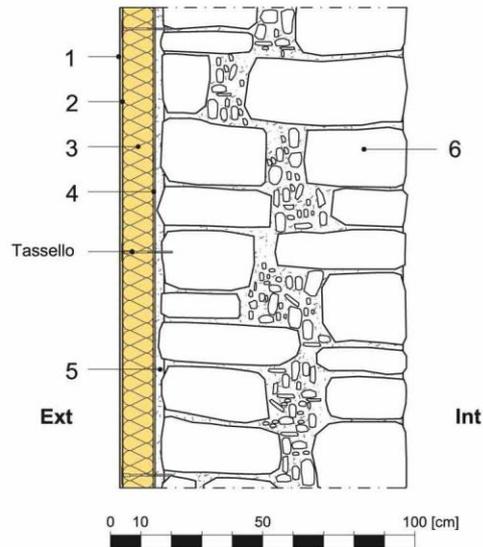
## Scheda 3 – Elementi costruttivi

3

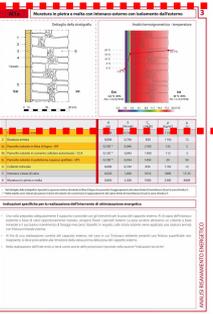
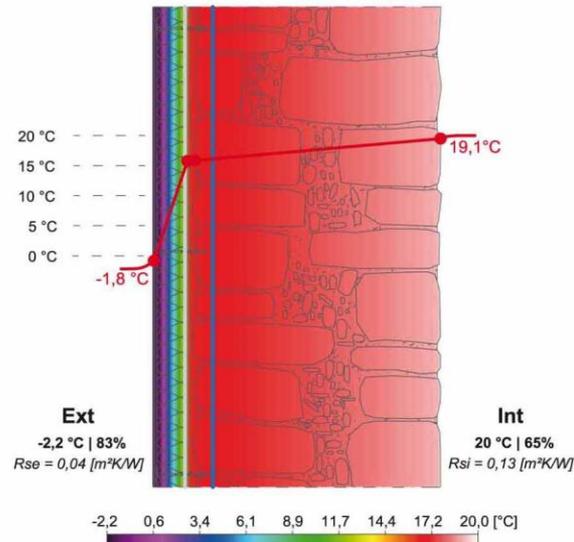
M1e

Muratura in pietra e malta con intonaco esterno con isolamento dall'esterno

Dettaglio della stratigrafia



Analisi termoigrometrica - temperature



Analisi risanamento energetico

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m³]	$\mu$ [-]
1	Finitura minerale esterna	0,004	0,740	830	1150	12
2	Rasatura armata	0,006	0,740	830	1150	12
3a	Pannello isolante in fibra di legno - WF	0,100 <sup>(1)</sup>	0,040	2100	155	5

## Scheda 3 – Elementi costruttivi

**M1e**

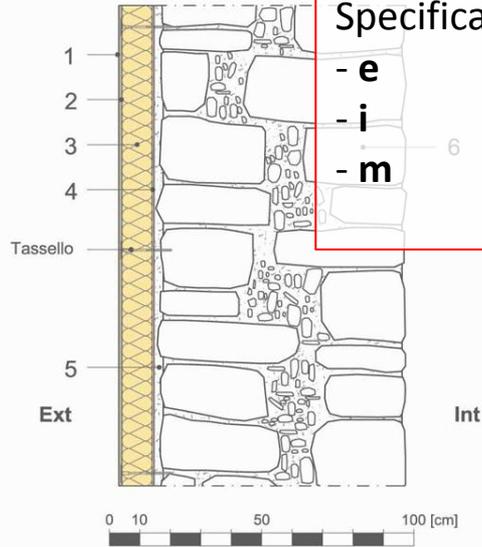
Muratura in

**Codice della scheda**

lavoro da isolamento dall'esterno

**3**

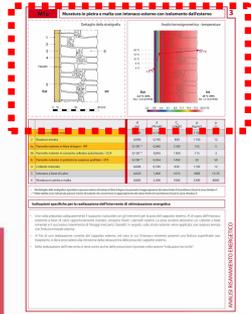
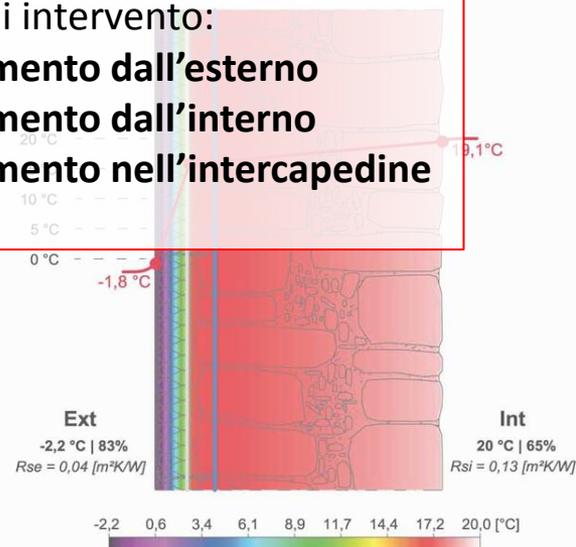
Dettaglio della stratigrafia



Specifica il tipo di intervento:

- e isolamento dall'esterno
- i isolamento dall'interno
- m isolamento nell'intercapedine

Analisi termoigrometrica - temperature



**Analisi risanamento energetico**

	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m³]	$\mu$ [-]
1 Finitura minerale esterna	0,004	0,740	830	1150	12
2 Rasatura armata	0,006	0,740	830	1150	12
3a Pannello isolante in fibra di legno - WF	0,100 <sup>(1)</sup>	0,040	2100	155	5

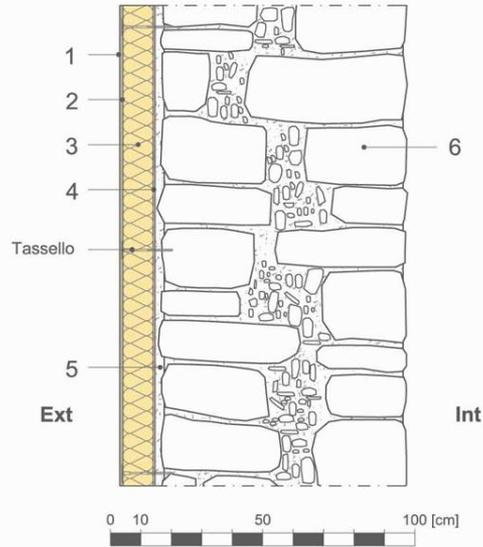
## Scheda 3 – Elementi costruttivi

3

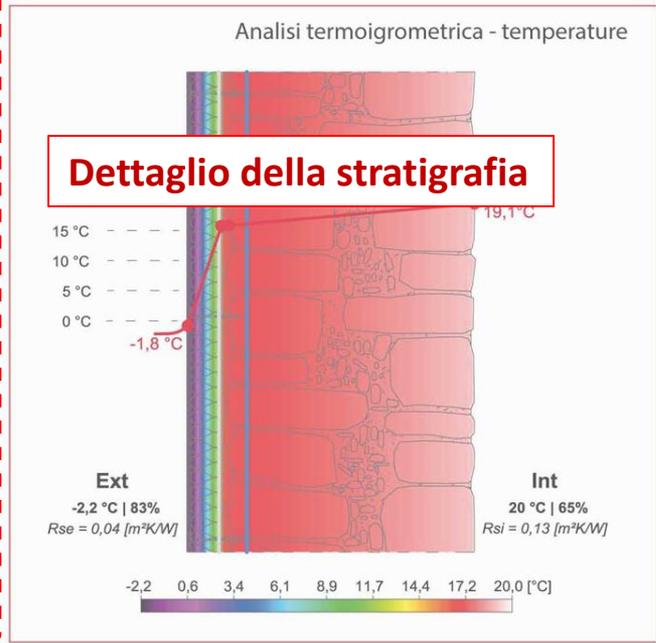
M1e

Muratura in pietra e malta con intonaco esterno con isolamento dall'esterno

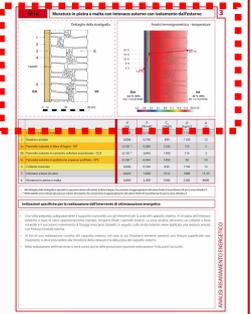
Dettaglio della stratigrafia



Analisi termoigrometrica - temperature



Dettaglio della stratigrafia



Analisi risanamento energetico

	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m³]	$\mu$ [-]
1 Finitura minerale esterna	0,004	0,740	830	1150	12
2 Rasatura armata	0,006	0,740	830	1150	12
3a Pannello isolante in fibra di legno - WF	0,100 <sup>(1)</sup>	0,040	2100	155	5

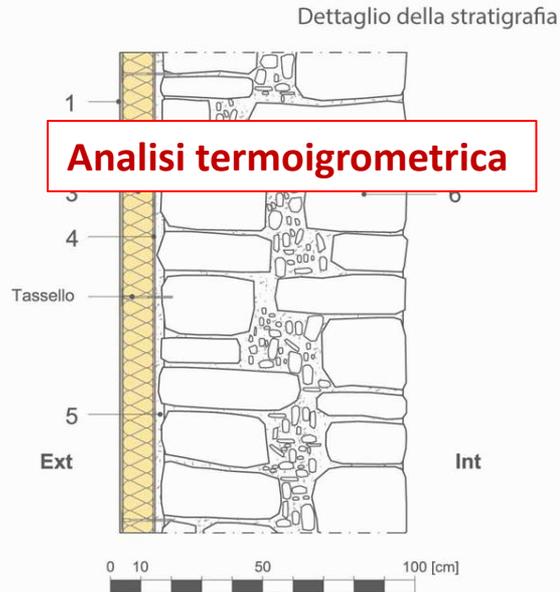
## Scheda 3 – Elementi costruttivi

3

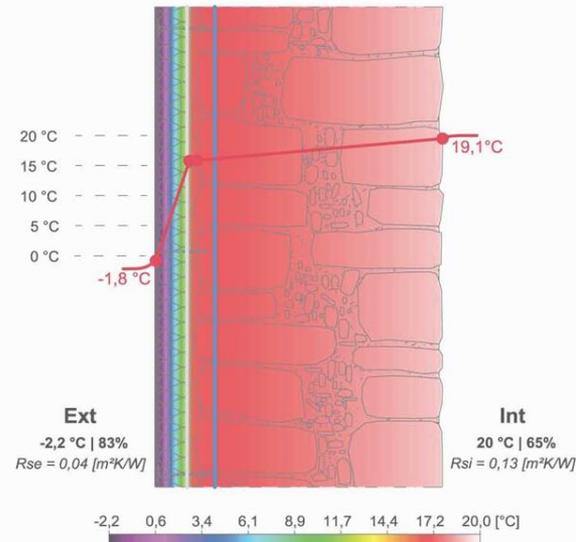
M1e

Muratura in pietra e malta con intonaco esterno con isolamento dall'esterno

Analisi termoigrometrica



Analisi termoigrometrica - temperature



Analisi risanamento energetico

	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m³]	$\mu$ [-]
1 Finitura minerale esterna	0,004	0,740	830	1150	12
2 Rasatura armata	0,006	0,740	830	1150	12
3a Pannello isolante in fibra di legno - WF	0,100 <sup>(1)</sup>	0,040	2100	155	5

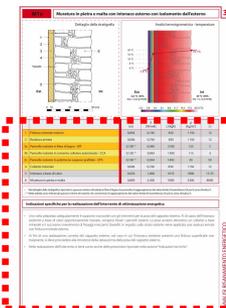
## Scheda 3 – Elementi costruttivi

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Finitura minerale esterna	0,004	0,740	830	1150	12
2	Rasatura armata	0,006	0,740	830	1150	12
3a	Pannello isolante in fibra di legno - WF	0,100 <sup>(1)</sup>	0,040	2100	155	5
3b	Pannello isolante in cemento cellulare autoclavato - CCA	0,120 <sup>(1)</sup>	0,045	1300	115	3
3c	Pannello isolante in polistirene espanso grafitato - EPS	0,100 <sup>(1)</sup>	0,034	1450	20	50
4	Collante minerale	0,006	0,740	830	1150	12
5	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
6	Muratura in pietra e malta	0,800	2,300	1000	2300	8000

- Nel dettaglio della stratigrafia è riportato lo spessore minimo di isolante in fibra di legno che permette il raggiungimento del valore limite di trasmittanza (U) per la zona climatica F.
- <sup>(1)</sup> Nella tabella sono indicati gli spessori minimi di isolante che consentono il raggiungimento del valore limite di trasmittanza (U) per la zona climatica F.

### Indicazioni specifiche per la realizzazione dell'intervento di ottimizzazione energetica

- Una volta preparato adeguatamente il supporto si procede con gli interventi per la posa del cappotto esterno. Al di sopra dell'intonaco esistente a base di calce opportunamente risanato, vengono fissati i pannelli isolanti. La posa avviene attraverso un collante a base minerale e il successivo inserimento di fissaggi meccanici (tasselli). In seguito, sullo strato isolante viene applicata una rasatura armata con finitura minerale esterna.
- Ai fini di una realizzazione corretta del cappotto esterno, nel caso in cui l'intonaco esistente presenti una finitura superficiale non traspirante, si deve provvedere alla rimozione della stessa prima della posa del cappotto esterno.
- Nella realizzazione dell'intervento si terrà conto anche delle prescrizioni riportate nella sezione "Indicazioni tecniche".



Analisi risanamento energetico

I RISANAMENTO ENERGETICO

## Scheda 3 – Elementi costruttivi

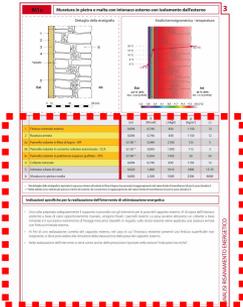
		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Finitura minerale esterna	0,004	0,740	830	1150	12
2	Rasatura armata	0,006	0,740	830	1150	12
3a	Pannello isolante in fibra di legno - WF	0,100 <sup>(1)</sup>	0,040	2100	155	5
3b	Pannello isolante in cemento cellulare autoclavato - CCA	0,120 <sup>(1)</sup>	0,045	1300	115	3
3c	Pannello isolante in polistirene espanso grafitato - EPS	0,100 <sup>(1)</sup>	0,034	1450	20	50
4	Collante minerale	0,006	0,740	830	1150	12
5	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
6	Muratura in pietra e malta	0,800	2,300	1000	2300	8000

- Nel dettaglio della stratigrafia è riportato lo spessore minimo di isolante in fibra di legno che permette il raggiungimento del valore limite di trasmittanza (U) per la zona climatica F.
- <sup>(1)</sup> Nella tabella sono indicati gli spessori minimi di isolante che consentono il raggiungimento del valore limite di trasmittanza (U) per la zona climatica F.

### Indicazioni specifiche per la realizzazione dell'intervento di ottimizzazione energetica

- Una volta preparato adeguatamente il supporto si procede con gli interventi per la posa del cappotto esterno. Al di sopra dell'intonaco esistente a base di calce si applica un collante a base minerale e il successivo pannello isolante con finitura minerale esterna.
- Ai fini di una realizzazione corretta della stratigrafia e della finitura superficiale non traspirante, si deve provvedere alla rimozione della stessa prima della posa del cappotto esterno.
- Nella realizzazione dell'intervento si terrà conto anche delle prescrizioni riportate nella sezione "Indicazioni tecniche".

## Caratteristiche termofisiche dei materiali componenti la stratigrafia



Analisi risanamento energetico

IRISANAMENTO ENERGETICO

## Scheda 3 – Elementi costruttivi

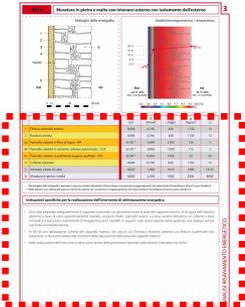
		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	$C_p$ [J/kgK]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]
1	Finitura minerale esterna	0,004	0,740	830	1150	12
2	Rasatura armata	0,006	0,740	830	1150	12
3a	Pannello isolante in fibra di legno - WF	0,100 <sup>(1)</sup>	0,040	2100	155	5
3b	Pannello isolante in cemento cellulare autoclavato - CCA	0,120 <sup>(1)</sup>	0,045	1300	115	3
3c	Pannello isolante in polistirene espanso grafitato - EPS	0,100 <sup>(1)</sup>	0,034	1450	20	50
4	Collante minerale	0,006	0,740	830	1150	12
5	Intonaco a base di calce	0,020	1,000	1010	1800	15-35
6	Muratura in pietra				2300	8000

### Indicazioni per la realizzazione dell'intervento

- Nel dettaglio della stratigrafia (Fig. 3.1) sono indicati i valori limite di trasmittanza (U) per la zona climatica F.
- <sup>(1)</sup> Nella tabella sono indicati gli spessori minimi di isolante che consentono il raggiungimento del valore limite di trasmittanza (U) per la zona climatica F.

### Indicazioni specifiche per la realizzazione dell'intervento di ottimizzazione energetica

- Una volta preparato adeguatamente il supporto si procede con gli interventi per la posa del cappotto esterno. Al di sopra dell'intonaco esistente a base di calce opportunamente risanato, vengono fissati i pannelli isolanti. La posa avviene attraverso un collante a base minerale e il successivo inserimento di fissaggi meccanici (tasselli). In seguito, sullo strato isolante viene applicata una rasatura armata con finitura minerale esterna.
- Ai fini di una realizzazione corretta del cappotto esterno, nel caso in cui l'intonaco esistente presenti una finitura superficiale non traspirante, si deve provvedere alla rimozione della stessa prima della posa del cappotto esterno.
- Nella realizzazione dell'intervento si terrà conto anche delle prescrizioni riportate nella sezione "Indicazioni tecniche".



Analisi risanamento energetico

IRISANAMENTO ENERGETICO

## Scheda 4 – Elementi costruttivi

4

**M1e**

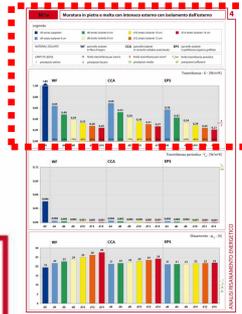
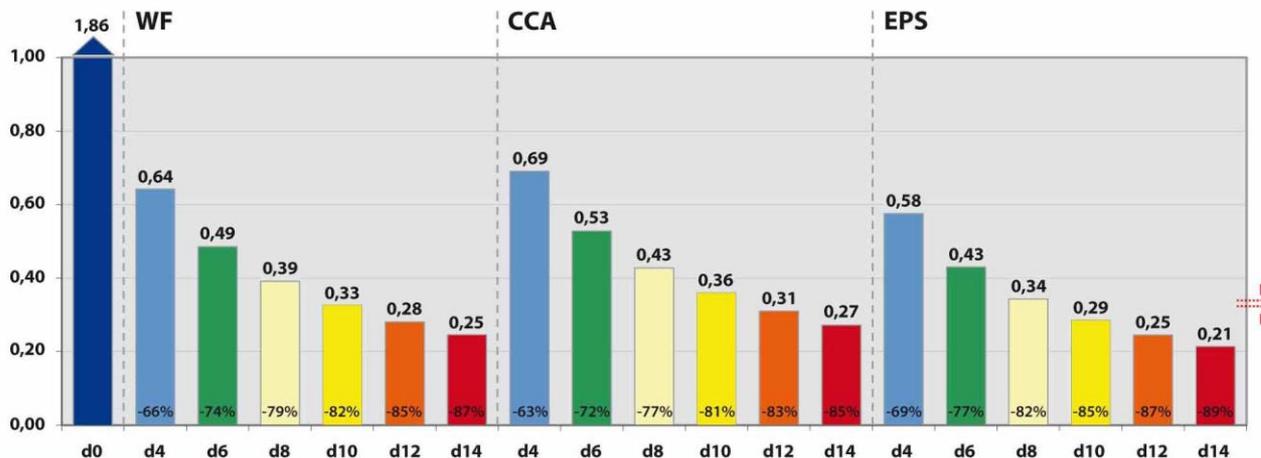
**Muratura in pietra e malta con intonaco esterno con isolamento dall'esterno**

Legenda

d0 senza cappotto	d6 strato isolante 6 cm	d10 strato isolante 10 cm	d14 strato isolante 14 cm
d4 strato isolante 4 cm	d8 strato isolante 8 cm	d12 strato isolante 12 cm	

<b>MATERIALI ISOLANTI</b>	<b>WF</b> pannello isolante in fibra di legno	<b>CCA</b> pannello isolante in cemento cellulare autoclavato	<b>EPS</b> pannello isolante in polistirene espanso grafitato
<b>LIMITI DI LEGGE</b>	<b>E</b> limite trasmittanza per zona E	<b>F</b> limite trasmittanza per zona F	<b>Y<sub>lim</sub></b> limite trasmittanza periodica
prestazioni ottime	prestazioni buone	prestazioni medie	prestazioni sufficienti

Trasmittanza - U - [W/m²K]



**Analisi risanamento energetico**

## Scheda 4 – Elementi costruttivi

4

M1e

Muratura in pietra e malta con intonaco esterno con isolamento dall'esterno

### Legenda

- d0 senza cappotto
- d6 strato isolante 6 cm
- d10 strato isolante 10 cm
- d14 strato isolante 14 cm
- d4 strato isolante 4 cm
- d8 strato isolante 8 cm
- d12 strato isolante 12 cm

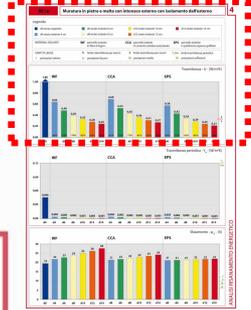
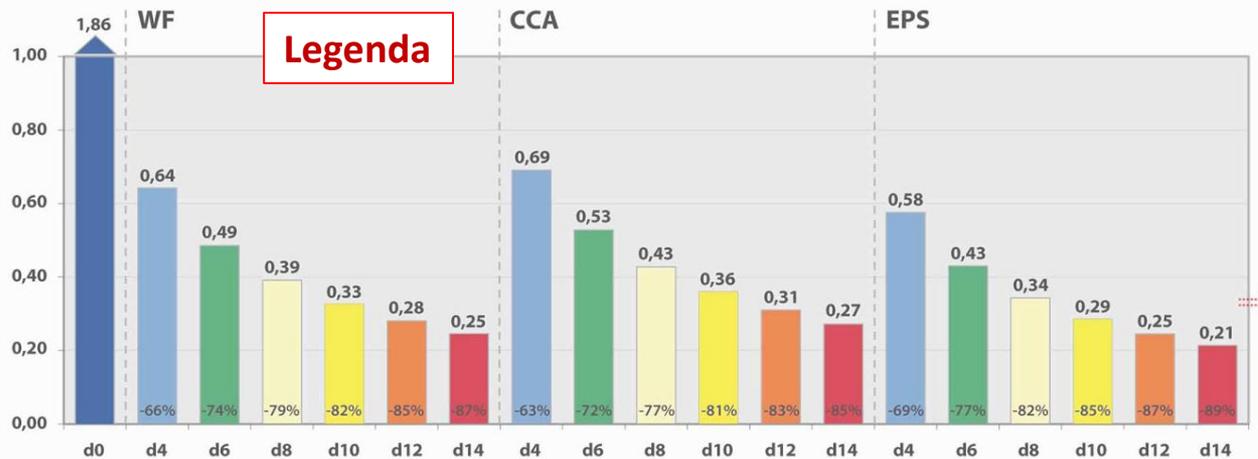
### MATERIALI ISOLANTI

- WF** pannello isolante in fibra di legno
- CCA** pannello isolante in cemento cellulare autoclavato
- EPS** pannello isolante in polistirene espanso grafitato

### LIMITI DI LEGGE

- | prestazioni ottime
- || prestazioni buone
- ||| prestazioni medie
- |||| prestazioni sufficienti
- E** limite trasmittanza per zona E
- F** limite trasmittanza per zona F
- Y<sub>lim</sub>** limite trasmittanza periodica

Trasmittanza - U - [W/m²K]



Analisi risanamento energetico

## Scheda 4 – Elementi costruttivi

4

M1e

Muratura in pietra e malta con intonaco esterno con isolamento dall'esterno

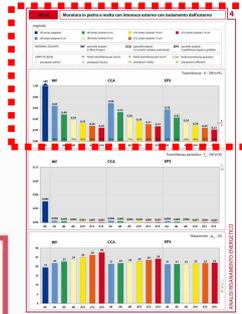
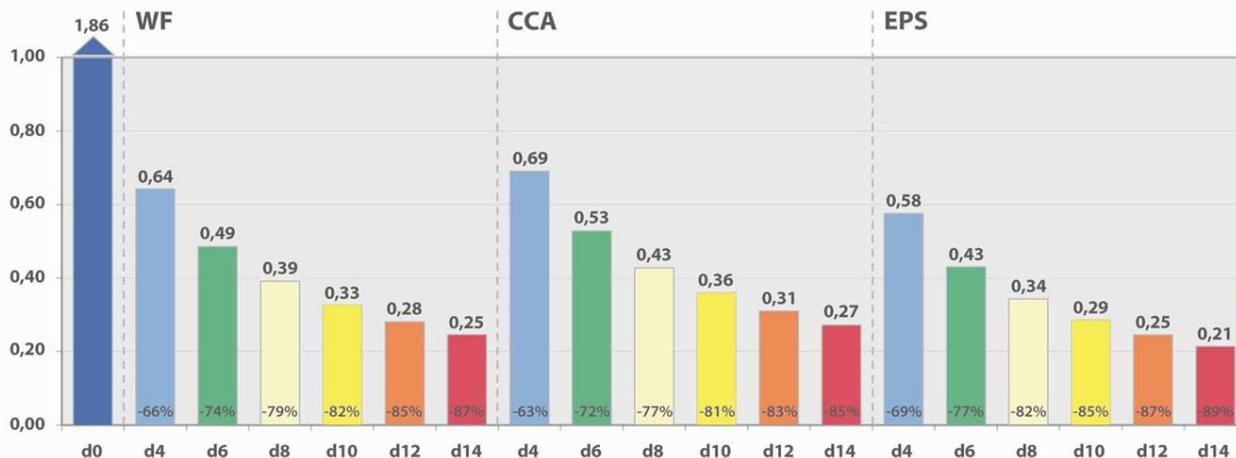
Legenda

- d0 senza cappotto
- d6 strato isolante 6 cm
- d10 strato isolante 10 cm
- d14 strato isolante 14 cm
- d4 strato isolante 4 cm
- d8 strato isolante 8 cm
- d12 strato isolante 12 cm

MATERIALI ISOLANTI	WF pannello isolante in fibra di legno	CCA pannello isolante in cemento cellulare autoclavato	EPS pannello isolante in polistirene espanso grafitato
Trasmittanza per zona E	F limite trasmittanza per zona F	$Y_{lim}$ limite trasmittanza periodica	
I prestazioni ottime	II prestazioni buone	III prestazioni medie	IV prestazioni sufficienti

**Trasmittanza termica U**

Trasmittanza - U - [W/m<sup>2</sup>K]



Analisi risanamento energetico

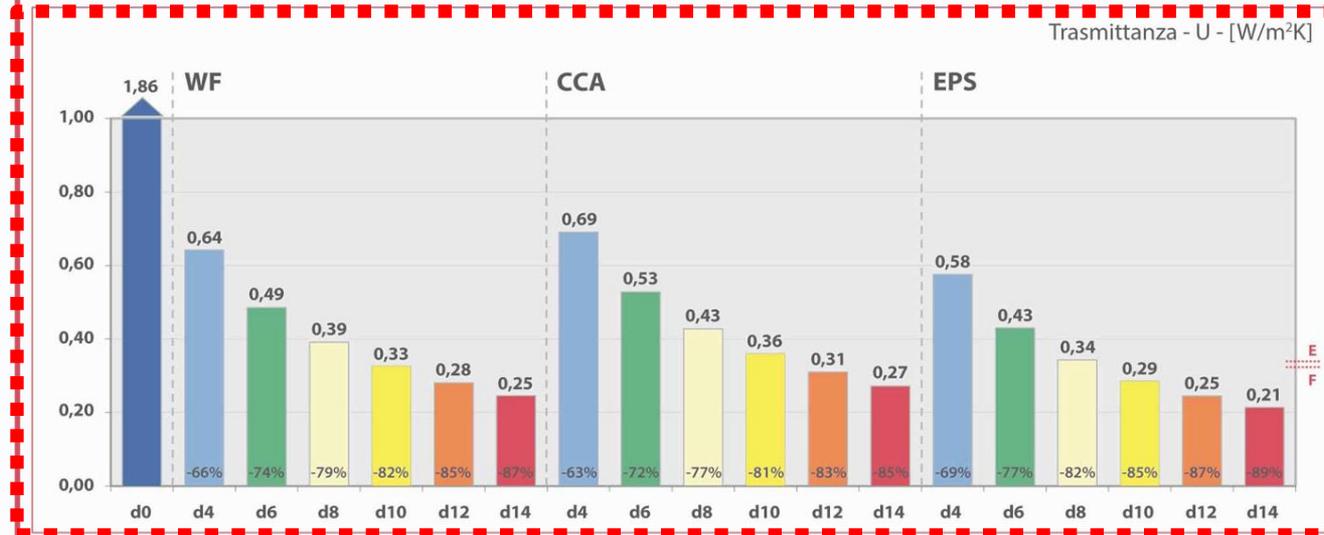
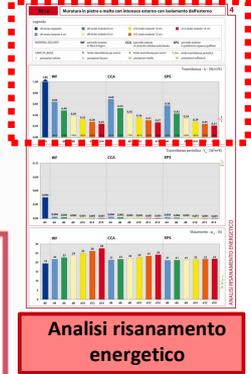
## Scheda 4 – Elementi costruttivi

### Trasmittanza termica U

malta con intonaco esterno con isolamento dall'esterno

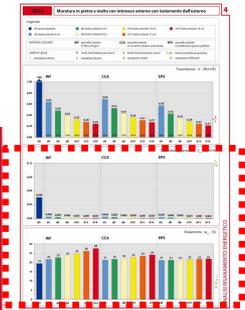
4

Valori limite <sup>(1)</sup> (W/m <sup>2</sup> K)	Zona E	Zona F
Strutture opache verticali	0,34	0,33
Strutture opache orizzontali e inclinate (coperture)	0,30	0,29
Strutture opache orizzontali (pavimenti)	0,33	0,32



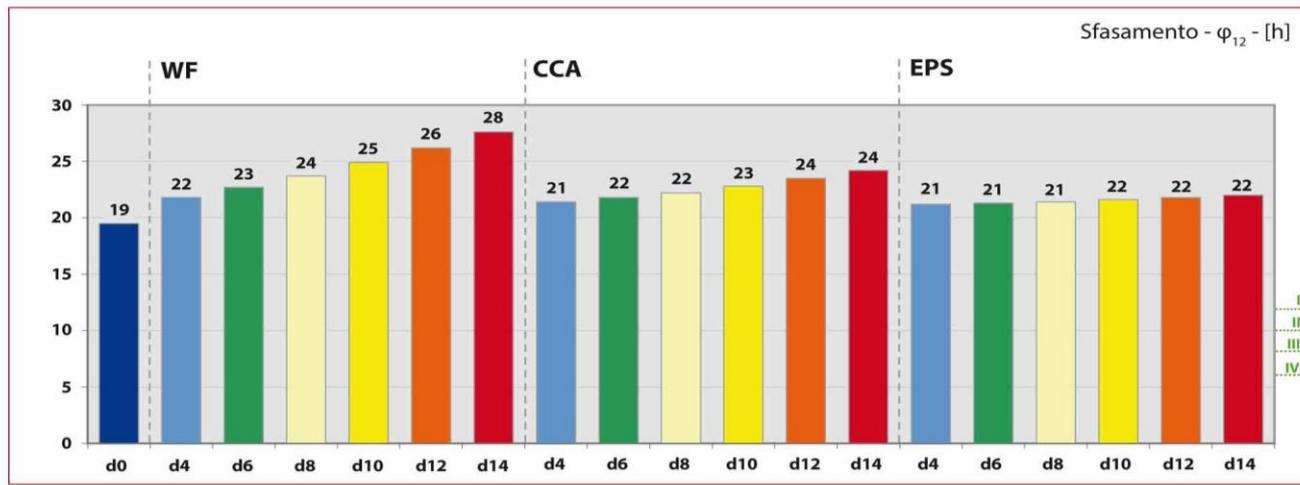
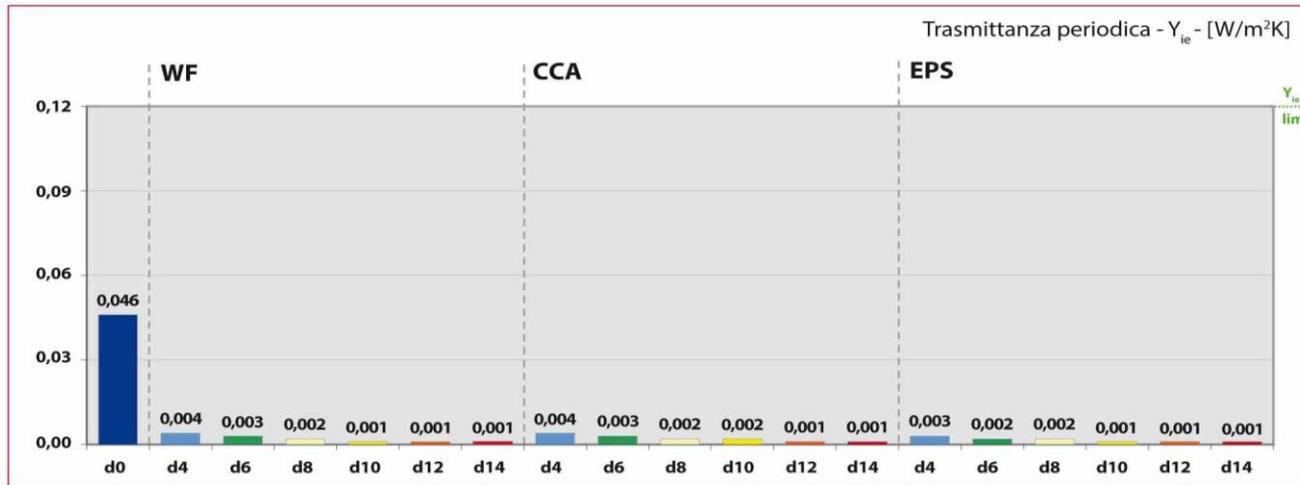
(1) DPR 59/2009

## Scheda 4 – Elementi costruttivi

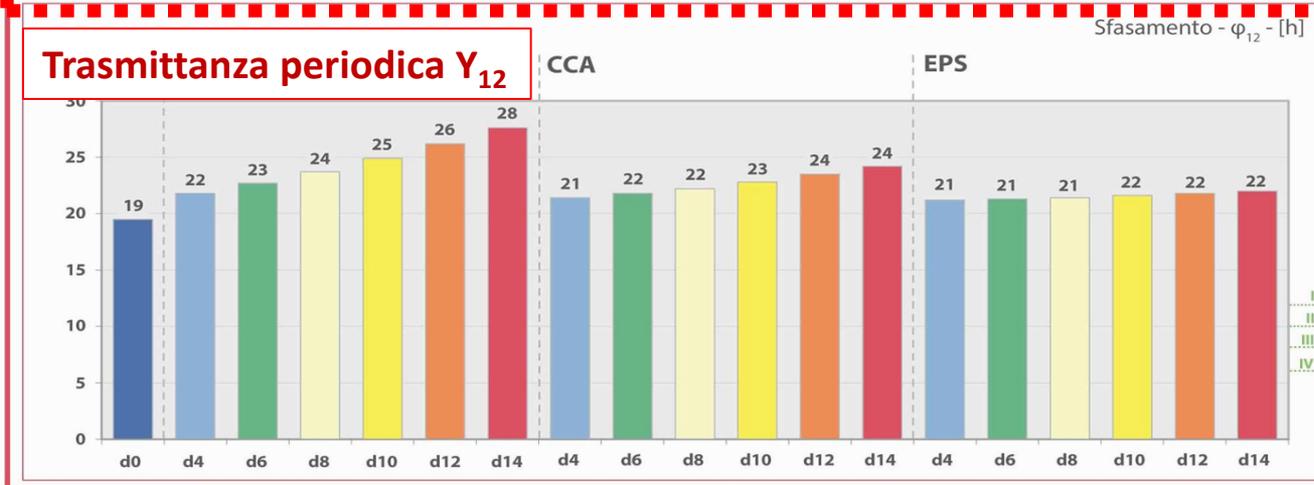
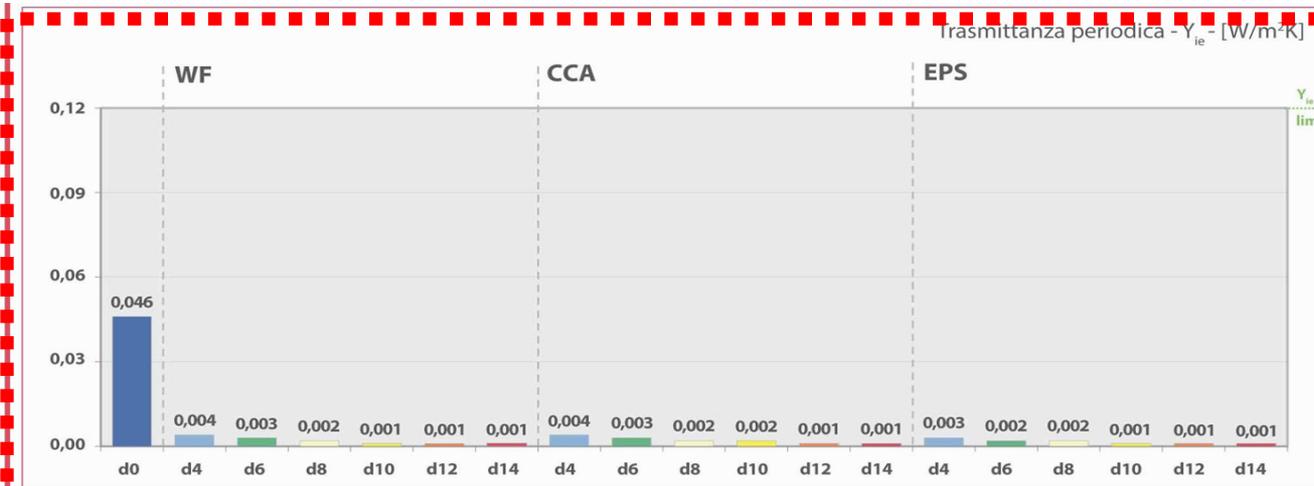


Analisi risanamento energetico

ANALISI RISANAMENTO ENERGETICO



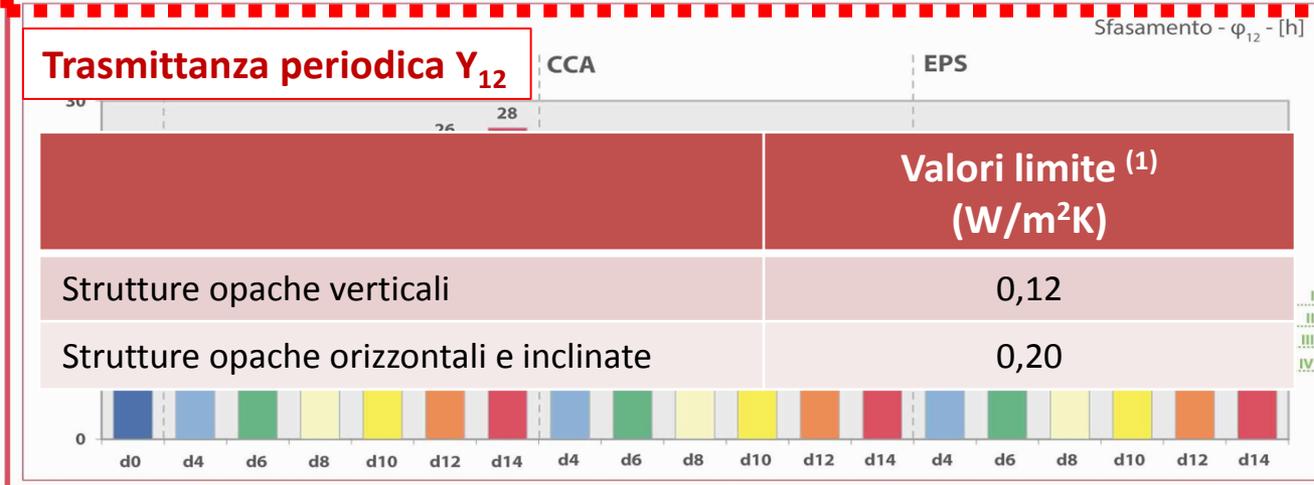
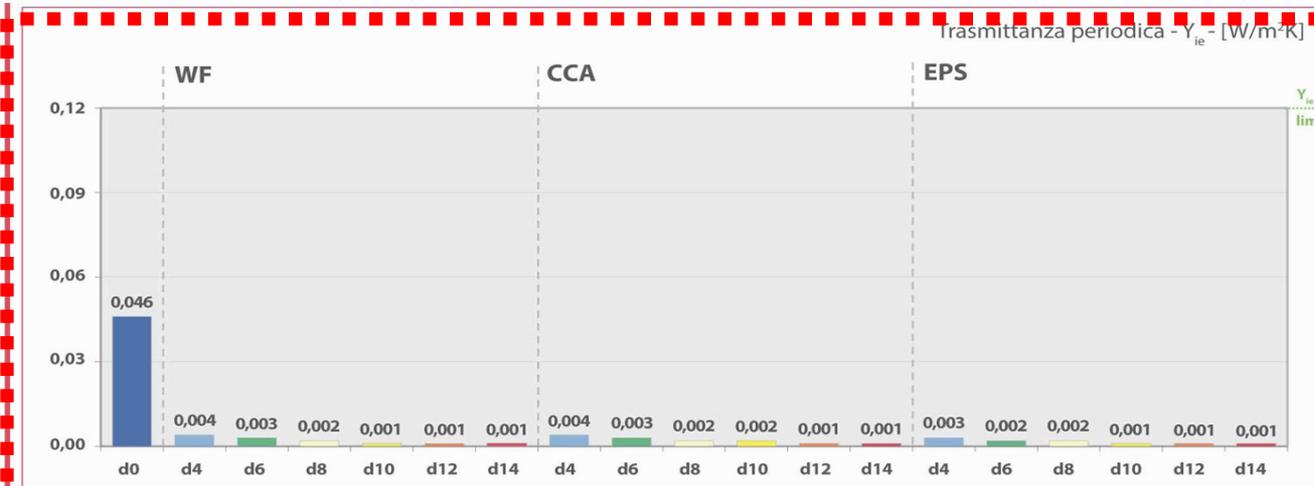
## Scheda 4 – Elementi costruttivi



**Analisi risanamento energetico**

ANALISI RISANAMENTO ENERGETICO

## Scheda 4 – Elementi costruttivi

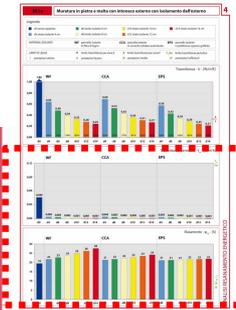


**Analisi risanamento energetico**

ANALISI RISANAMENTO ENERGETICO

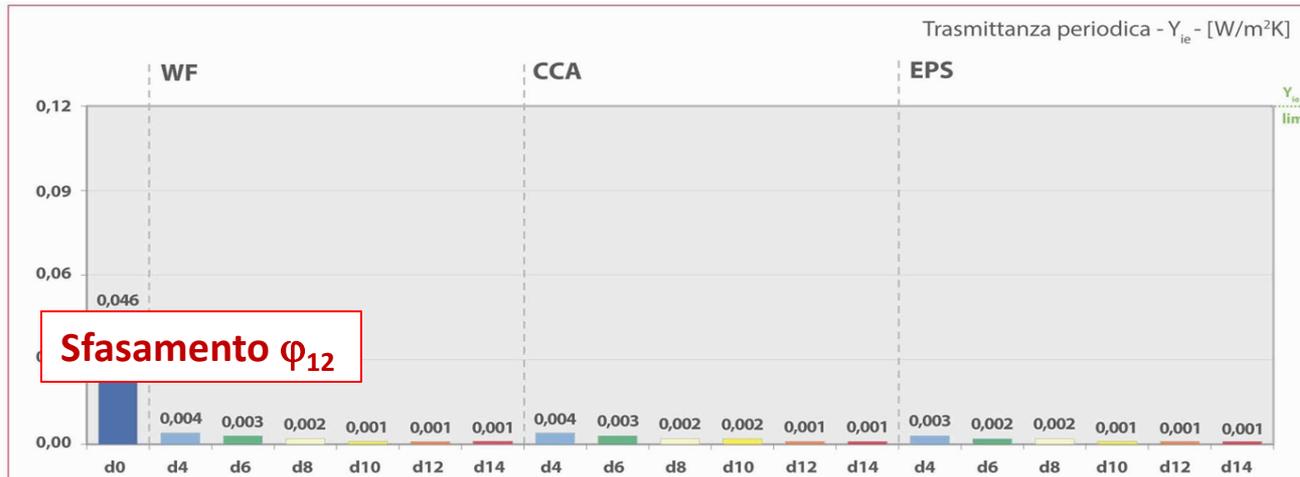
(1) DPR 59/2009

## Scheda 4 – Elementi costruttivi

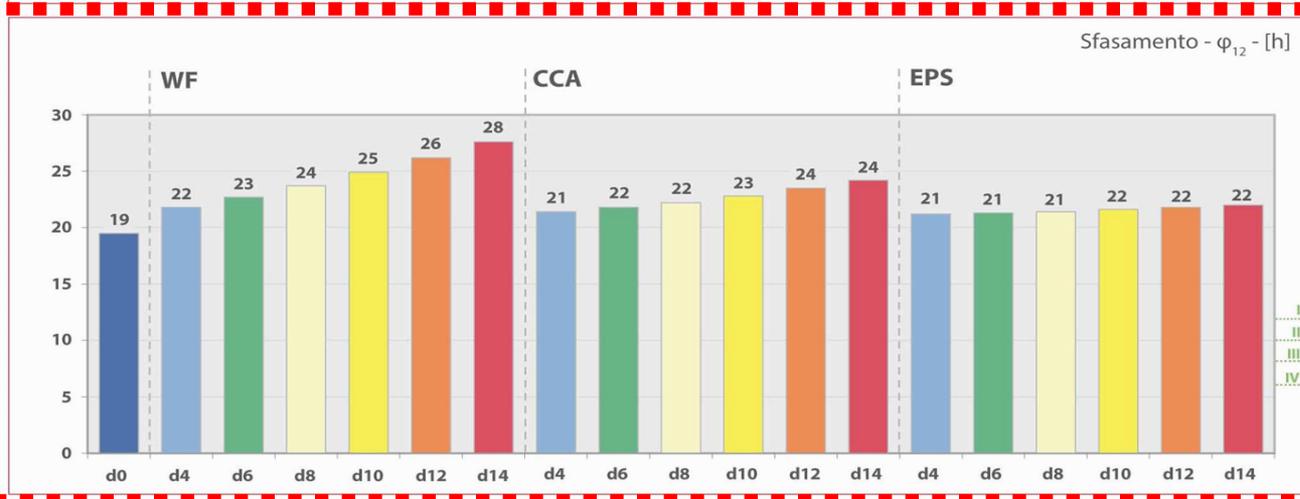


Analisi risanamento energetico

ANALISI RISANAMENTO ENERGETICO



Sfasamento  $\varphi_{12}$

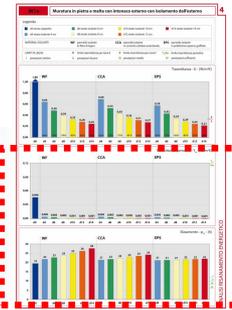


## Scheda 4 – Elementi costruttivi

**Sfasamento  $\phi_{12}$**

Trasmittanza periodica -  $Y_{le}$  - [W/m<sup>2</sup>K]

CCA										EPS						
Limiti di riferimento (1)																
Prestazioni ottime																12 ore
Prestazioni buone																10 ore
Prestazioni medie																8 ore
Prestazioni sufficienti																6 ore



**Analisi risanamento energetico**

ANALISI RISANAMENTO ENERGETICO

(1) DM 26/6/2009

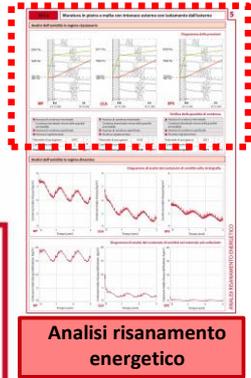
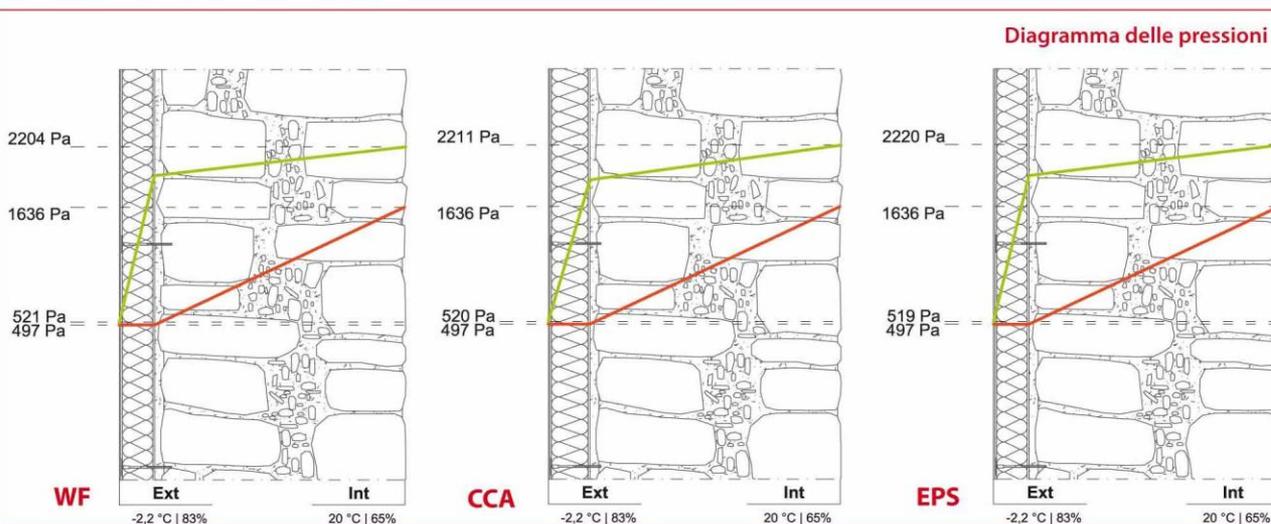
## Scheda 5 – Elementi costruttivi

**M1e**

**Muratura in pietra e malta con intonaco esterno con isolamento dall'esterno**

**5**

Analisi dell'umidità in regime stazionario



WF			CCA			EPS		
<ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Assenza di condensa interstiziale</li> <li><input type="checkbox"/> Condensa interstiziale minore della quantità ammissibile</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Assenza di condensa superficiale</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Struttura regolamentare</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Assenza di condensa interstiziale</li> <li><input type="checkbox"/> Condensa interstiziale minore della quantità ammissibile</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Assenza di condensa superficiale</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Struttura regolamentare</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Assenza di condensa interstiziale</li> <li><input type="checkbox"/> Condensa interstiziale minore della quantità ammissibile</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Assenza di condensa superficiale</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Struttura regolamentare</li> </ul>		
Potenziale di asciugatura	6937	—	Potenziale di asciugatura	8150	—	Potenziale di asciugatura	2021	—
Condensa accumulata	0	=	Condensa accumulata	0	=	Condensa accumulata	0	=
Riserva di asciugatura	<b>6937</b>	[g/m <sup>2</sup> ]	Riserva di asciugatura	<b>8150</b>	[g/m <sup>2</sup> ]	Riserva di asciugatura	<b>2021</b>	[g/m <sup>2</sup> ]

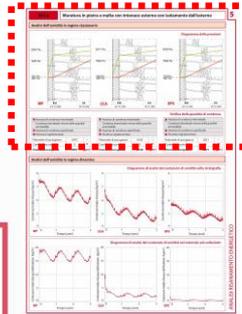
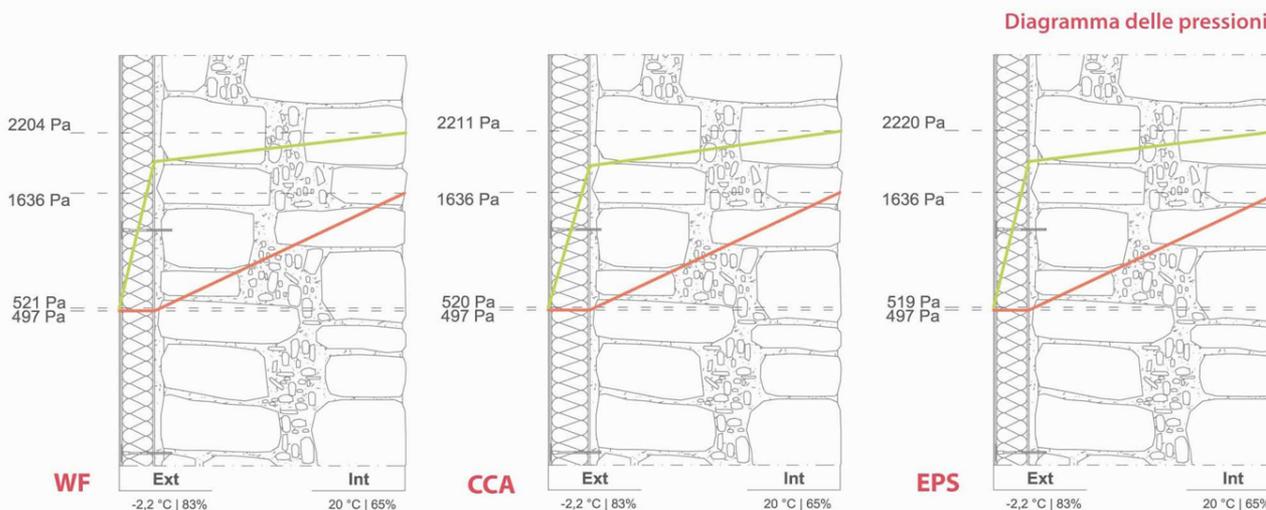
## Scheda 5 – Elementi costruttivi

**M1e**

**Muratura in pietra e malta con intonaco esterno con isolamento dall'esterno**

**5**

Analisi dell'umidità in regime stazionario



**Analisi risanamento energetico**

### Diagramma delle pressioni

di condensa interstiziale  
la interstiziale minore della quantità  
abile

- Assenza di condensa superficiale
- Struttura regolamentare

Potenziale di asciugatura	6937	—
Condensa accumulata	0	=
Riserva di asciugatura	6937	[g/m <sup>2</sup> ]

- Assenza di condensa superficiale
- Struttura regolamentare

Potenziale di asciugatura	8150	—
Condensa accumulata	0	=
Riserva di asciugatura	8150	[g/m <sup>2</sup> ]

### Verifica della quantità di condensa

- Assenza di condensa interstiziale
- Condensa interstiziale minore della quantità ammissibile
- Assenza di condensa superficiale
- Struttura regolamentare

Potenziale di asciugatura	2021	—
Condensa accumulata	0	=
Riserva di asciugatura	2021	[g/m <sup>2</sup> ]

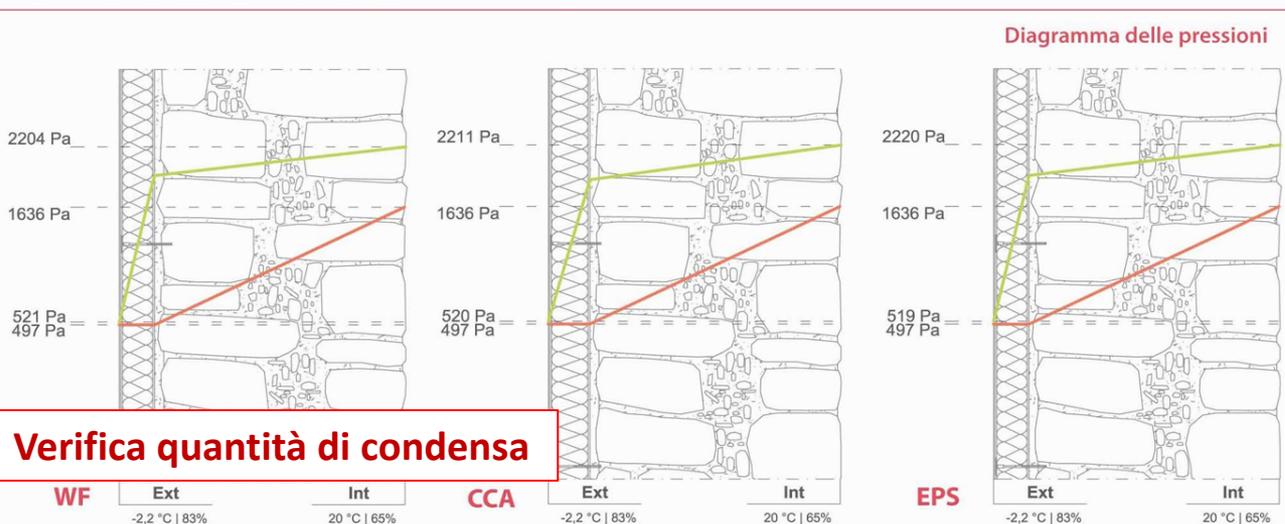
## Scheda 5 – Elementi costruttivi

5

M1e

Muratura in pietra e malta con intonaco esterno con isolamento dall'esterno

Analisi dell'umidità in regime stazionario



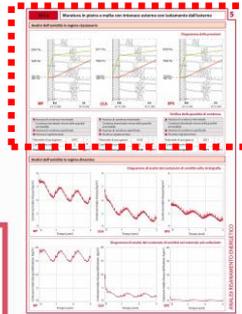
Verifica quantità di condensa

<input checked="" type="checkbox"/> Assenza di condensa interstiziale		
<input type="checkbox"/> Condensa interstiziale minore della quantità ammissibile		
<input checked="" type="checkbox"/> Assenza di condensa superficiale		
<input checked="" type="checkbox"/> Struttura regolamentare		
Potenziale di asciugatura	6937	—
Condensa accumulata	0	=
Riserva di asciugatura	6937	[g/m <sup>2</sup> ]

<input checked="" type="checkbox"/> Assenza di condensa interstiziale		
<input type="checkbox"/> Condensa interstiziale minore della quantità ammissibile		
<input checked="" type="checkbox"/> Assenza di condensa superficiale		
<input checked="" type="checkbox"/> Struttura regolamentare		
Potenziale di asciugatura	8150	—
Condensa accumulata	0	=
Riserva di asciugatura	8150	[g/m <sup>2</sup> ]

Verifica della quantità di condensa

<input checked="" type="checkbox"/> Assenza di condensa interstiziale		
<input type="checkbox"/> Condensa interstiziale minore della quantità ammissibile		
<input checked="" type="checkbox"/> Assenza di condensa superficiale		
<input checked="" type="checkbox"/> Struttura regolamentare		
Potenziale di asciugatura	2021	—
Condensa accumulata	0	=
Riserva di asciugatura	2021	[g/m <sup>2</sup> ]



Analisi risanamento energetico

## Scheda 5 – Elementi costruttivi

**M1e**

**Muratura in pietra e malta con intonaco esterno con isolamento dall'esterno**

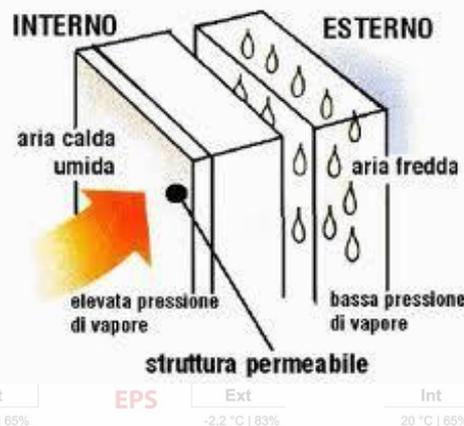
**5**

### Verifica quantità di condensa

#### Condensa interstiziale

Il fenomeno della condensa interstiziale riguarda la diffusione del vapore d'acqua attraverso gli elementi costruttivi quando, durante la stagione invernale, il vapore migra dall'interno verso l'esterno a causa della differenza di pressione tra interno ed esterno.

Diagramma delle pressioni



#### Verifica della quantità di condensa

- Assenza di condensa interstiziale
- Condensa interstiziale minore della quantità ammissibile
- Assenza di condensa superficiale
- Struttura regolamentare

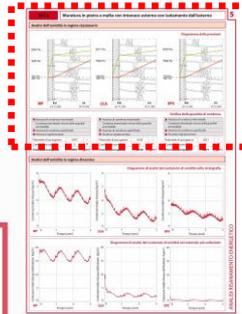
Potenziale di asciugatura	6937	—
Condensa accumulata	0	=
Riserva di asciugatura	6937	[g/m²]

- Assenza di condensa interstiziale
- Condensa interstiziale minore della quantità ammissibile
- Assenza di condensa superficiale
- Struttura regolamentare

Potenziale di asciugatura	8150	—
Condensa accumulata	0	=
Riserva di asciugatura	8150	[g/m²]

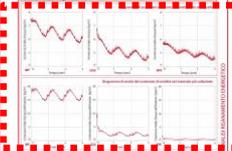
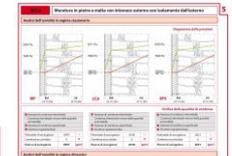
- Assenza di condensa interstiziale
- Condensa interstiziale minore della quantità ammissibile
- Assenza di condensa superficiale
- Struttura regolamentare

Potenziale di asciugatura	2021	—
Condensa accumulata	0	=
Riserva di asciugatura	2021	[g/m²]



Analisi risanamento energetico

## Scheda 5 – Elementi costruttivi



Analisi risanamento energetico

Diagramma di analisi del contenuto di umidità nella stratigrafia

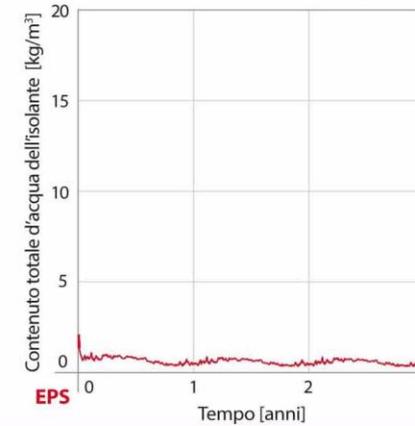
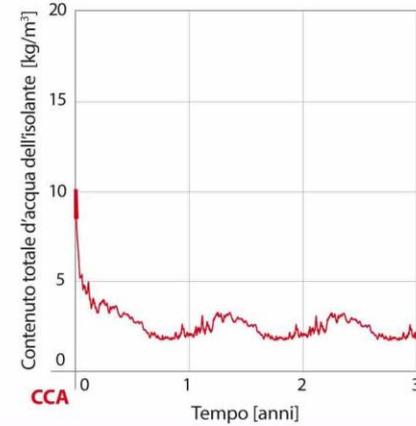
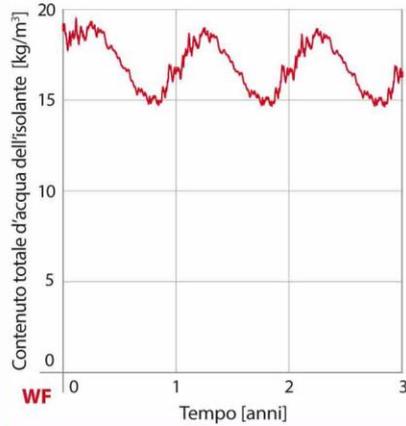
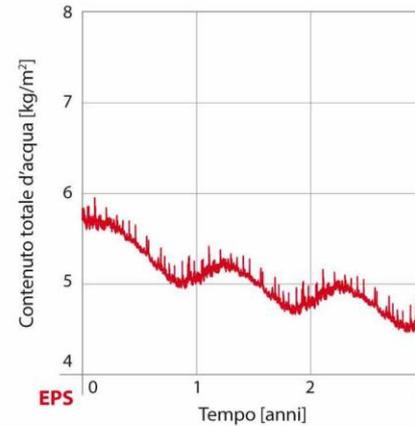
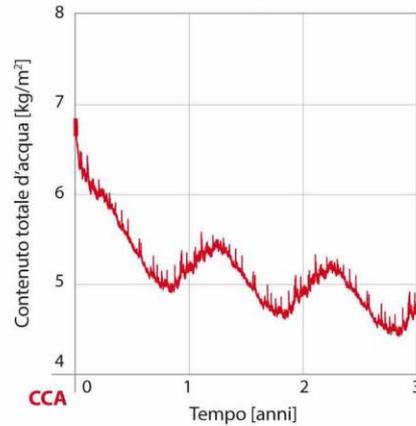
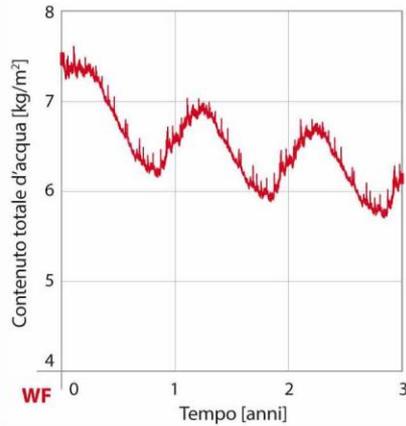


Diagramma di analisi del contenuto di umidità nel materiale più sollecitato

ANALISI RISANAMENTO ENERGETICO

Scheda 5 – Elementi costruttivi

Diagramma di analisi del contenuto di umidità nella stratigrafia

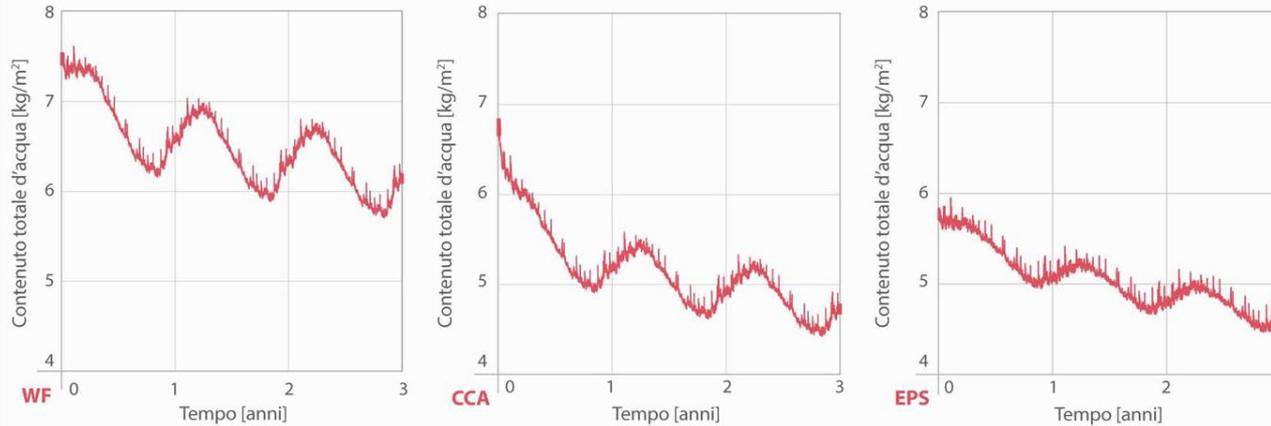
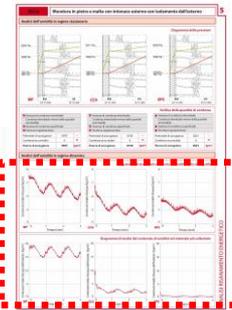


Diagramma di analisi del contenuto di umidità nel materiale più sollecitato



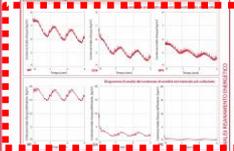
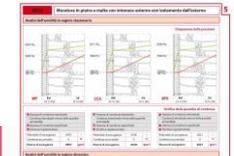
**Diagramma di analisi del contenuto di umidità nella stratigrafia**



**Analisi risanamento energetico**

ANALISI RISANAMENTO ENERGETICO

Scheda 5 – Elementi costruttivi



Analisi risanamento energetico

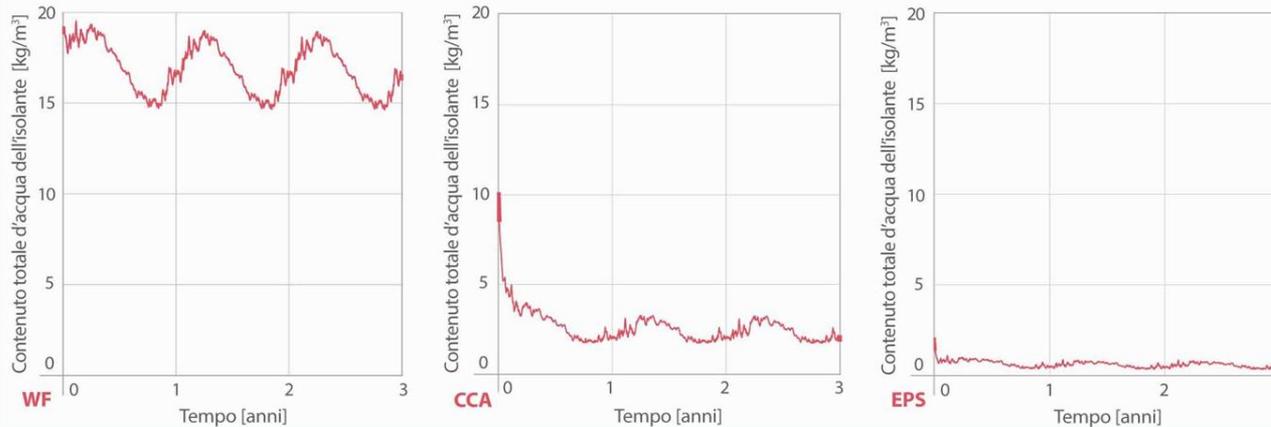
Diagramma di analisi del contenuto di umidità nella stratigrafia



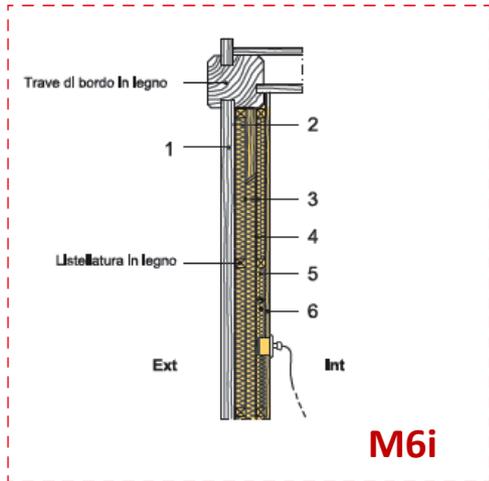
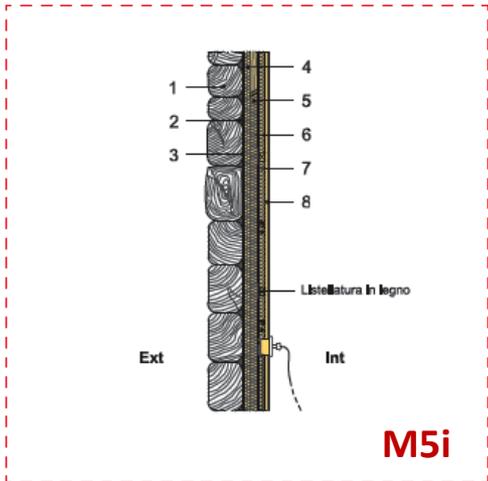
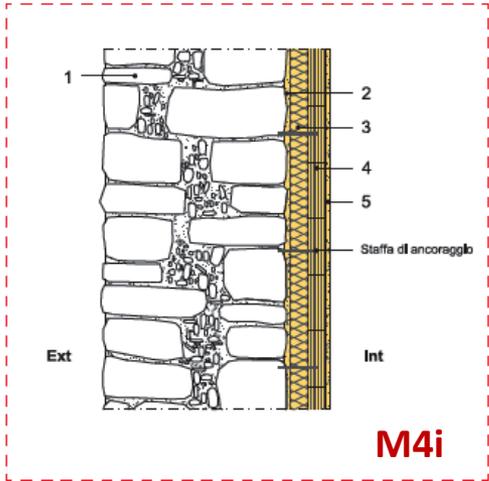
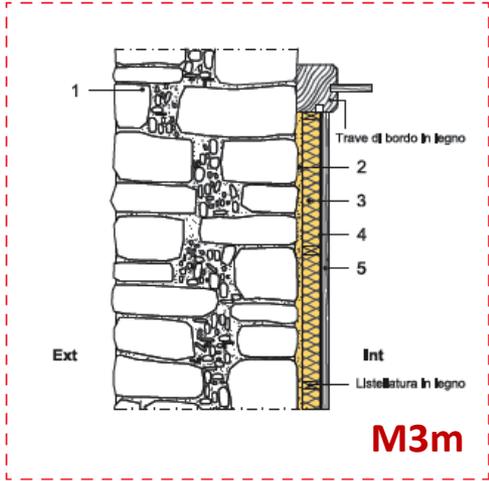
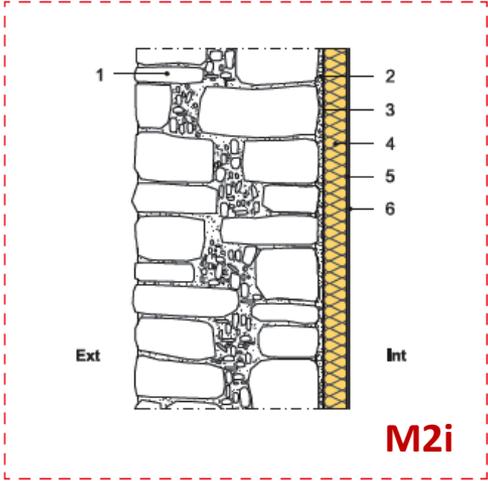
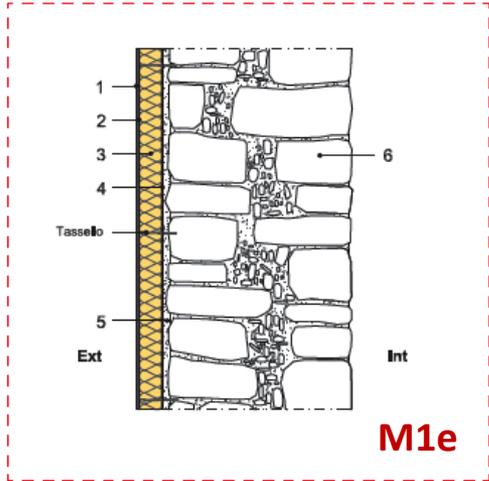
Diagramma di analisi del contenuto di umidità nel materiale più sollecitato

ANALISI RISANAMENTO ENERGETICO

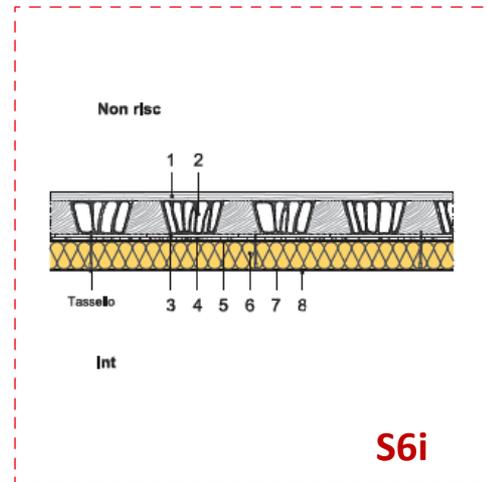
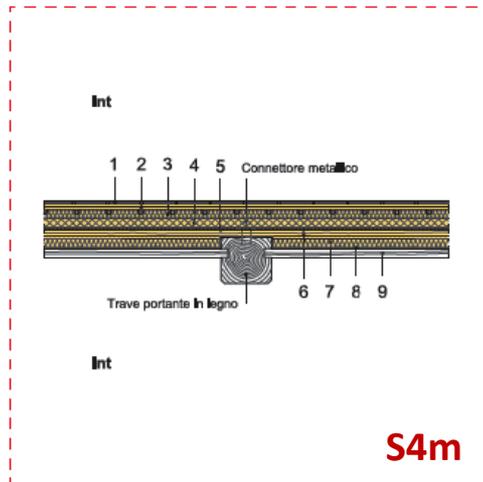
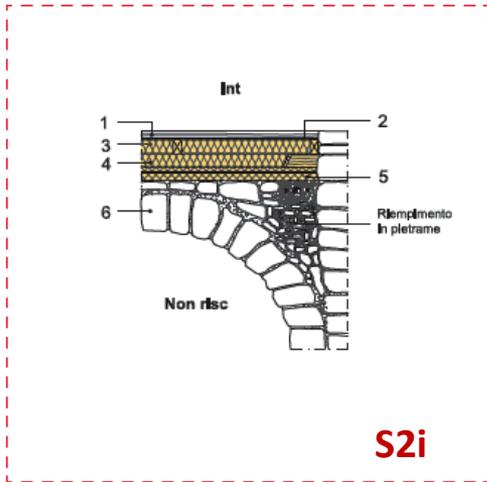
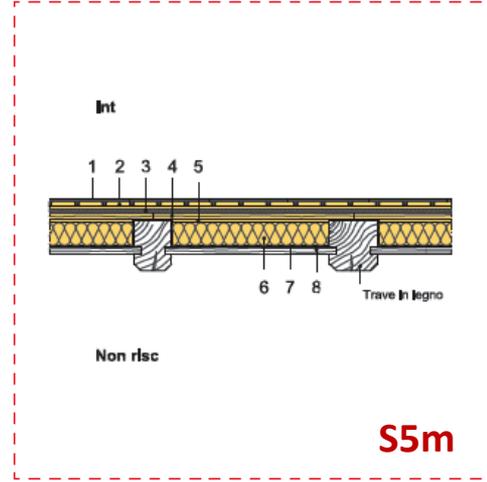
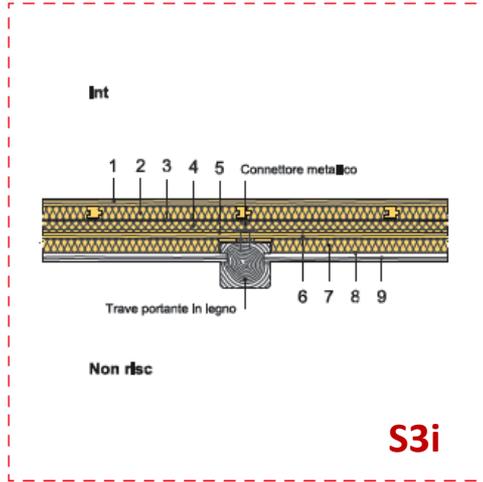
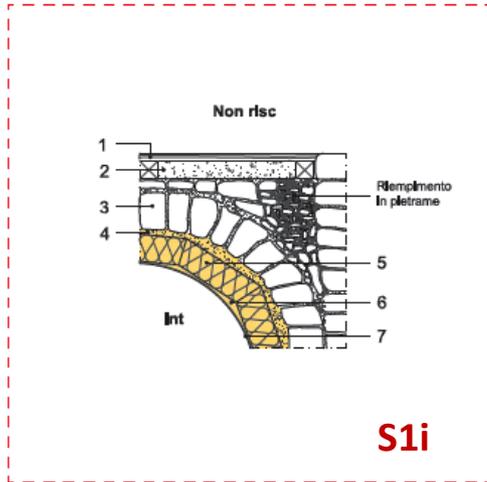
Diagramma di analisi del contenuto di umidità nel materiale più sollecitato



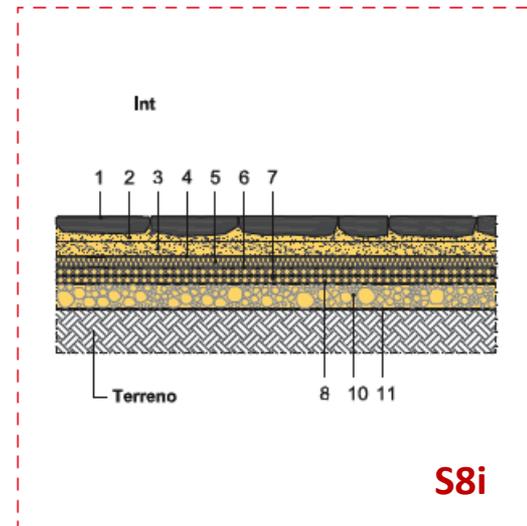
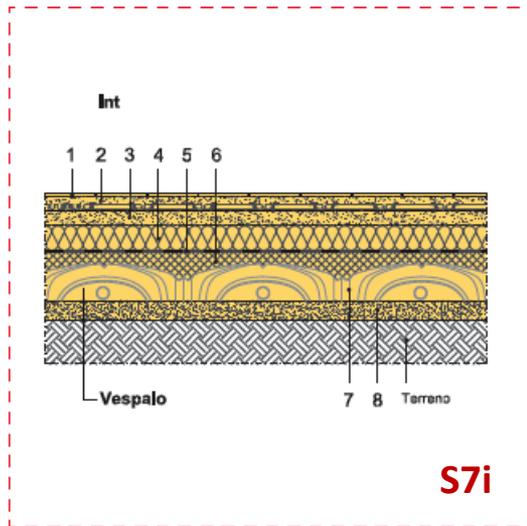
# Chiusure verticali opache



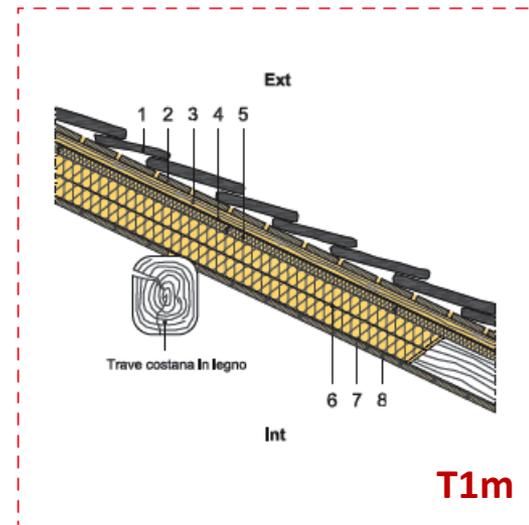
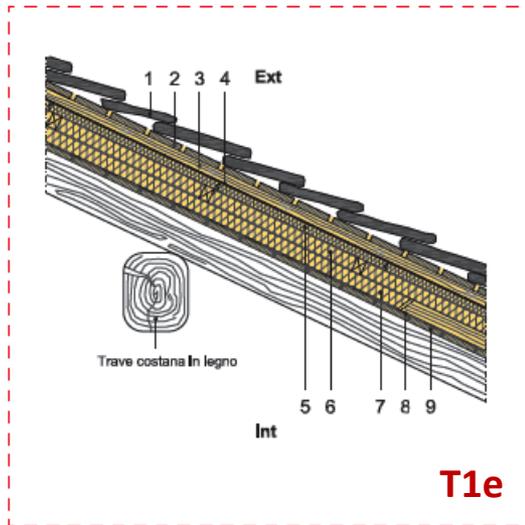
# Divisori orizzontali



# Solai contro terra

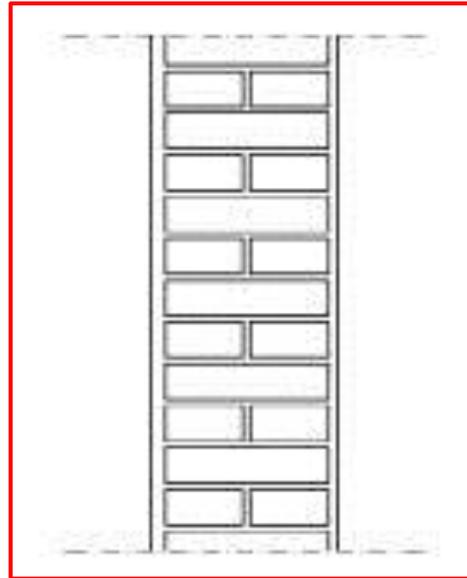


# Coperture



## Analisi di un elemento costruttivo

**Determinazione degli strati  
che compongono  
l'elemento costruttivo**



## Analisi di un elemento costruttivo

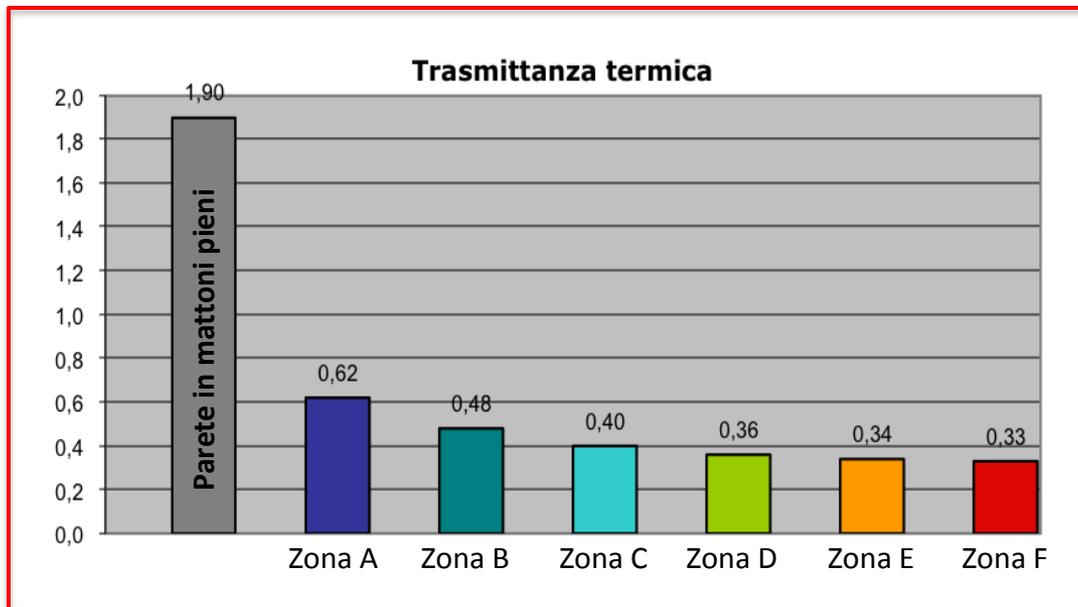
**Determinazione degli strati  
che compongono  
l'elemento costruttivo**



**Analisi delle caratteristiche  
dei materiali  
di ogni strato**

		d (m)	$\lambda$ (W/mK)	$c_p$ (J/kgK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (-)
1	rivestimento esterno ad intonaco in calce-cemento	0,020	0,800	850	1900	19
2	muratura di mattoni pieni a due teste	0,250	0,800	850	1800	15
3	rivestimento interno ad intonaco in calce-cemento	0,015	0,800	850	1900	19

## Analisi di un elemento costruttivo



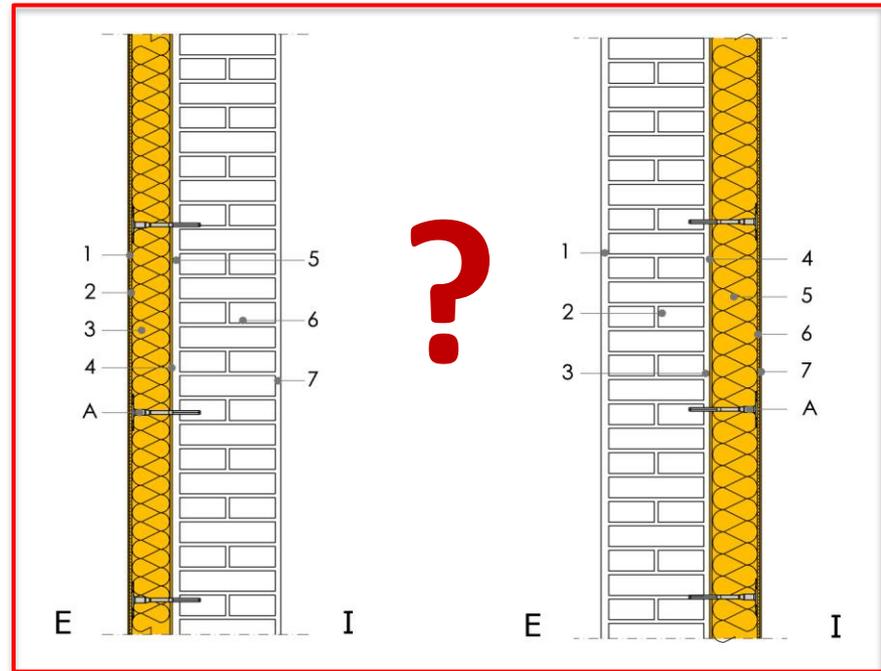
## Analisi di un elemento costruttivo

Determinazione degli strati  
che compongono  
l'elemento costruttivo

Analisi delle caratteristiche  
dei materiali  
di ogni strato

Calcolo delle prestazioni  
termiche dell'elemento  
costruttivo

Scelta del  
tipo  
di intervento



## Analisi di un elemento costruttivo

**Determinazione degli strati  
che compongono  
l'elemento costruttivo**

**Analisi delle caratteristiche  
dei materiali  
di ogni strato**

**Calcolo delle prestazioni  
termiche dell'elemento  
costruttivo**

**Scelta del  
tipo  
di intervento**

**Scelta del  
materiale  
isolante**



## Analisi di un elemento costruttivo

Determinazione degli strati  
che compongono  
l'elemento costruttivo



Scelta del  
tipo  
di intervento

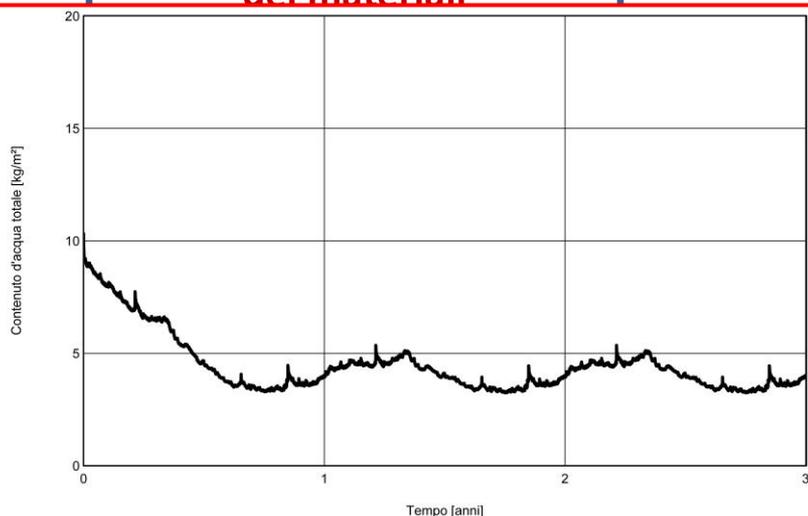
Scelta del  
materiale  
isolante

Calcolo dello  
spessore  
appropriato

## Analisi di un elemento costruttivo

**Determinazione degli strati  
che compongono  
l'elemento costruttivo**

**Analisi delle caratteristiche  
dei materiali**



**Scelta del  
tipo  
di intervento**

**Scelta del  
materiale  
isolante**

**Calcolo dello  
spessore  
appropriato**

**Verifica delle  
prestazioni  
igrometriche**

## Analisi di un elemento costruttivo

