

Analisi agli elementi finiti del Sistema REDArt® su strutture tradizionali



In collaborazione con il
Politecnico di Milano



**POLITECNICO
MILANO 1863**

POLO TERRITORIALE DI
LECCO

A cura di:

Prof. Graziano Salvalai (Responsabile scientifico)
Ing. Ilaria Isacco

*Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle
Costruzioni e Ambiente Costruito*

Indice

1

Introduzione

4

Metodologia

7

Risultati e considerazioni finali

9

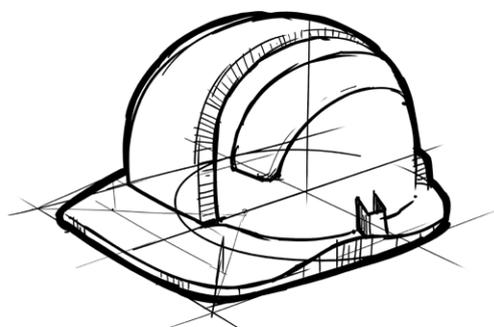
Come leggere le schede

10

Schede delle soluzioni tecnologiche costruttive di dettaglio - Partizioni opache

16

Schede delle soluzioni tecnologiche costruttive di dettaglio - Serramenti



Introduzione

L'obiettivo del presente studio è la valutazione dell'efficacia dell'installazione del sistema a cappotto **REDArt®**, prodotto dall'azienda **ROCKWOOL**, per quanto riguarda il rischio di formazione di muffa e condensa nei nodi più critici di un edificio costruito con struttura di tipo tradizionale (tipologia largamente diffusa sul territorio nazionale). Il report analizza, in particolare, i risultati in termini di temperature superficiali interne/esterne (T_{int}/T_{ext}), flusso di calore medio (ϕ) comprensivo di ponti termici, rischio di formazione di condensa superficiale e rischio di formazione di muffa confrontando i risultati tra la situazione definita pre-intervento, caratterizzata dall'assenza di isolamento, e quella post-intervento, che prevede la posa del sistema di isolamento a cappotto **REDArt®**.

La Figura 1 riporta, in maniera schematica, i diversi elementi che compongono il sistema oggetto di analisi, costituito, dall'interno verso l'esterno, da pannelli isolanti in lana di roccia installati tramite incollaggio e fissaggio meccanico su un supporto rigido (muratura con intonaco), rasatura esterna con interposta rete di armatura in fibra di vetro antialcalina, fissativo e finitura silionica granulometrica colorata. Nella Tabella 1 sono invece riportate, dall'interno verso l'esterno, le proprietà fisico-tecniche dei materiali che compongono la stratigrafia tipo di chiusura verticale in muratura con applicazione del sistema **REDArt®**.

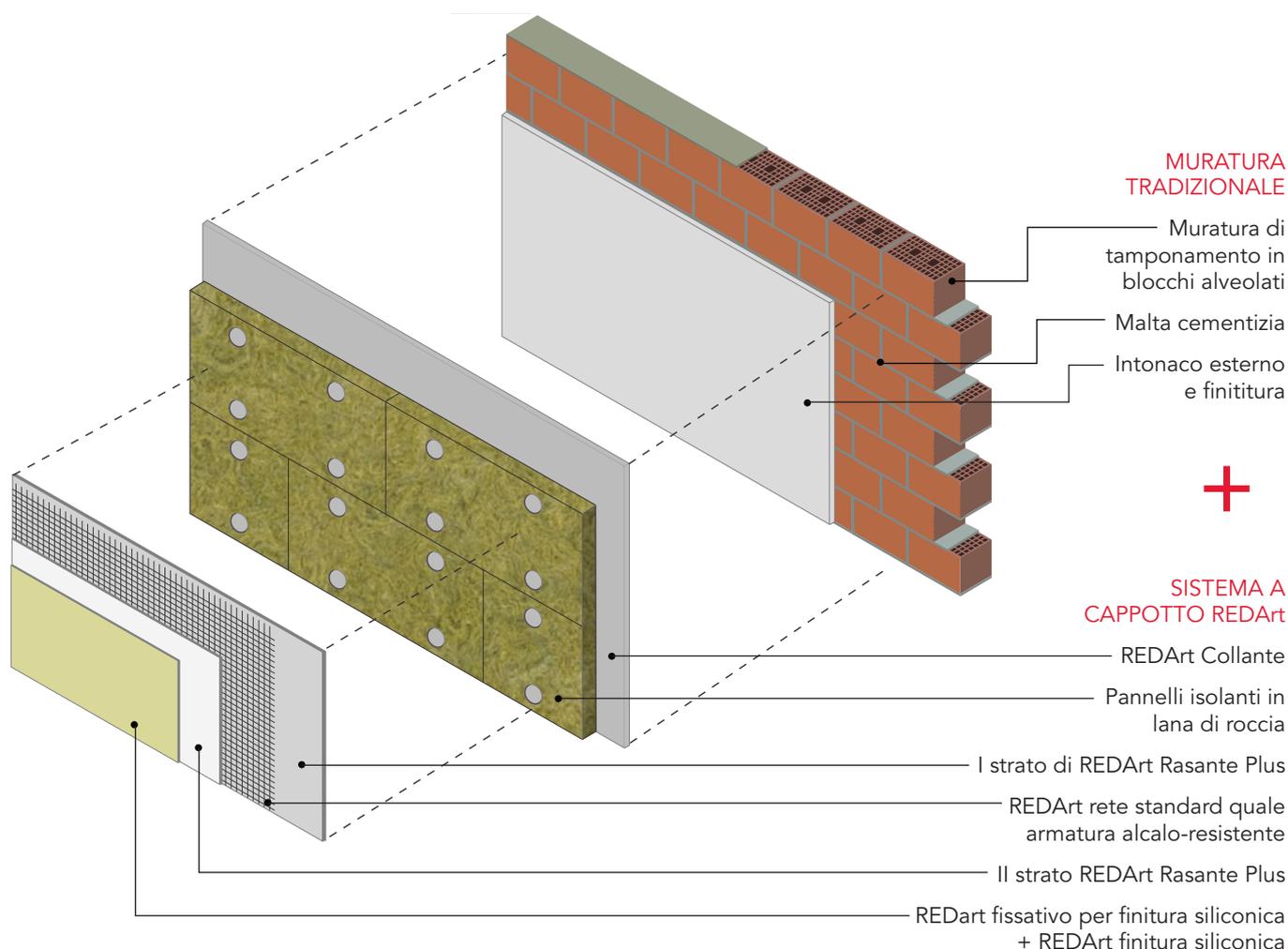


Figura 1. Muratura in laterizio con cappotto esterno REDArt®.
Fonte: immagine elaborata dagli autori.

* Il numero di tasselli è puramente indicativo

n.	Strato	Spessore [mm]	Conducibilità termica [W/mK]	Densità [kg/m ³]	Calore specifico [J/kgK]	Fattore di resist. vapore μ [-]
01	Intonaco di base e finitura	15	0,700	1400	1000	10
02	Muratura di tamponamento in blocchi alveolari	200	0,207	851	840	10
03	Intonaco esterno e finitura	15	0,900	1800	1000	10
04	Strato di REDArt Collante su muratura	10	0,470	1600	1000	20
05	Isolante in pannelli di lana di roccia ROCKWOOL Frontrock Pro	100	0,034	80	1030	1
06	Rasatura armata realizzata con REDArt Rasante Plus e REDArt rete di armatura antialcalina	5	0,670	1500	1000	15
07	REDArt Fissativo per Finitura Siliconica e REDArt Finitura Siliconica	1,5	0,830	1750	1500	50

Tabella 1. Proprietà dei materiali che compongono la stratigrafia tipo di chiusura verticale.

L'analisi agli elementi finiti è stata effettuata considerando due differenti ipotesi di dettaglio tecnico: una pre-intervento di riqualificazione energetica, con la sola muratura tradizionale costituita da blocchi in laterizio, e una post-intervento di riqualificazione energetica, con l'applicazione alla muratura del sistema a cappotto REDArt®. Le prestazioni termigrometriche del sistema a cappotto sono state analizzate ponendo l'attenzione sui quattro dettagli tecnologici più critici, quali connessione parete-copertura, connessione parete-solaio interno e connessione parete-serramento (sia in sezione verticale, sia in sezione orizzontale). I dettagli tecnici sono stati modellati, in accordo alle normative vigenti (UNI

EN ISO 10211:2018¹ - UNI EN 13788:2013²), considerando una lunghezza degli elementi pari a tre volte il loro spessore massimo e uno spessore di cappotto in lana di roccia ROCKWOOL pari a 100 mm. Tale spessore è stato selezionato per le analisi in quanto rappresenta, come riportato in Tabella 2 e Tabella 3, lo spessore minimo di isolante tra quelli prodotti dall'azienda ROCKWOOL necessario affinché la stratigrafia tipo (Figura 1) rispetti i limiti di trasmittanza termica U imposti dalla normativa vigente (D.M. 26 Giugno 2015³) per quanto riguarda la riqualificazione energetica di chiusure verticali opache in tutte le zone climatiche.

¹ Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati

² Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo

³ Decreto interministeriale 26 Giugno 2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici

Spessore isolante ROCKWOOL Frontrock Pro [mm]	Resistenza termica R isolante ROCKWOOL Frontrock Pro [m ² K/W]	Trasmittanza termica U stratigrafia tipo [W/m ² K] ⁴
60	1,75	0,328
80	2,35	0,275
100	2,90	0,237
120	3,50	0,208
140	4,10	0,185
160	4,70	0,167
180	5,25	0,152
200	5,85	0,140

Tabella 2. Resistenza termica R e trasmittanza termica U della stratigrafia tipo al variare dello spessore di isolante ROCKWOOL Frontrock Pro calcolate staticamente in accordo a UNI EN ISO 13786:2018 ⁴.

Zona Climatica	Gradi Giorno GG	Trasmittanza termica U riqualificazione energetica [W/m ² K] ⁴
A	≤ 600	0,40
B	601 ÷ 900	0,40
C	901 ÷ 1400	0,36
D	1401 ÷ 2100	0,32
E	2101 ÷ 3000	0,28
F	> 3000	0,26

Tabella 3. Valori limite di trasmittanza termica U per gli elementi di chiusura verticale opachi in caso di riqualificazione energetica in accordo a D.M. 26/06/2015, Appendice B Allegato 1, Capitolo 4.

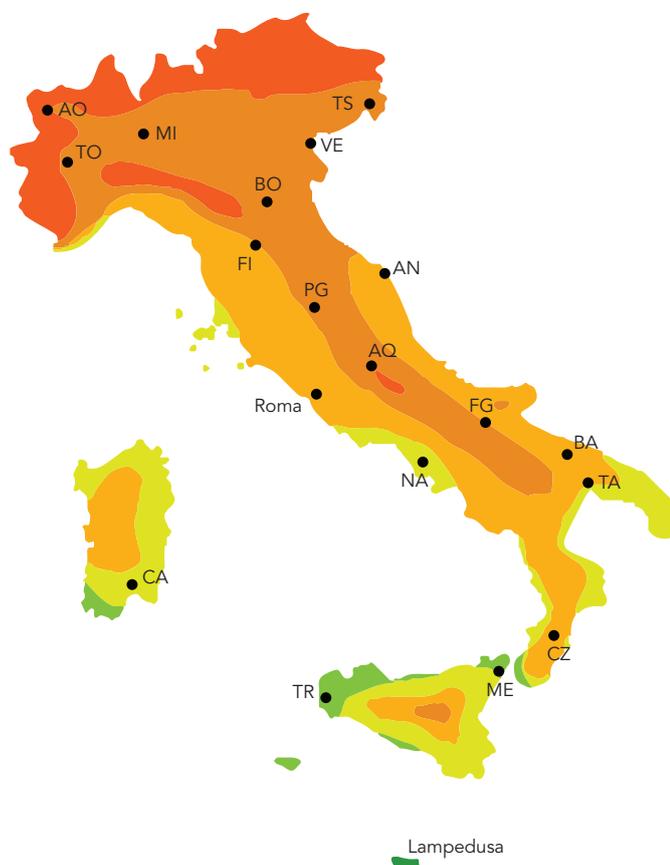
⁴ Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo

Metodologia

I calcoli sono stati effettuati utilizzando la modellazione numerica bidimensionale tramite il software Dartwin Mold 5 Dynamic 3D (www.dartwin.it), software in grado di valutare le prestazioni termo-igrometriche di componenti omogenei e non con qualsiasi condizione al contorno, in accordo con le normative vigenti (UNI EN ISO 10211:2018 - UNI EN 13788:2013).

Data una specifica geometria da analizzare e assegnate le proprietà dei rispettivi materiali, il software calcola tramite Analisi agli Elementi Finiti la trasmissione di energia tra le due differenti condizioni al contorno, definendo l'andamento del flusso di calore, la distribuzione delle temperature, il rischio di condensa superficiale e il rischio di muffa di qualsiasi elemento tecnico dell'edificio.

Per determinare le condizioni al contorno in cui effettuare le analisi dei dettagli tecnici sono state analizzate le Zone Climatiche come riportate dal D.P.R. 412/1993⁵ (Figura 2). Tali zone sono determinate sulla base dei gradi giorno (GG), un parametro che indica la somma, per tutti i giorni dell'anno, delle differenze positive tra la temperatura dell'ambiente interno, considerata pari a 20°C, e la temperatura media giornaliera dell'ambiente esterno. La Zona Climatica con il maggior numero di gradi giorno (Zona Climatica F) è caratterizzata da un clima più rigido, mentre la Zona Climatica con il minor numero di gradi giorno (Zona Climatica A) è caratterizzata da un clima più mite.



Legenda: GG = gradi giorno

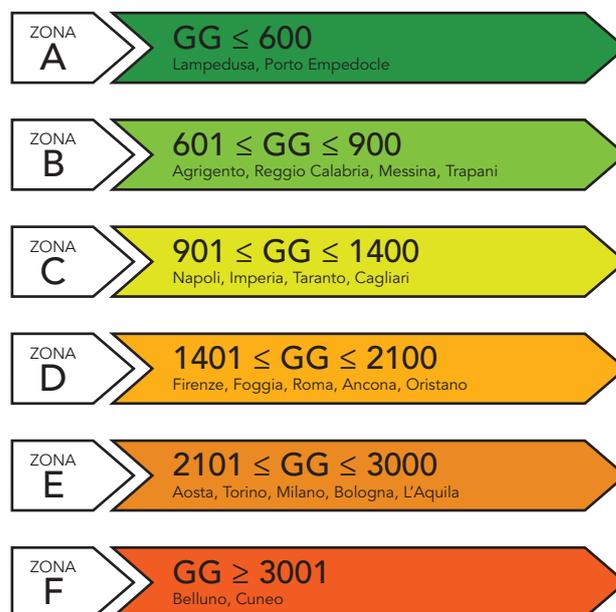


Figura 2. Zone Climatiche definite dal D.P.R. 412/1993.

In particolare, per le analisi oggetto del presente report è stato selezionato il clima della città di Milano, corrispondente alla Zona Climatica E. Tale condizione è considerata rappresentativa per le analisi sul costruito in quanto la Zona Climatica E comprende il 45% del territorio italiano e il 53% dei suoi comuni. Inoltre, le analisi effettuate sulla Zona Climatica più critica per il rischio di formazione di condensa superficiale e di muffa (Zona Climatica F) hanno presentato risultati comparabili con quelli ottenuti per la Zona Climatica E.

La Tabella 4 presenta le condizioni al contorno che sono state definite per i calcoli. Nessuna significativa ipotesi è stata adottata riguardo alla semplificazione delle geometrie dei dettagli tecnici.

⁵ Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10

Tipologia di calcolo	Temp. interna [°C]	Temp. esterna [°C]*	Resistenza Termica Sup. interna [m ² K/W]**	Resistenza Termica Sup. esterna [m ² K/W]**	Condizione di umidità interna***	Condizione di umidità esterna***	φ sat. interna [%]***	φ sat. esterna [%]***
Flusso	20	-5	0,10	0,04	-	-	-	-
Condensa superficiale	Interno cont.	Milano	0,25	0,04	Classe 3	Milano	-	-
Muffa	Interno cont.	Milano	0,25	0,04	Classe 3	Milano	80% involucro opaco 100% superfici vetrate	80%

Tabella 4. Condizioni al contorno selezionate in accordo a UNI 5364 *, UNI EN ISO 6946:2018 **, UNI EN 13788:2013 ***.

La valutazione del rischio di formazione di condensa superficiale e del rischio di formazione di muffa di un componente o struttura edilizia dipende, secondo la norma UNI EN 13788:2013, dal fattore di temperatura sulla superficie interna f_{Rsi} . Tale parametro, dipendente dalla forma e dalle dimensioni geometriche del componente edilizio, dai parametri termofisici e geometrici dei materiali costituenti il componente e dai coefficienti laminari di scambio termico, esprime la prestazione termica del componente opaco ed è pari a un valore compreso tra 0 e 1, che diminuisce in presenza di disomogeneità geometriche o costruttive (ponti termici). La verifica del rischio di formazione di condensa e del rischio di formazione di muffa si considera positiva se il valore del fattore di temperatura di progetto $f_{Rsi,min}$ è minore del valore del fattore di temperatura f_{Rsi} calcolato nel mese critico.

Per le partizioni opache (Allegato 1) i rischi di formazione di condensa e di muffa sono stati analizzati attraverso una scala Likert a tre intervalli al fine di definire qualitativamente la probabilità di formazione di condensa e muffa sulle superfici interne dei dettagli tecnici. I tre intervalli della scala, associati alle classi "Alto", "Medio" e "Basso" e ai relativi colori rosso, giallo e verde, sono stati determinati algebricamente suddividendo in tre intervalli uguali "i" la differenza massima tra $f_{Rsi,min}$ e f_{Rsi} presente tra i risultati di simulazione. Le tre classi della scala Likert, ricavata in maniera relativa al valore f_{Rsi} a causa della dipendenza dei fattori di temperatura da forma, dimensioni geometriche e parametri termofisici del componente analizzato, sono quindi così determinate:



La classe di rischio di uno specifico dettaglio tecnico dipende quindi dall'intervallo entro il quale è compreso il valore di f_{Rsi} calcolato nel mese critico per quello stesso dettaglio. Per i serramenti (Allegato 2) l'analisi qualitativa del comportamento igrometrico dei dettagli tecnici è invece costituita dalla verifica di presenza di condensa superficiale e muffa, espressa attraverso un carattere booleano (Si/No). Questa tipologia di analisi è risultata più indicata per gli scopi del presente report poiché la presenza del serramento, elemento critico indipendente dai prodotti ROCKWOOL, incide notevolmente sui fattori di temperatura di progetto $f_{Rsi,min}$ e del mese critico f_{Rsi} limitando l'efficacia della scala Likert nel determinare le prestazioni del sistema a cappotto REDArt®.

A seguito delle analisi qualitative relative a condensa superficiale e muffa, è stato valutato quantitativamente l'effetto dell'aggiunta del sistema a cappotto REDArt® tramite calcolo delle variazioni percentuali Δ delle temperature superficiali interne medie e dei rischi di formazione di condensa superficiale e muffa tra soluzione pre-intervento di riqualificazione energetica e soluzione post-intervento di riqualificazione energetica. La variazione di temperatura superficiale interna media, indicativa della condizione di comfort presente nell'ambiente, è considerata positiva se la condizione post-intervento presenta una temperatura maggiore rispetto alla condizione pre-intervento (incremento percentuale), mentre per condensa superficiale e muffa si considera migliorativa la diminuzione del rischio di formazione (decremento percentuale) dovuta all'aumento del fattore di temperatura f_{Rsi} .

Dal punto di vista fisico-tecnico, il fattore di temperatura sulla superficie interna f_{Rsi} dei dettagli tecnici è relazionato alla trasmittanza termica dei componenti o strutture edilizie e

alla loro resistenza superficiale interna e può essere calcolato con la seguente formula, in accordo con la norma UNI EN 13788:2013:

$$f_{Rsi} = \frac{\vartheta_{si} - \vartheta_e}{\vartheta_i - \vartheta_e} = 1 - R_{si} \times U \quad [-]$$

con:

ϑ_{si} temperatura della superficie interna del componente o struttura edilizia, in °C,

ϑ_e temperatura dell'aria esterna, in °C,

ϑ_i temperatura dell'aria interna, in °C,

R_{si} resistenza superficiale interna, in m²K/W,

U trasmittanza termica del componente o struttura edilizia, in W/m²K.

La variazione percentuale Δ di una grandezza è un valore che esprime la differenza in termini percentuali tra il valore finale e il valore iniziale della grandezza stessa, in riferimento alla condizione di partenza. Nel caso oggetto di analisi il valore iniziale è rappresentato dal parametro pre-

intervento di riqualificazione energetica, mentre il valore finale è rappresentato dal parametro post-intervento di riqualificazione energetica. La variazione percentuale Δ può essere calcolata con la seguente formula:

$$\Delta = \left(\frac{x_f - x_i}{x_i} \right) \times 100 \quad [\%]$$

con:

x_f valore finale della grandezza considerata,

x_i valore iniziale della grandezza considerata.

Risultati e considerazioni finali

La Tabella 5 e la Tabella 6, relative rispettivamente a partizioni opache e serramenti, presentano dal punto di vista numerico i risultati ottenuti dall'analisi FEM sui dettagli tecnici pre e post-intervento di riqualificazione energetica con aggiunta

del sistema a cappotto REDArt®. Una visione più completa e dettagliata dei risultati, inclusi i diagrammi delle isoterme e del rischio di formazione di muffa, è riportata negli allegati.

Output	Nodo 1		Nodo 2		
	Pre int.	Post int.	Pre int.	Post int.	
φ_{avg}	Flusso medio comprensivo dei ponti termici [W/m]	46,002	15,613	43,398	14,771
$T_{int,min}$	Temperatura superficiale interna minima [°C]	10,141	17,893	14,277	18,516
$T_{int,max}$	Temperatura superficiale interna massima [°C]	19,508	19,508	19,969	19,990
$T_{int,avg}$	Temperatura superficiale interna media [°C]	17,489	19,188	18,600	19,523
$T_{ext,min}$	Temperatura superficiale esterna minima [°C]	-5,000	-5,000	-4,481	-4,799
$T_{ext,max}$	Temperatura superficiale esterna massima [°C]	-0,837	-4,419	-3,084	-4,472
$T_{ext,avg}$	Temperatura superficiale esterna media [°C]	-4,662	-4,881	-4,277	-4,754
$\Delta T_{int,avg}$	Variazione percentuale della temperatura superficiale interna media	+10%		+5%	
l_c	Lunghezza della condensa superficiale [mm]	308	0	0	0
$f_{Rsi,min,c}$	Fattore di temperatura di progetto per condensa superficiale [-]	0,551	0,551	0,553	0,553
$f_{Rsi,c}$	Fattore di temperatura per condensa superficiale [-]	0,461	0,859	0,664	0,905
Rischio condensa	Analisi qualitativa della probabilità di formazione di condensa superficiale	Alto	Basso	Alto	Basso
Δ rischio	Variazione percentuale del rischio di formazione di condensa superficiale	-86%		-36%	
Mese critico	Mese critico per la formazione di muffa	Gennaio	Gennaio	Gennaio	Gennaio
$T_{int,min}$ mese critico	Temperatura superficiale interna minima nel mese critico [°C]	14,900	14,900	14,800	14,800
l_m	Lunghezza della muffa [mm]	357	0	21	0
$f_{Rsi,min,m}$	Fattore di temperatura di progetto per muffa [-]	0,672	0,672	0,678	0,678
$f_{Rsi,m}$	Fattore di temperatura per muffa [-]	0,460	0,859	0,663	0,905
Rischio muffa	Analisi qualitativa della probabilità di formazione di muffa	Alto	Basso	Alto	Basso
Δ rischio	Variazione percentuale del rischio di formazione di muffa [%]	-87%		-36,5%	

Tabella 5. Sintesi dei risultati ottenuti per i dettagli tecnici di partizioni opache con e senza sistema REDArt®.

Output		Nodo 3a (S.V.)		Nodo 3b (S.O.)	
		Pre int.	Post int.	Pre int.	Post int.
φ_{avg}	Flusso medio comprensivo dei ponti termici [W/m]	74,777	50,509	74,814	53,601
$T_{int,min}$	Temperatura superficiale interna minima [°C]	12,37	15,917	16,236	17,33
$T_{int,max}$	Temperatura superficiale interna massima [°C]	19,843	19,902	19,391	19,688
$T_{int,avg}$	Temperatura superficiale interna media [°C]	17,912	19,101	18,024	19,158
$T_{ext,min}$	Temperatura superficiale esterna minima [°C]	-4,907	-5	-4,858	-4,983
$T_{ext,max}$	Temperatura superficiale esterna massima [°C]	-1,294	-1,221	-1,38	-1,231
$T_{ext,avg}$	Temperatura superficiale esterna media [°C]	-4,062	-4,419	-4,038	-4,361
$\Delta T_{int,avg}$	Variazione percentuale della temperatura superficiale interna media [%]	+6,50%		+6%	
l_c	Lunghezza della condensa superficiale [mm]	0	0	0	0
$f_{Rsi,min,c}$	Fattore di temperatura di progetto per condensa superficiale [-]	0,553	0,553	0,553	0,553
$f_{Rsi,c}$	Fattore di temperatura per condensa superficiale [-]	0,563	0,71	0,709	0,715
Presenza condensa	Analisi qualitativa della presenza di condensa superficiale	No	No	No	No
Δ rischio	Variazione percentuale del rischio di formazione di condensa superficiale [%]	-26%		-1%	
Mese critico	Mese critico per la formazione di muffa	Gennaio	Gennaio	Gennaio	Gennaio
$T_{int,min}$ mese critico	Temperatura superficiale interna minima nel mese critico [°C]	14,8	14,8	14,8	14,8
l_m	Lunghezza della muffa [mm]	78	0	0	0
$f_{Rsi,min,m}$	Fattore di temperatura di progetto per muffa [-]	0,678	0,678	0,678	0,678
$f_{Rsi,m}$	Fattore di temperatura per muffa [-]	0,563	0,708	0,707	0,712
Presenza muffa	Analisi qualitativa della presenza di muffa	Sì	No	No	No
Δ rischio	Variazione percentuale del rischio di formazione di muffa [%]	-26%		-1%	

Tabella 6. Sintesi dei risultati ottenuti per i dettagli tecnici di serramenti con e senza sistema REDArt®.

Dall'analisi FEM sui dettagli tecnici pre e post-intervento di riqualificazione energetica emerge come l'aggiunta del sistema a cappotto REDArt® migliori tutti i punti critici dell'involucro e in particolare quelli relativi alle partizioni opache, in quanto i serramenti presentano caratteristiche indipendenti dai prodotti ROCKWOOL.

dettaglio con variazioni percentuali dei rischi trascurabili è rappresentato dal nodo del serramento in sezione orizzontale, poiché condensa e muffa si sviluppano nella porzione superiore del telaio e non lungo le spalle. In corrispondenza di un aumento delle temperature medie interne si registra, inoltre, una diminuzione delle temperature medie esterne, ottenuta grazie alla riduzione del flusso di calore tra interno ed esterno che permette di mantenere le temperature superficiali più prossime a quelle ambientali.

Si registrano principalmente aumenti delle temperature medie interne tra il 5% e il 10% e diminuzioni dei rischi di condensa superficiale e muffa compresi tra il 26% e l'87%. L'unico

Come leggere le schede

Nella sezione "Allegato" sono riportate le schede complete dei dettagli tecnici analizzati, suddivise per ogni nodo in scheda pre-intervento di riqualificazione energetica e scheda post-intervento di riqualificazione energetica. Ogni scheda presenta le analisi relative a dettagli di connessione tra chiusure verticali e partizioni e/o chiusure orizzontali e dettagli di connessione tra parete e infissi con telaio in legno. Ogni pagina riporta un esempio rappresentato attraverso uno schema ben strutturato all'interno del quale è possibile riconoscere 3 sezioni:

Sezione A: Dettaglio costruttivo bidimensionale con descrizione delle varie componenti presenti e relative proprietà;

Sezione B: Restituzione grafica dell'analisi agli elementi finiti del dettaglio costruttivo tramite diagramma delle isoterme e rischio di formazione di muffa;

Sezione C: Calcoli prestazionali del sistema riguardanti flussi di calore, condensa superficiale e muffa.

Per una più semplice comprensione, si riporta una scheda di esempio nella quale sono evidenziate le diverse sezioni.

TITOLO

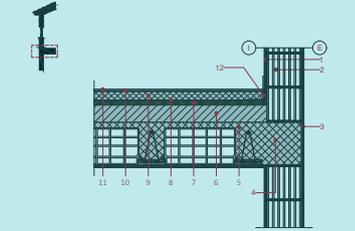
Ogni scheda presenta un numero identificativo e un titolo che ne descrive il contenuto.

2 - CHIUSURA VERTICALE - SOLAIO INTERNO

Parete in muratura in blocchi alveolari senza sistema a cappotto e solaio interno in laterocemento - Sezione verticale

Zona climatica: Milano - Dettaglio tecnico: pre intervento

Dettaglio tecnico



Legenda

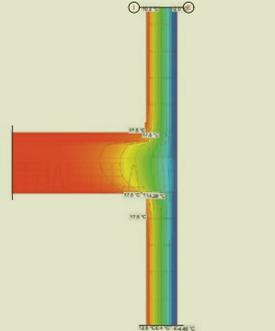
1. Intonaco di base e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,7$ W/mK, $\rho=1400$ kg/m³)
2. Muratura di tamponamento in blocchi alveolari, sp. 20 cm ($\lambda=0,207$ W/mK, $\rho=851$ kg/m³)
3. Intonaco esterno e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,9$ W/mK, $\rho=1800$ kg/m³)
4. Trave in ca.
5. Soletta in latero-cemento
6. Massetto impiantistico in calcestruzzo alleggerito, sp. 10 cm ($\lambda=0,251$ W/mK, $\rho=250$ kg/m³)
7. Isolante acustico in lana di roccia ROCKWOOL Floorrock Acoustic CPS, sp. 30 mm
8. Strato di protezione in PE
9. Massetto in calcestruzzo, sp. 5 cm ($\lambda=1,150$ W/mK, $\rho=1800$ kg/m³)
10. Collante per piastrelle, sp. 0,5 cm ($\lambda=0,5$ W/mK, $\rho=1450$ kg/m³)
11. Finitura in gres, sp. 0,8 cm ($\lambda=1,47$ W/mK, $\rho=1700$ kg/m³)
12. Fascia perimetrale

Proprietà dei materiali

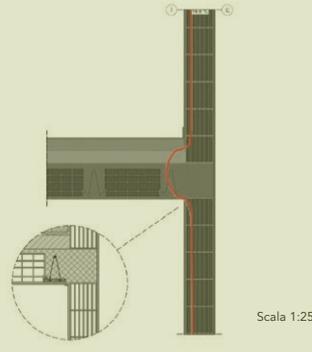
	Conducibilità termica (W/mK)	Densità (kg/m ³)	Calore specifico (J/kgK)	Fattore di assorbimento vapore μ [1]
1	0,700	1400	1000	10
2	0,207	851	840	10
3	0,900	1800	1000	10
4	2,500	2400	1000	100
5	0,811	1110	1000	15
6	0,251	250	1000	8
7	0,034	100	1030	1
9	1,150	1800	1000	8
10	0,500	1450	1000	5
11	1,470	1700	711	2000000

Note: 1 alcune proprietà dei materiali sono state ricavate da letteratura o stimate in funzione dell'esperienza degli autori.
2 in tabella sono riportati solo i materiali rilevanti per la simulazione agli elementi finiti.

Diagramma delle isoterme



Rischio di formazione di muffa



Scala 1:25

Flussi di calore

Soluzione pre intervento	Flusso e temperature pre intervento*						
	Flusso Φ _{tot} (W/m ²) con ponte termico	T _{int} (°C)	T _{ext} (°C)	T _{int} (°C)	T _{ext} (°C)	T _{int} (°C)	T _{ext} (°C)
	43,398	14,277	19,969	18,6	-4,481	-3,084	-4,277

Condensa superficiale

Soluzione pre intervento	Cond. sup. pre intervento*			
	Lunghezza di condensa (mm)	R _{int}	R _{ext}	Rischio condensa
	0	0,553	0,664	Alto

Muffa

Soluzione pre intervento	Muffa pre intervento*			
	Mese critico	T _{min} mese critico (°C)	Lunghezza di muffa (mm)	Rischio muffa
	Gen.	14,8	21	Alto

* Il calcolo si riferisce alla stessa sezione di parete per la quale viene considerato o meno il cappotto. I risultati ottenuti dipendono non soltanto dai prodotti ROCKWOOL, ma anche dalle proprietà degli altri strati e sono per questo da ritenere puramente indicativi. Si consiglia di effettuare pertanto una verifica termo-igrometrica sulla propria soluzione stratigrafica.

SEZIONE A

In questa sezione è presente il dettaglio tecnico e sono descritte le componenti del sistema, in ordine dallo strato più interno verso quello più esterno, con valori di densità e conducibilità termica per i materiali non ROCKWOOL. Sono inoltre riportate le proprietà dei materiali utilizzate in fase di simulazione.

SEZIONE B

In questa sezione è rappresentata l'analisi FEM della soluzione di dettaglio. In particolare, sono presenti:

1. Diagramma delle isoterme, con rappresentazione delle temperature all'interno del dettaglio;
2. Diagramma del rischio di muffa, con rappresentazione dell'isoterma lungo la quale può avvenire la formazione di muffa in presenza di vapore;
3. In caso di formazione di muffa, focus del dettaglio tecnico con indicata in rosso la lunghezza della muffa.

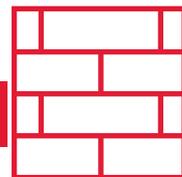
SEZIONE C

In questa sezione sono riportati i risultati di calcolo relativi a:

- Flusso termico medio comprensivo di ponte termico;
- Temperature interne ed esterne minime, massime e medie;
- Lunghezza della condensa superficiale e relativi fattori di temperatura;
- Lunghezza della muffa, relativi fattori di temperatura e temperatura interna minima per cui si forma muffa nel mese critico.

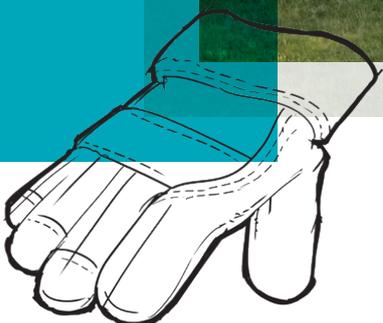
Figura 3. Esempio di scheda tecnica. Fonte: immagine elaborata dagli autori

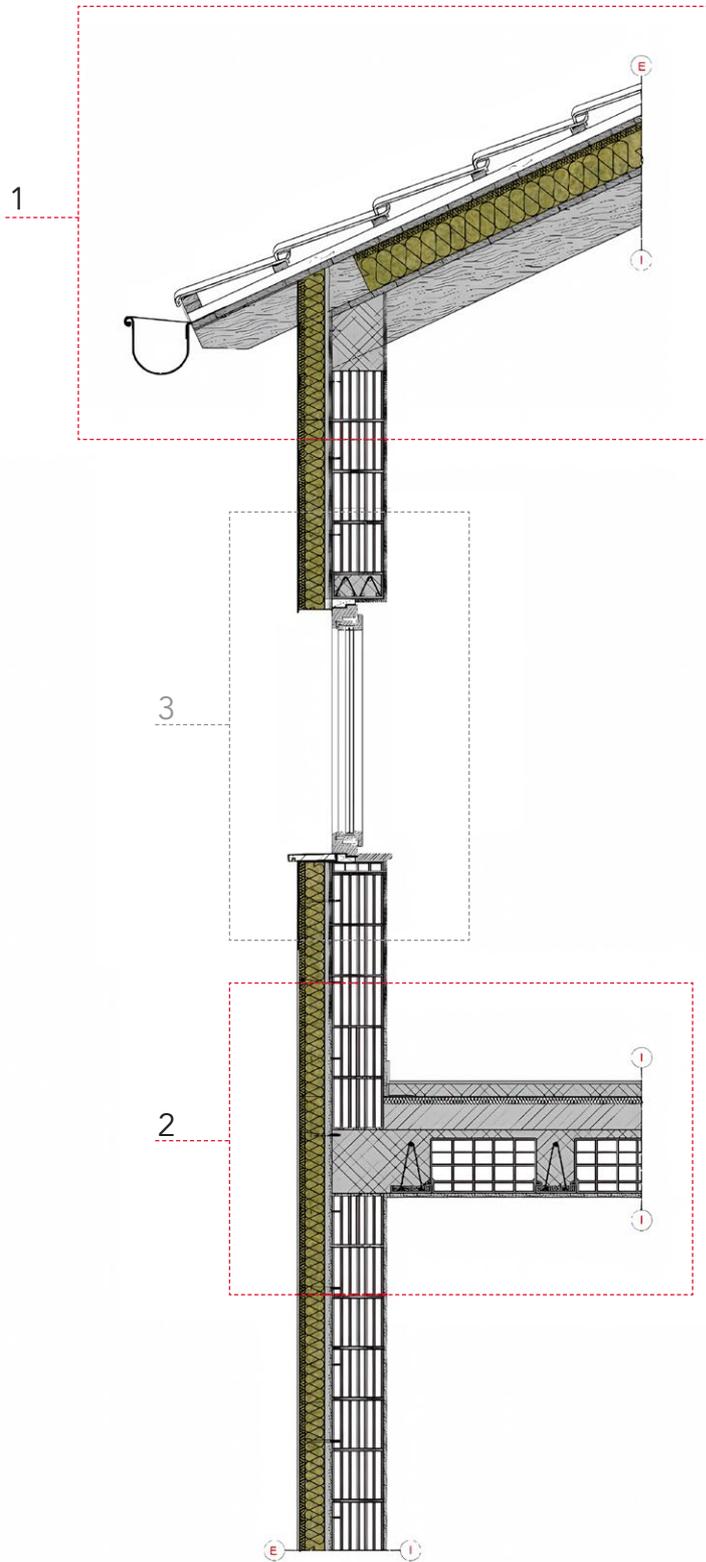
Allegato 1



Schede delle soluzioni tecnologiche costruttive di dettaglio

Partizioni opache



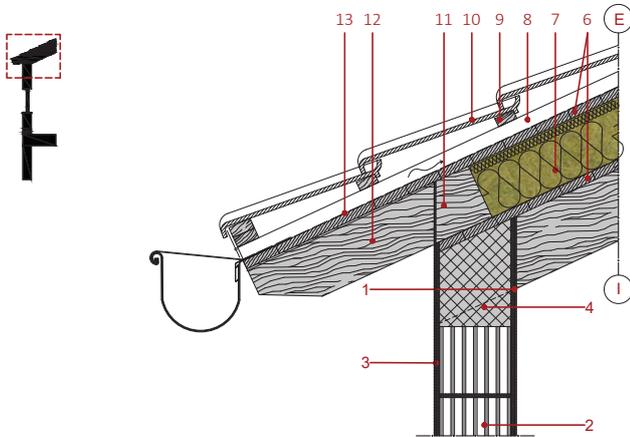


1 - CHIUSURA INCLINATA - CHIUSURA VERTICALE

Parete in muratura in blocchi alveolari senza sistema a cappotto e copertura inclinata in legno - Sezione verticale

Zona climatica: Milano - Dettaglio tecnico: pre intervento

Dettaglio tecnico



Legenda

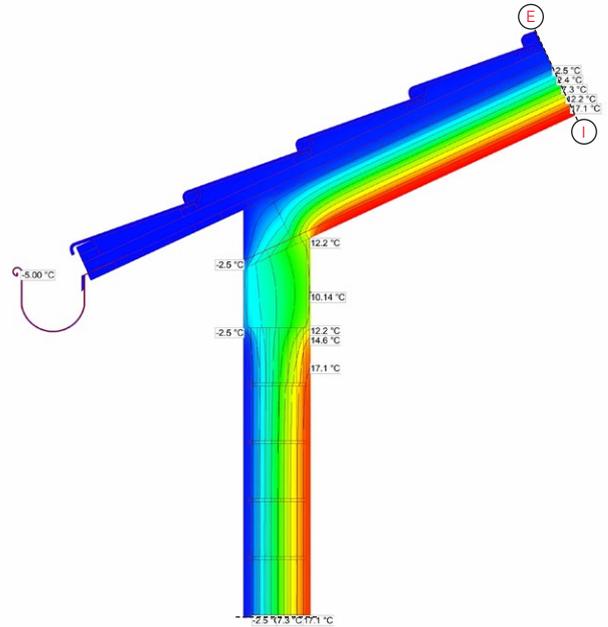
1. Intonaco di base e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,7$ W/mK, $\rho=1400$ kg/m³)
2. Muratura di tamponamento in blocchi alveolari, sp. 20 cm ($\lambda=0,207$ W/mK, $\rho=851$ kg/m³)
3. Intonaco esterno e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,9$ W/mK, $\rho=1800$ kg/m³)
4. Trave in c.a.
5. Trave in legno lamellare
6. Assito in legno d'abete, sp. 2,5 cm ($\lambda=0,13$ W/mK, $\rho=500$ kg/m³)
7. Isolante in pannelli di lana di roccia ROCKWOOL Durock Energy Plus, sp. 160 mm
8. Intercapedine d'aria ventilata, sp. 4 cm
9. Travetti in legno lamellare
10. Tegole in cotto
11. Listone in legno d'abete
12. Travetto in legno lamellare
13. Membrana impermeabilizzante

Proprietà dei materiali

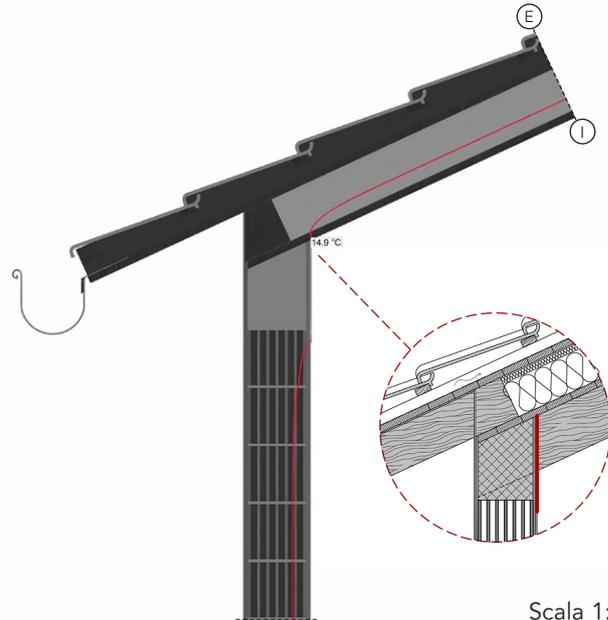
	Conducibilità termica [W/mK]	Densità [kg/m ³]	Calore specifico [J/kgK]	Fattore di resist. vapore μ [-]
1	0,700	1400	1000	10
2	0,207	851	840	10
3	0,900	1800	1000	10
4	2,500	2400	1000	100
6	0,130	500	1600	50
7	0,036	~ 140	1030	1
9	0,130	500	1600	50
10	1,000	2000	799	30
11	0,130	500	1600	50

Note: 1 alcune proprietà dei materiali sono state ricavate da letteratura o stimate in funzione dell'esperienza degli autori;
2 in tabella sono riportati solo i materiali rilevanti per la simulazione agli elementi finiti.

Diagramma delle isoterme



Rischio di formazione di muffa



Scala 1:25

Flussi di calore

	Flusso e temperature pre intervento*						
	Flusso Φ_{avg} , con ponte [W/m]	$T_{int,min}$ [°C]	$T_{int,max}$ [°C]	$T_{int,avg}$ [°C]	$T_{ext,min}$ [°C]	$T_{ext,max}$ [°C]	$T_{ext,avg}$ [°C]
Soluzione pre intervento	46,002	10,141	19,508	17,489	-5,000	-0,837	-4,662

Condensa superficiale

Soluzione pre intervento	Cond. sup. pre intervento*			
	Lunghezza di condensa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio condensa
Soluzione pre intervento	308	0,551	0,461	Alto

Muffa

Soluzione pre intervento	Muffa pre intervento*					
	Mese critico	$T_{int,min}$ mese critico [°C]	Lunghezza di muffa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio muffa
Soluzione pre intervento	Gen.	14,900	357	0,672	0,460	Alto

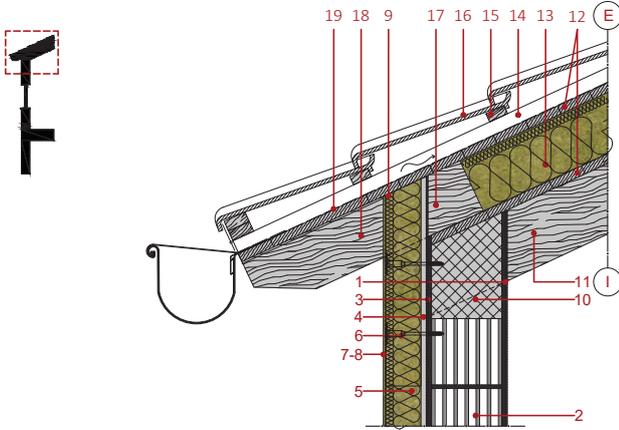
* Il calcolo si riferisce alla stessa sezione di parete per la quale viene considerato o meno il cappotto. I risultati ottenuti dipendono non soltanto dai prodotti ROCKWOOL, ma anche dalle proprietà degli altri strati e sono per questo da ritenersi puramente indicativi. Si consiglia di effettuare pertanto una verifica termo-igrometrica sulla propria soluzione stratigrafica.

1 - CHIUSURA INCLINATA - CHIUSURA VERTICALE

Parete in muratura in blocchi alveolari con sistema a cappotto e copertura inclinata in legno - Sezione verticale

Zona climatica: Milano - Dettaglio tecnico: post intervento

Dettaglio tecnico



Legenda

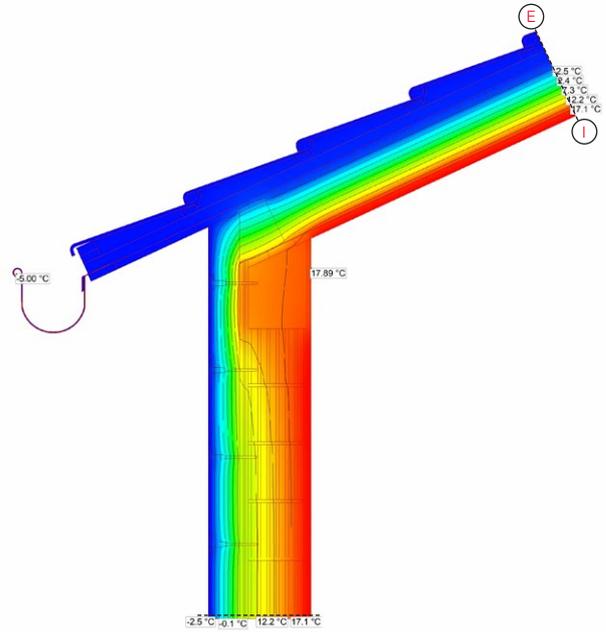
- Intonaco di base e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,7$ W/mK, $\rho=1400$ kg/m³)
- Muratura di tamponamento in blocchi alveolari, sp. 20 cm ($\lambda=0,207$ W/mK, $\rho=851$ kg/m³)
- Intonaco esterno e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,9$ W/mK, $\rho=1800$ kg/m³)
- Strato di REDArt Collante su muratura, sp. circa 1,0 cm
- Isolante in pannelli di lana di roccia ROCKWOOL Frontrock Pro, sp. 100 mm
- REDArt Tassello STR U 2G per fissaggio pannelli isolanti su murature in laterizio alveolare
- Rasatura armata sp. 5mm realizzata con REDArt Rasante Plus e con REDArt rete di armatura antialcalina posizionata nel terzo esterno dello spessore
- REDArt Fissativo per Finitura Siliconica + REDArt Finitura Siliconica, sp. 1,5 mm
- REDArt Nastro di Guarnizione 15/4-9 mm
- Trave in c.a.
- Trave in legno lamellare
- Assito in legno d'abete, sp. 2,5 cm ($\lambda=0,13$ W/mK, $\rho=500$ kg/m³)
- Isolante in pannelli di lana di roccia ROCKWOOL Durock Energy Plus, sp. 160 mm
- Intercapedine d'aria ventilata, sp. 4 cm
- Travetti in legno lamellare
- Tegole in cotto
- Listone in legno d'abete
- Travetto in legno lamellare
- Membrana impermeabilizzante

Proprietà dei materiali

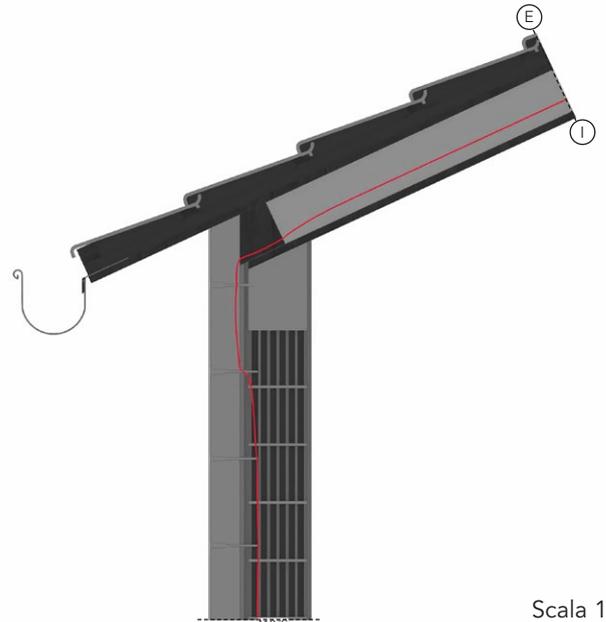
	Conducibilità termica [W/mK]	Densità [kg/m ³]	Calore specifico [J/kgK]	Fattore di resist. vapore μ [-]
1	0,700	1400	1000	10
2	0,207	851	840	10
3	0,900	1800	1000	10
4	0,470	1600	1000	20
5	0,034	~ 80	1030	1
6	0,160	1400	1000	50000
7	0,670	1500	1000	15
8	0,830	1750	1500	50
9	0,043	200	1500	100
10	2,500	2400	1000	100
12	0,130	500	1600	50
13	0,036	~ 140	1030	1
15	0,130	500	1600	50
16	1,000	2000	799	30
17	0,130	500	1600	50

Note: 1 alcune proprietà dei materiali sono state ricavate da letteratura o stimate in funzione dell'esperienza degli autori;
2 in tabella sono riportati solo i materiali rilevanti per la simulazione agli elementi finiti.

Diagramma delle isoterme



Rischio di formazione di muffa



Flussi di calore

	Flusso e temperature post intervento*							
	Flusso Φ_{avg} , con ponte [W/m]	$T_{int,min}$ [°C]	$T_{int,max}$ [°C]	$T_{int,avg}$ [°C]	$T_{ext,min}$ [°C]	$T_{ext,max}$ [°C]	$T_{ext,avg}$ [°C]	$\Delta T_{int,avg}$ [°C]
Soluzione post intervento	15,613	17,893	19,508	19,188	-5,000	-4,419	-4,881	+10%

Condensa superficiale

	Cond. sup. post intervento*				
	Lunghezza di condensa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio condensa	Δ Rischio
Soluzione post intervento	0	0,551	0,859	Basso	-86%

Muffa

	Muffa post intervento*						
	Mese critico	$T_{int,min}$ mese critico [°C]	Lunghezza di muffa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio muffa	Δ Rischio
Soluzione post intervento	Gen.	14,900	0	0,672	0,859	Basso	-87%

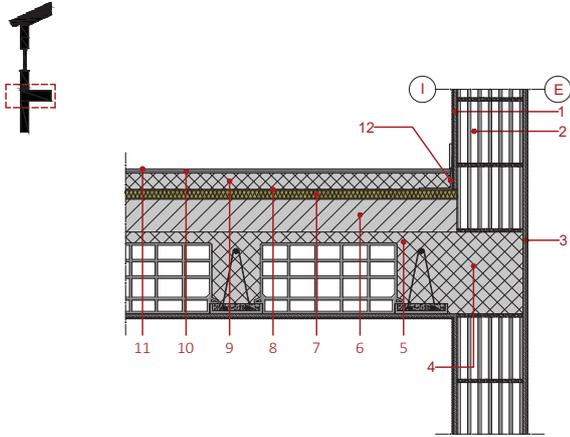
* Il calcolo si riferisce alla stessa sezione di parete per la quale viene considerato o meno il cappotto. I risultati ottenuti dipendono non soltanto dai prodotti ROCKWOOL, ma anche dalle proprietà degli altri strati e sono per questo da ritenersi puramente indicativi. Si consiglia di effettuare pertanto una verifica termo-igrometrica sulla propria soluzione stratigrafica.

2 - CHIUSURA VERTICALE - SOLAIO INTERNO

Parete in muratura in blocchi alveolari senza sistema a cappotto e solaio interno in laterocemento - Sezione verticale

Zona climatica: Milano - Dettaglio tecnico: pre intervento

Dettaglio tecnico



Legenda

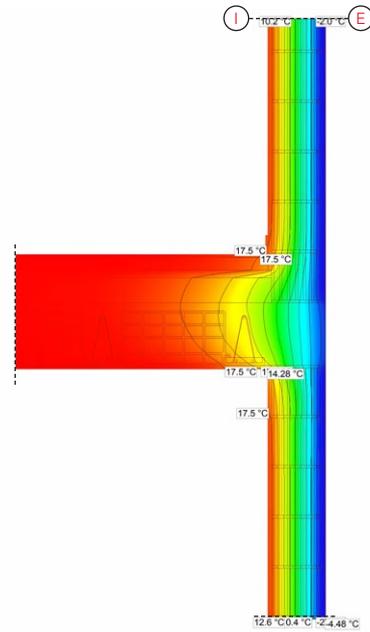
1. Intonaco di base e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,7$ W/mK, $\rho=1400$ kg/m³)
2. Muratura di tamponamento in blocchi alveolari, sp. 20 cm ($\lambda=0,207$ W/mK, $\rho=851$ kg/m³)
3. Intonaco esterno e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,9$ W/mK, $\rho=1800$ kg/m³)
4. Trave in c.a.
5. Soletta in latero-cemento
6. Massetto impiantistico in calcestruzzo alleggerito, sp. 10 cm ($\lambda=0,251$ W/mK, $\rho=250$ kg/m³)
7. Isolante acustico in lana di roccia ROCKWOOL Floorrock Acoustic CP5, sp. 30 mm
8. Strato di protezione in PE
9. Massetto in calcestruzzo, sp. 5 cm ($\lambda=1,150$ W/mK, $\rho=1800$ kg/m³)
10. Collante per piastrelle, sp. 0,5 cm ($\lambda=0,5$ W/mK, $\rho=1450$ kg/m³)
11. Finitura in gres, sp. 0,8 cm ($\lambda=1,47$ W/mK, $\rho=1700$ kg/m³)
12. Fascia perimetrale

Proprietà dei materiali

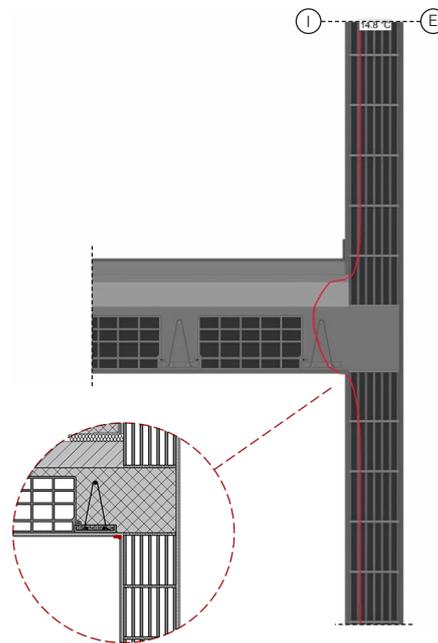
	Conducibilità termica [W/mK]	Densità [kg/m ³]	Calore specifico [J/kgK]	Fattore di resist. vapore μ [-]
1	0,700	1400	1000	10
2	0,207	851	840	10
3	0,900	1800	1000	10
4	2,500	2400	1000	100
5	0,811	1110	1000	15
6	0,251	250	1000	8
7	0,034	100	1030	1
9	1,150	1800	1000	8
10	0,500	1450	1000	5
11	1,470	1700	711	2000000

Note: 1 alcune proprietà dei materiali sono state ricavate da letteratura o stimate in funzione dell'esperienza degli autori;
2 in tabella sono riportati solo i materiali rilevanti per la simulazione agli elementi finiti.

Diagramma delle isoterme



Rischio di formazione di muffa



Scala 1:25

Flussi di calore

	Flusso e temperature pre intervento*						
	Flusso Φ_{avg} , con ponte [W/m]	$T_{int,min}$ [°C]	$T_{int,max}$ [°C]	$T_{int,avg}$ [°C]	$T_{ext,min}$ [°C]	$T_{ext,max}$ [°C]	$T_{ext,avg}$ [°C]
Soluzione pre intervento	43,398	14,277	19,969	18,6	-4,481	-3,084	-4,277

Condensa superficiale

	Cond. sup. pre intervento*			
	Lunghezza di condensa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio condensa
Soluzione pre intervento	0	0,553	0,664	Alto

Muffa

	Muffa pre intervento*					
	Mese critico	$T_{int,min}$ mese critico [°C]	Lunghezza di muffa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio muffa
Soluzione pre intervento	Gen.	14,8	21	0,678	0,663	Alto

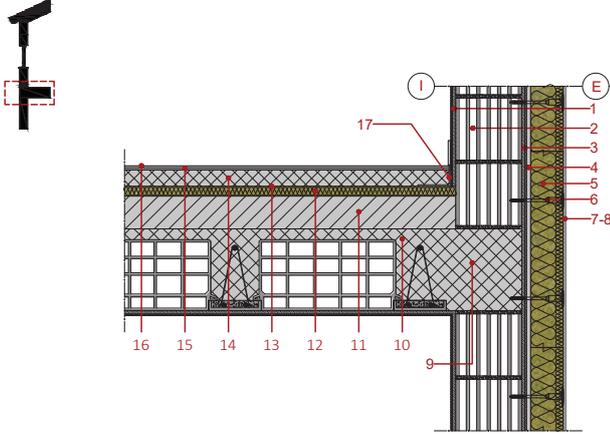
* Il calcolo si riferisce alla stessa sezione di parete per la quale viene considerato o meno il cappotto. I risultati ottenuti dipendono non soltanto dai prodotti ROCKWOOL, ma anche dalle proprietà degli altri strati e sono per questo da ritenersi puramente indicativi. Si consiglia di effettuare pertanto una verifica termo-igrometrica sulla propria soluzione stratigrafica.

2 - CHIUSURA VERTICALE - SOLAIO INTERNO

Parete in muratura in blocchi alveolari con sistema a cappotto e solaio interno in laterocemento - Sezione verticale

Zona climatica: Milano - Dettaglio tecnico: post intervento

Dettaglio tecnico



Legenda

1. Intonaco di base e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,7$ W/mK, $\rho=1400$ kg/m³)
2. Muratura di tamponamento in blocchi alveolari, sp. 20 cm ($\lambda=0,207$ W/mK, $\rho=851$ kg/m³)
3. Intonaco esterno e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,9$ W/mK, $\rho=1800$ kg/m³)
4. Strato di REDArt Collante su muratura, sp. circa 1,0 cm
5. Isolante in pannelli di lana di roccia ROCKWOOL Frontrock Pro, sp. 100 mm
6. REDArt Tassello STR U 2G per fissaggio pannelli isolanti su murature in laterizio alveolare
7. Rasatura armata sp. 5mm realizzata con REDArt Rasante Plus e con REDArt rete di armatura antialcalina posizionata nel terzo esterno dello spessore
8. REDArt Fissativo per Finitura Siliconica + REDArt Finitura Siliconica, sp. 1,5 mm
9. Trave in c.a.
10. Soletta in latero-cemento
11. Massetto impiantistico in calcestruzzo alleggerito, sp. 10 cm ($\lambda=0,251$ W/mK, $\rho=250$ kg/m³)
12. Isolante acustico in lana di roccia ROCKWOOL Floorrock Acoustic CP5, sp. 30 mm
13. Strato di protezione in PE
14. Massetto in calcestruzzo, sp. 5 cm ($\lambda=1,150$ W/mK, $\rho=1800$ kg/m³)
15. Collante per piastrelle, sp. 0,5 cm ($\lambda=0,5$ W/mK, $\rho=1450$ kg/m³)
16. Finitura in gres, sp. 0,8 cm ($\lambda=1,47$ W/mK, $\rho=1700$ kg/m³)
17. Fascia perimetrale

Proprietà dei materiali

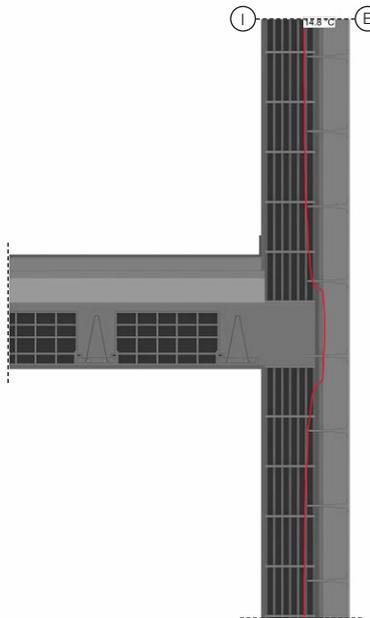
	Conducibilità termica [W/mK]	Densità [kg/m ³]	Calore specifico [J/kgK]	Fattore di resist. vapore μ [-]
1	0,700	1400	1000	10
2	0,207	851	840	10
3	0,900	1800	1000	10
4	0,470	1600	1000	20
5	0,034	~ 80	1030	1
6	0,160	1400	1000	50000
7	0,670	1500	1000	15
8	0,830	1750	1500	50
9	2,500	2400	1000	100
10	0,811	1110	1000	15
11	0,251	250	1000	8
12	0,034	100	1030	1
14	1,150	1800	1000	8
15	0,500	1450	1000	5
16	1,470	1700	711	2000000

Note: 1 alcune proprietà dei materiali sono state ricavate da letteratura o stimate in funzione dell'esperienza degli autori;
2 in tabella sono riportati solo i materiali rilevanti per la simulazione agli elementi finiti.

Diagramma delle isoterme



Rischio di formazione di muffa



Scala 1:25

Flussi di calore

	Flusso e temperature post intervento*							
	Flusso Φ_{avg} , con ponte [W/m]	$T_{int,min}$ [°C]	$T_{int,max}$ [°C]	$T_{int,avg}$ [°C]	$T_{ext,min}$ [°C]	$T_{ext,max}$ [°C]	$T_{ext,avg}$ [°C]	$\Delta T_{int,avg}$ [°C]
Soluzione post intervento	14,771	18,516	19,990	19,523	-4,799	-4,472	-4,754	+5%

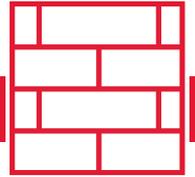
Condensa superficiale

	Cond. sup. post intervento*				
	Lunghezza di condensa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio condensa	Δ Rischio
Soluzione post intervento	0	0,553	0,905	Basso	-36%

Muffa

	Muffa post intervento*							
	Mese critico	$T_{int,min}$ mese critico [°C]	Lunghezza di muffa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio muffa	Δ Rischio	
Soluzione post intervento	Gen.	14,800	0	0,678	0,905	Basso	-36,5%	

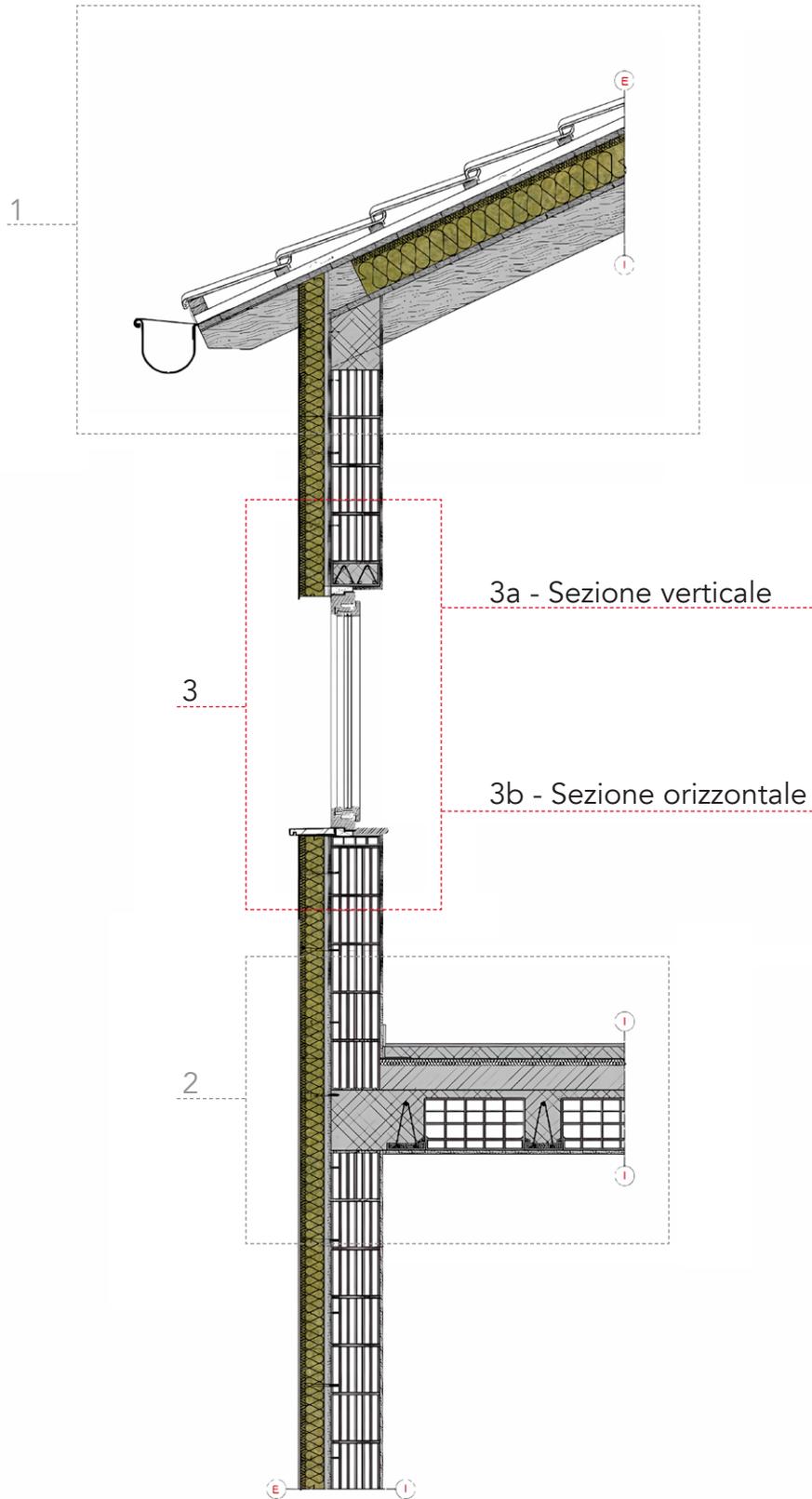
* Il calcolo si riferisce alla stessa sezione di parete per la quale viene considerato o meno il cappotto. I risultati ottenuti dipendono non soltanto dai prodotti ROCKWOOL, ma anche dalle proprietà degli altri strati e sono per questo da ritenersi puramente indicativi. Si consiglia di effettuare pertanto una verifica termo-igrometrica sulla propria soluzione stratigrafica.



Schede delle soluzioni tecnologiche costruttive di dettaglio

Serramenti



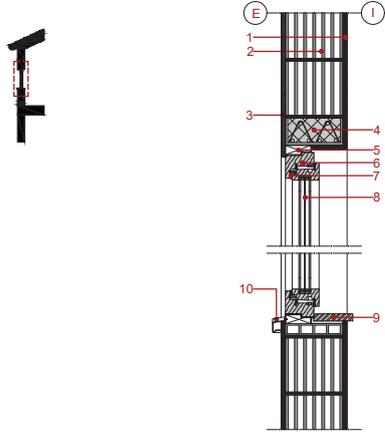


3a - CHIUSURA VERTICALE - FINESTRA (SEZIONE VERTICALE)

Parete in muratura in blocchi alveolari senza sistema a cappotto e infisso in legno - Sezione verticale

Zona climatica: Milano - Dettaglio tecnico: pre intervento

Dettaglio tecnico



Legenda

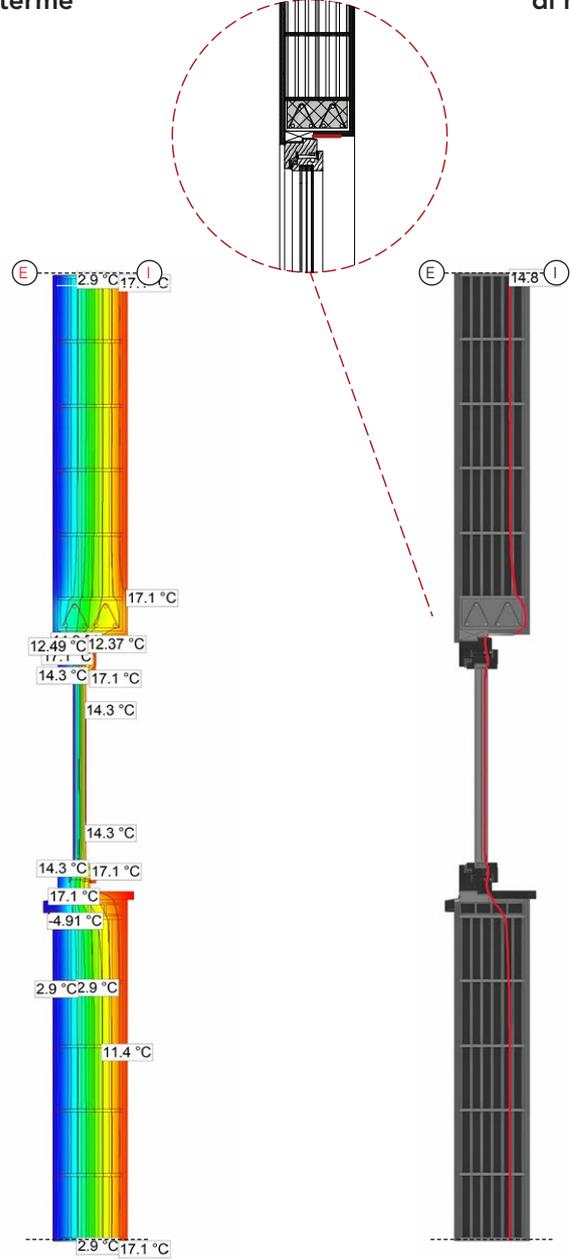
1. Intonaco di base e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,7$ W/mK, $\rho=1400$ kg/m³)
2. Muratura di tamponamento in blocchi alveolari, sp. 20 cm ($\lambda=0,207$ W/mK, $\rho=851$ kg/m³)
3. Intonaco esterno e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,9$ W/mK, $\rho=1800$ kg/m³)
4. Architrave in latero-cemento
5. Falso telaio in materiale isolante a celle chiuse
6. Telaio in legno di abete
7. Giunti di tenuta in EPDM
8. Serramento in triplo vetro con riempimento a kripton
9. Davanzale in legno di abete
10. Davanzale in alluminio

Proprietà dei materiali

	Conducibilità termica [W/mK]	Densità [kg/m ³]	Calore specifico [J/kgK]	Fattore di resist. vapore μ [-]
1	0,700	1400	1000	10
2	0,207	851	840	10
3	0,900	1800	1000	10
4	0,811	1110	1000	15
5	0,037	30	1000	312
6	0,110	500	1600	50
7	0,250	1150	1000	6000
8	1,000	2500	753	2000000
9	0,110	500	1600	50
10	220,000	2700	879	2000000

Note: 1 alcune proprietà dei materiali sono state ricavate da letteratura o stimate in funzione dell'esperienza degli autori;
2 in tabella sono riportati solo i materiali rilevanti per la simulazione agli elementi finiti.

Diagramma delle isoterme



Rischio di formazione di muffa

Scala 1:25

Flussi di calore

	Flusso e temperature pre intervento*						
	Flusso Φ_{avg} , con ponte [W/m]	$T_{int,min}$ [°C]	$T_{int,max}$ [°C]	$T_{int,avg}$ [°C]	$T_{ext,min}$ [°C]	$T_{ext,max}$ [°C]	$T_{ext,avg}$ [°C]
Soluzione pre intervento	74,777	12,370	19,843	17,912	-4,907	-1,294	-4,062

Condensa superficiale

	Cond. sup. pre intervento*			
	Lunghezza di condensa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio condensa
Soluzione pre intervento	0	0,553	0,563	No

Muffa

	Muffa pre intervento*					
	Mese critico	$T_{int,min}$ mese critico [°C]	Lunghezza di muffa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio muffa
Soluzione pre intervento	Gen.	14,800	78	0,678	0,563	Si

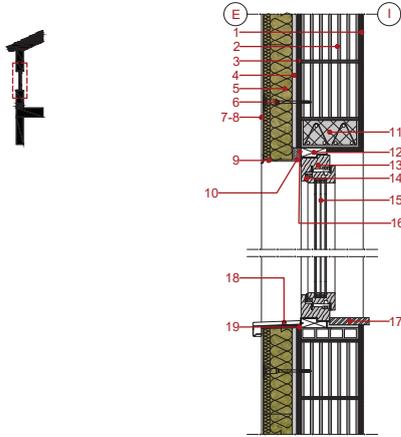
* Il calcolo si riferisce alla stessa sezione di parete per la quale viene considerato o meno il cappotto. I risultati ottenuti dipendono non soltanto dai prodotti ROCKWOOL, ma anche dalle proprietà degli altri strati e sono per questo da ritenersi puramente indicativi. Si consiglia di effettuare pertanto una verifica termo-igrometrica sulla propria soluzione stratigrafica.

3a - CHIUSURA VERTICALE - FINESTRA (SEZIONE VERTICALE)

Parete in muratura in blocchi alveolari con sistema a cappotto e infisso in legno - Sezione verticale

Zona climatica: Milano - Dettaglio tecnico: post intervento

Dettaglio tecnico



Legenda

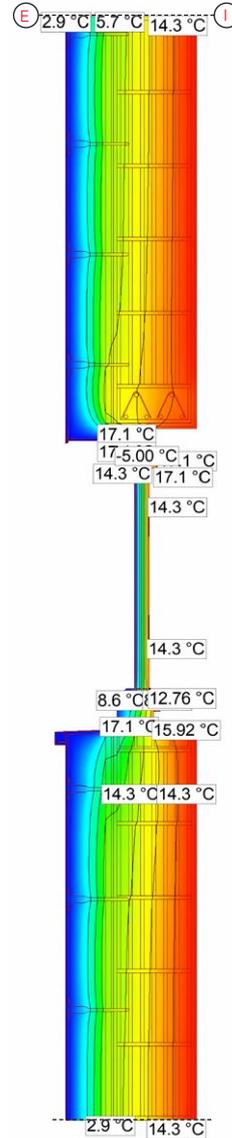
1. Intonaco di base e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,7$ W/mK, $\rho=1400$ kg/m³)
2. Muratura di tamponamento in blocchi alveolari, sp. 20 cm ($\lambda=0,207$ W/mK, $\rho=851$ kg/m³)
3. Intonaco esterno e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,9$ W/mK, $\rho=1800$ kg/m³)
4. Strato di REDArt Collante su muratura, sp. circa 1,0 cm
5. Isolante in pannelli di lana di roccia ROCKWOOL Frontrock Pro, sp. 100 mm
6. REDArt Tassello STR U 2G per fissaggio pannelli isolanti su murature in laterizio alveolare
7. Rasatura armata sp. 5mm realizzata con REDArt Rasante Plus e con REDArt rete di armatura anticalcina posizionata nel terzo esterno dello spessore
8. REDArt Fissativo per Finitura Siliconica + REDArt Finitura Siliconica, sp. 1,5 mm
9. REDArt Profilo angolare orizzontale con gocciolatoio
10. REDArt Profilo in PVC con rete per guarnizione per serramenti
11. Architrave in latero-cemento
12. Falso telaio in materiale isolante a celle chiuse
13. Telaio in legno di abete
14. Giunti di tenuta in EPDM
15. Serramento in triplo vetro con riempimento a kripton
16. Nastro di tenuta in EPDM
17. Davanzale in legno di abete
18. Davanzale in alluminio
19. REDArt Nastro di Guarnizione 15/4-9 mm

Proprietà dei materiali

	Conducibilità termica [W/mK]	Densità [kg/m ³]	Calore specifico [J/kgK]	Fattore di resist. vapore μ [-]
1	0,700	1400	1000	10
2	0,207	851	840	10
3	0,900	1800	1000	10
4	0,470	1600	1000	20
5	0,034	~ 80	1030	1
6	0,160	1400	1000	50000
7	0,670	1500	1000	15
8	0,830	1750	1500	50
9	0,160	1400	1000	50000
10	0,160	1400	1000	50000
11	0,811	1110	1000	15
12	0,037	30	1000	312
13	0,110	500	1600	50
14	0,250	1150	1000	6000
15	1,000	2500	753	2000000
16	0,250	1150	1000	6000
17	0,110	500	1600	50
18	220,000	2700	879	2000000
19	0,043	200	1500	100

Note: 1 alcune proprietà dei materiali sono state ricavate da letteratura o stimate in funzione dell'esperienza degli autori;
2 in tabella sono riportati solo i materiali rilevanti per la simulazione agli elementi finiti.

Diagramma delle isoterme



Rischio di formazione di muffa



Scala 1:25

Flussi di calore

	Flusso e temperature post intervento*							
	Flusso Φ_{avg} , con ponte [W/m]	$T_{int,min}$ [°C]	$T_{int,max}$ [°C]	$T_{int,avg}$ [°C]	$T_{ext,min}$ [°C]	$T_{ext,max}$ [°C]	$T_{ext,avg}$ [°C]	$\Delta T_{int,avg}$ [°C]
Soluzione post intervento	50,509	15,917	19,902	19,101	-5,000	-1,221	-4,419	+6,5%

Condensa superficiale

	Cond. sup. post intervento*				
	Lunghezza di condensa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio condensa	Δ Rischio
Soluzione post intervento	0	0,553	0,710	No	-26%**

Muffa

	Muffa post intervento*							
	Mese critico	$T_{int,min}$ mese critico [°C]	Lunghezza di muffa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio muffa	Δ Rischio	
Soluzione post intervento	Gen.	14,800	0	0,678	0,708	No	-26%**	

* Il calcolo si riferisce alla stessa sezione di parete per la quale viene considerato o meno il cappotto. I risultati ottenuti dipendono non soltanto dai prodotti ROCKWOOL, ma anche dalle proprietà degli altri strati e sono per questo da ritenersi puramente indicativi. Si consiglia di effettuare pertanto una verifica termo-igrometrica sulla propria soluzione stratigrafica.

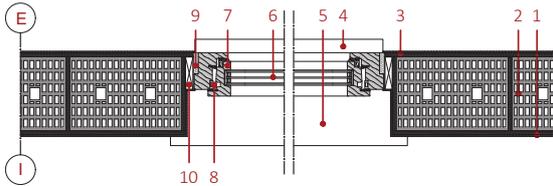
** La presenza del serramento limita l'effetto migliorativo del cappotto indipendentemente dai prodotti ROCKWOOL.

3b - CHIUSURA VERTICALE - FINESTRA (SEZIONE ORIZZONTALE)

Parete in muratura in blocchi alveolari senza sistema a cappotto e infisso in legno - Sezione orizzontale

Zona climatica: Milano - Dettaglio tecnico: pre intervento

Dettaglio tecnico



Legenda

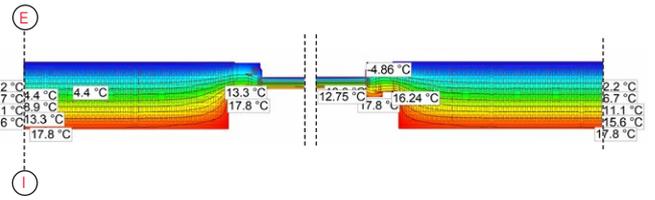
1. Intonaco di base e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,7 \text{ W/mK}$, $\rho=1400 \text{ kg/m}^3$)
2. Muratura di tamponamento in blocchi alveolari, sp. 20 cm ($\lambda=0,207 \text{ W/mK}$, $\rho=851 \text{ kg/m}^3$)
3. Intonaco esterno e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,9 \text{ W/mK}$, $\rho=1800 \text{ kg/m}^3$)
4. Davanzale in alluminio
5. Davanzale in legno di abete
6. Serramento in triplo vetro con riempimento a kripton
7. Telaio in legno di abete
8. Giunti di tenuta in EPDM
9. Nastro sigillante autoespandente in schiuma poliuretana elastica
10. Falso telaio in materiale isolante a celle chiuse

Proprietà dei materiali

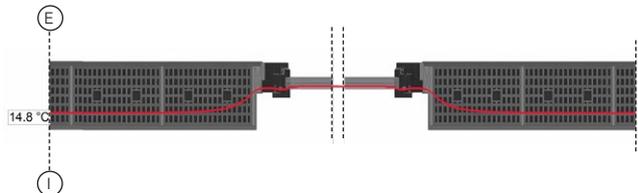
	Conducibilità termica [W/mK]	Densità [kg/m ³]	Calore specifico [J/kgK]	Fattore di resist. vapore μ [-]
1	0,700	1400	1000	10
2	0,207	851	840	10
3	0,900	1800	1000	10
6	1,000	2500	753	2000000
7	0,110	500	1600	50
8	0,250	1150	1000	6000
9	0,050	70	1502	60
10	0,037	30	1000	312

Note: 1 alcune proprietà dei materiali sono state ricavate da letteratura o stimate in funzione dell'esperienza degli autori;
2 in tabella sono riportati solo i materiali rilevanti per la simulazione agli elementi finiti.

Diagramma delle isoterme



Rischio di formazione di muffa



Scala 1:25

Flussi di calore

	Flusso e temperature pre intervento*						
	Flusso Φ_{avg} , con ponte [W/m]	$T_{int,min}$ [°C]	$T_{int,max}$ [°C]	$T_{int,avg}$ [°C]	$T_{ext,min}$ [°C]	$T_{ext,max}$ [°C]	$T_{ext,avg}$ [°C]
Soluzione pre intervento	74,814	16,236	19,391	18,024	-4,858	-1,380	-4,038

Condensa superficiale

	Cond. sup. pre intervento*			
	Lunghezza di condensa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio condensa
Soluzione pre intervento	0	0,553	0,709	No

Muffa

	Muffa pre intervento*					
	Mese critico	$T_{int,min}$ mese critico [°C]	Lunghezza di muffa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio muffa
Soluzione pre intervento	Gen.	14,800	0	0,678	0,707	No

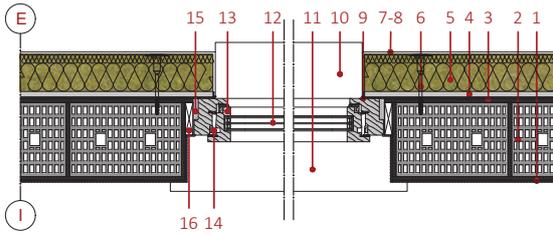
* Il calcolo si riferisce alla stessa sezione di parete per la quale viene considerato o meno il cappotto. I risultati ottenuti dipendono non soltanto dai prodotti ROCKWOOL, ma anche dalle proprietà degli altri strati e sono per questo da ritenersi puramente indicativi. Si consiglia di effettuare pertanto una verifica termo-igrometrica sulla propria soluzione stratigrafica.

3b - CHIUSURA VERTICALE - FINESTRA (SEZIONE ORIZZONTALE)

Parete in muratura in blocchi alveolari con sistema a cappotto e infisso in legno - Sezione orizzontale

Zona climatica: Milano - Dettaglio tecnico: post intervento

Dettaglio tecnico



Legenda

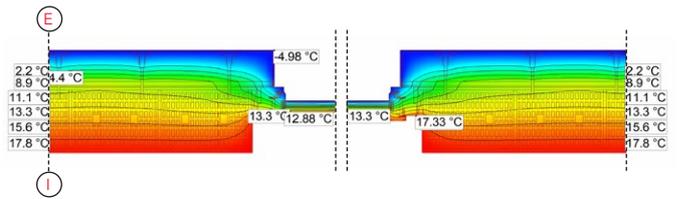
1. Intonaco di base e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,7$ W/mK, $\rho=1400$ kg/m³)
2. Muratura di tamponamento in blocchi alveolari, sp. 20 cm ($\lambda=0,207$ W/mK, $\rho=851$ kg/m³)
3. Intonaco esterno e finitura, sp. 1,5 cm ($\lambda=0,9$ W/mK, $\rho=1800$ kg/m³)
4. Strato di REDArt Collante su muratura, sp. circa 1,0 cm
5. Isolante in pannelli di lana di roccia ROCKWOOL Frontrrock Pro, sp. 100 mm
6. REDArt Tassello STR U 2G per fissaggio pannelli isolanti su murature in laterizio alveolare
7. Rasatura armata sp. 5mm realizzata con REDArt Rasante Plus e con REDArt rete di armatura anticalcina posizionata nel terzo esterno dello spessore
8. REDArt Fissativo per Finitura Siliconica + REDArt Finitura Siliconica, sp. 1,5 mm
9. REDArt Profilo in PVC con rete per guarnizione per serramenti
10. Davanzale in alluminio
11. Davanzale in legno di abete
12. Serramento in triplo vetro con riempimento a kripton
13. Telaio in legno di abete
14. Giunti di tenuta in EPDM
15. Nastro sigillante autoespandente in schiuma poliuretanicca elastica
16. Falso telaio in materiale isolante a celle chiuse

Proprietà dei materiali

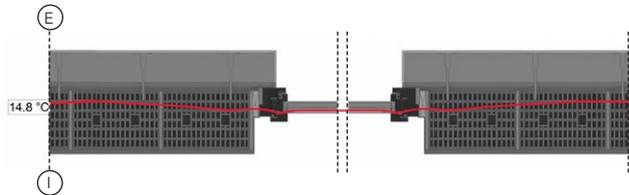
	Conducibilità termica [W/mK]	Densità [kg/m ³]	Calore specifico [J/kgK]	Fattore di resist. vapore μ [-]
1	0,700	1400	1000	10
2	0,207	851	840	10
3	0,900	1800	1000	10
4	0,470	1600	1000	20
5	0,034	~ 80	1030	1
6	0,160	1400	1000	50000
7	0,670	1500	1000	15
8	0,830	1750	1500	50
9	0,160	1400	1000	50000
12	1,000	2500	753	2000000
13	0,110	500	1600	50
14	0,250	1150	1000	6000
15	0,050	70	1502	60
16	0,037	30	1000	312

Note: 1 alcune proprietà dei materiali sono state ricavate da letteratura o stimate in funzione dell'esperienza degli autori;
2 in tabella sono riportati solo i materiali rilevanti per la simulazione agli elementi finiti.

Diagramma delle isoterme



Rischio di formazione di muffa



Scala 1:25

Flussi di calore

	Flusso e temperature post intervento*							
	Flusso Φ_{avg} , con ponte [W/m]	$T_{int,min}$ [°C]	$T_{int,max}$ [°C]	$T_{int,avg}$ [°C]	$T_{ext,min}$ [°C]	$T_{ext,max}$ [°C]	$T_{ext,avg}$ [°C]	$\Delta T_{int,avg}$ [°C]
Soluzione post intervento	53,601	17,330	19,688	19,158	-4,983	-1,231	-4,361	+6%

Condensa superficiale

	Cond. sup. post intervento*				
	Lunghezza di condensa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio condensa	Δ Rischio
Soluzione post intervento	0	0,553	0,715	No	-1%**

Muffa

	Muffa post intervento*							
	Mese critico	$T_{int,min}$ mese critico [°C]	Lunghezza di muffa [mm]	$f_{Rsi,min}$	F_{Rsi}	Rischio muffa	Δ Rischio	
Soluzione post intervento	Gen.	14,800	0	0,678	0,712	No	-1%**	

* Il calcolo si riferisce alla stessa sezione di parete per la quale viene considerato o meno il cappotto. I risultati ottenuti dipendono non soltanto dai prodotti ROCKWOOL, ma anche dalle proprietà degli altri strati e sono per questo da ritenersi puramente indicativi. Si consiglia di effettuare pertanto una verifica termo-igrometrica sulla propria soluzione stratigrafica.

** La presenza del serramento limita l'effetto migliorativo del cappotto indipendentemente dai prodotti ROCKWOOL.

Il Gruppo ROCKWOOL

ROCKWOOL Italia S.p.A. è parte del Gruppo ROCKWOOL. Con oltre 80 dipendenti, siamo l'organizzazione locale che offre sistemi di isolamento avanzati per l'edilizia.

Nel Gruppo ROCKWOOL ci dedichiamo ad arricchire la vita di tutti coloro che entrano in contatto con le nostre soluzioni. La nostra expertise si presta perfettamente a far fronte a molte delle principali sfide odierne in fatto di sostenibilità

e sviluppo, dal consumo energetico all'inquinamento acustico, dalla resilienza al fuoco alla carenza idrica e alle alluvioni. La nostra gamma di prodotti rispecchia la diversità di bisogni a livello mondiale e aiuta i nostri stakeholder a ridurre la propria impronta energetica.

La lana di roccia è un materiale versatile ed è la base di tutte le nostre attività. Con circa 12.400 colleghi appassionati in 40 Paesi, siamo il leader mondiale

nelle soluzioni in lana di roccia: dall'isolamento degli edifici ai controsoffitti acustici, dai sistemi di rivestimento esterno alle soluzioni per l'orticoltura, dalle fibre speciali per uso industriale ai prodotti isolanti per il settore industria, marina e offshore.

ROCKWOOL Italia S.p.A.

Via Canova, 12
20145 Milano
02.346.13.1
www.rockwool.it

