

LA VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Indice

1.	Introduzione	pag.	1
2.	Umidità assoluta	pag.	2
3.	Umidità relativa	pag.	5
4.	Permeabilità al vapore	pag.	5
5.	Produzione di vapore all'interno di un edificio	pag.	7
6.	Condizioni al contorno	pag.	8
7.	Verifica termoigrometrica	pag.	9
8.	Condensazione superficiale	pag.	9
9.	Resistenze e conduttività termiche, permeabilità al vapore e adduttanze dei materiali comunemente impiegati nell'edilizia civile	pag.	9
10	Esempi	pag.	17

LA VERIFICA TERMOIGROMETRICA

1. INTRODUZIONE

- La conduttività termica esprime l'attitudine di un materiale a trasmettere il calore per conduzione.
- L'assorbimento di umidità provoca un aumento della conduttività e, quindi, una diminuzione della capacità di isolamento termico del materiale. L'assorbimento di umidità da parte di un materiale è funzione della natura del materiale (igroscopicità) e dell'ambiente in cui è situato il materiale stesso.
- **LA VERIFICA TERMOIGROMETRICA CONSISTE NEL VALUTARE LE POSSIBILITA' DI CONDENSAZIONE DI UMIDITA' ATMOSFERICA ALL'INTERNO DI UN MATERIALE (O DI UNA MURATURA) IN PARTICOLARI CONDIZIONI DI ESERCIZIO, IN QUANTO LA CONDENSAZIONE INFLUENZA SIA LE CARATTERISTICHE TERMICHE CHE QUELLE DI DURABILITA' DEL MATERIALE (L'ACQUA CONDENSATA PUO' CONGELARE D'INVERNO E DANNEGGIARE LA MURATURA)**

2. UMIDITA' ASSOLUTA

- La quantità di acqua che l'aria atmosferica è in grado di contenere allo stato di vapore secco dicesi UMIDITA' ASSOLUTA (x). Per gli scopi della verifica termogravimetrica l'aria atmosferica può considerarsi come una miscela di "aria secca" e di "vapore d'acqua secco". Nella miscela i due gas si trovano ad una pressione (parziale) pari a quella che ognuno di essi avrebbe se si trovasse ad occupare da solo lo stesso volume, alla stessa temperatura.

- L'umidità assoluta dell'aria vale:

$$x = 18 p_v / [28.96(p_t - p_v)]$$

dove: p_v è la pressione parziale del vapore d'acqua (in Pa);
 p_t è la pressione della miscela ($p_t = p_v + p_a$), cioè la pressione atmosferica normale, pari a 101325 Pa.

- Nell'aria atmosferica la pressione del vapore (p_v) non può superare il valore della pressione di saturazione (tensione di vapore: p_s) del vapore d'acqua alla temperatura a cui si trova la miscela. Essendo p_s dipendente dalla temperatura (aumenta all'aumentare della temperatura), la quantità massima di vapore che un chilogrammo d'aria può contenere dipende dalla temperatura della miscela.

In Tabella 1 e 2 sono riportate per le temperature da -10°C a + 29°C le corrispondenti pressioni di saturazione del vapor d'acqua.

Tab. 1 - Pressioni di saturazione per temperature da -10°C a +9°C in Pa

T(°C)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
-10	260	258	255	253	251	249	247	244	242	240
-9	284	281	279	277	274	272	269	267	265	262
-8	310	307	305	302	299	297	294	292	289	286
-7	338	335	332	330	327	324	321	318	315	313
-6	369	366	363	359	356	353	350	347	344	341
-5	402	398	395	392	388	385	382	378	375	372
-4	437	433	430	426	423	419	416	412	409	405
-3	476	472	468	464	460	456	452	448	445	441
-2	517	513	509	505	500	496	492	488	484	480
-1	562	558	553	548	544	539	535	531	526	522
-0	610	605	600	596	591	586	581	576	572	567
0	610	614	619	623	628	633	637	642	647	651
1	656	661	666	671	676	681	686	691	696	701
2	706	711	716	721	726	732	737	742	747	753
3	758	764	769	775	780	786	791	797	802	808
4	814	819	825	831	837	843	848	854	860	866
5	872	878	885	891	877	903	909	916	922	928
6	935	941	948	954	961	960	974	981	988	995
7	1002	1008	1015	1022	1029	1037	1044	1051	1050	1065
8	1073	1080	1087	1095	1102	1110	1117	1125	1133	1140
9	1148	1156	1164	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1219

Tab. 2 - Pressioni di saturazione per temperature da 10°C a 29°C in Pa

T(°C)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
10	1228	1236	1244	1253	1261	1269	1278	1286	1295	1304
11	1312	1321	1330	1339	1348	1356	1366	1375	1384	1393
12	1042	1411	1421	1430	1440	1449	1459	1468	1478	1488
13	1497	1507	1517	1527	1537	1547	1557	1568	1578	1588
14	1598	1609	1619	1630	1640	1651	1662	1672	1683	1694
15	1705	1716	1727	1738	1749	1760	1772	1783	1794	1806
16	1818	1829	1841	1853	1861	1876	1888	1900	1913	1925
17	1937	1949	1962	1974	1987	1999	2012	2025	2038	2051
18	2064	2077	2090	2103	2116	2129	2143	2156	2178	2183
19	2197	2211	2225	2238	2252	2266	2281	2295	2309	2323
20	2338	2352	2367	2382	2396	2411	2426	2441	2456	2471
21	2486	2502	2517	2532	2548	2564	2579	2595	2611	2627
22	2643	2659	2676	2692	2708	2725	2742	2758	2775	2792
23	2809	2826	2843	2860	2878	2895	2913	2930	2948	2966
24	2984	3002	3020	3030	3056	3074	3093	3111	3130	3148
25	3167	3186	3205	3224	3243	3263	3282	3301	3321	3341
26	3361	3381	3401	3421	3441	3461	3482	3502	3523	3544
27	3565	3586	3607	3628	3649	3671	3692	3714	3736	3758
28	3780	3802	3824	3846	3869	3891	3914	3937	3960	3983
29	4006	4029	4052	4076	4099	4123	4147	4170	4194	4218

3. UMIDITA' RELATIVA

Il rapporto tra la pressione del vapore nell'aria alla temperatura t e la corrispondente pressione di saturazione (alla stessa temperatura t) dicesi UMIDITA' RELATIVA (ρ):

$$\rho = p_v/p_s$$

Il riscaldamento di un determinato ambiente provoca un aumento della tensione di vapore, ma non influenza la pressione parziale del vapore che dipende, invece, unicamente dall'umidità assoluta. Pertanto, un aumento di temperatura in un determinato ambiente provoca una diminuzione della umidità relativa.

4. PERMEABILITA' AL VAPORE

La permeabilità al vapore esprime l'attitudine di un materiale a trasmettere, per diffusione, il vapor d'acqua contenuto nell'aria. Il meccanismo di diffusione del vapore presenta una serie di analogie con il fenomeno di trasmissione del calore.

A titolo di esempio, consideriamo una parete di un edificio costituita da 5 diversi strati di materiali (Fig. 1) ognuno caratterizzato da una determinata resistenza termica (R_i), da una certa resistenza al passaggio del vapore (R_{vi}) e da un certo spessore (s_i).

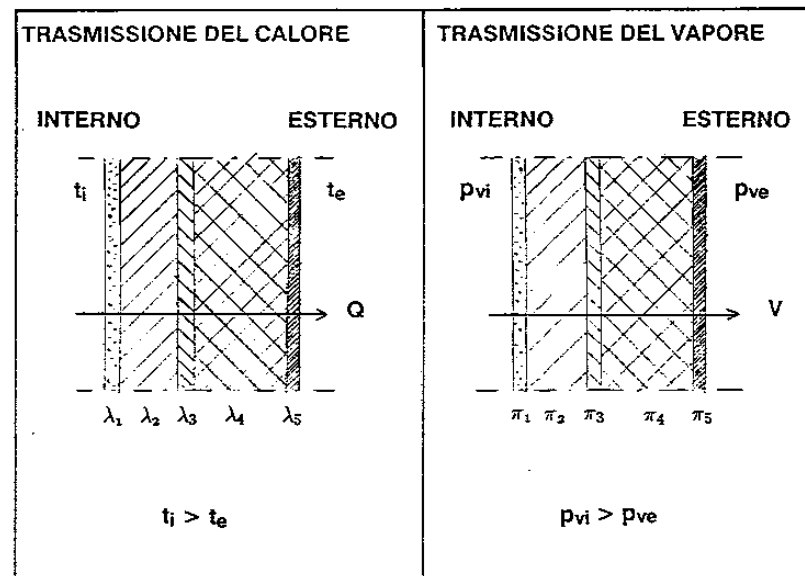


Fig. 1 Trasmissione del calore e del vapore in una parete

TRASMISSIONE DEL CALORE

$$Q = KS (t_i - t_e)$$

dove: Q è la quantità di calore in W che si trasmette attraverso una parete di superficie S (in m^2) per effetto della differenza di temperatura tra interno (t_i) ed esterno (t_e); K è la trasmittanza* unitaria, in $W/(m^2 K)$, uguale all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche (R_i) di ogni singolo strato costituente la parete:

$$K = 1/[(1/\alpha_1) + (s_1/\lambda_1) + (s_2/\lambda_2) + (s_3/\lambda_3) + (s_4/\lambda_4) + (s_5/\lambda_5) + (1/\alpha_2)]$$

con: s_i = spessore di ogni singolo strato (in m);

λ_i = conduttività termica del materiale in $W/(mK)$ costituente lo strato;
 α_1^* ed α_2^* = adduttanze unitarie dello strato liminare di aria all'interno e all'esterno della parete.

La caduta di temperatura fra le superfici di uno strato ennesimo è proporzionale rapporto tra la resistenza termica dello strato (R_n) e la resistenza termica dell'intera parete (R_t)

$$\Delta t_n = (R_n/R_t) (t_i - t_e)$$

Pertanto, sulla base della precedente formula è possibile tracciare il profilo di temperatura all'interno della parete. Tracciato il profilo di temperatura, è possibile tracciare anche il profilo della tensione di vapore all'interno della parete, essendo questa grandezza funzione della sola temperatura.

* $\alpha_1 = 8.14 W/(m^2K)$ e $\alpha_2 = 23.25 W/(m^2K)$

TRASMISSIONE DEL VAPORE

$$V = \Pi \cdot S (p_{vi} - p_{ve})$$

dove: V è la quantità di vapore (in kg/s) che attraversa la parete di superficie S (in m^2) per effetto della differenza tra la pressione del vapore tra l'interno (p_{vi}) e l'esterno (p_{ve}); Π è la permeanza unitaria, in $Kg/(s \cdot m^2 \cdot Pa)$ pari all'inverso della sommatoria delle resistenze al passaggio del vapore:

$$\Pi = 1/[(s_1/\pi_1) + (s_2/\pi_2) + (s_3/\pi_3) + (s_4/\pi_4) + (s_5/\pi_5)]$$

con: s_i = spessore di ogni singolo strato (in m);

π_i = permeabilità del materiale costituente lo strato (in $kg/(s \cdot m \cdot Pa)$). Non c'è analogia con α_1 ed α_2 in quanto la diffusione del vapore avviene allo stesso modo che nell'aria.

La caduta di pressione fra le superfici di uno strato ennesimo è proporzionale al rapporto tra la resistenza alla diffusione del vapore del singolo strato (R_{vn}) e quella dell'intera parete (R_{vt}):

$$\Delta p_v = (R_{vn}/R_{vt}) (p_{vi} - p_{ve})$$

Pertanto, sulla base della precedente è possibile tracciare il profilo delle pressioni di vapore all'interno della parete. Esiste la possibilità di condensazione del vapore all'interno di una parete allorché la pressione parziale del vapore in uno strato supera la pressione di saturazione del vapore.

5. PRODUZIONE DI VAPORE ALL'INTERNO DI UN EDIFICIO

Per effetto della presenza delle persone (respirazione, sudorazione), per la cottura dei cibi, per l'asciugatura degli indumenti, la produzione di vapore negli ambienti abitati è continua. Essa provoca un aumento dell'umidità assoluta e, quindi, un aumento della pressione parziale del vapore (ovvero dell'umidità relativa). La differenza tra le pressioni parziali del vapore tra l'ambiente abitato e quello esterno provoca un flusso di vapore attraverso la parete.

Per tracciare i profili delle pressioni del vapore e della pressione di saturazione (cioè della temperatura) all'interno di una parete è necessario conoscere i valori di temperatura e umidità relativa al contorno (cioè nell'ambiente esterno ed interno) "più pericolosi" ai fini della formazione di condensa [1].

Si assumono le seguenti posizioni:

- la soglia inferiore dell'umidità assoluta non può scendere al di sotto di 0.0025 kg/kg (condizione permanente al di sotto del quale è difficile scendere in un ambiente abitato);
- la soglia superiore dell'umidità assoluta (raggiungibile per una presenza di persone superiore al normale, o per l'esposizione all'aria di indumenti bagnati) è di 0.005 kg/kg;
- il limite massimo per l'umidità assoluta è di 0.0075 kg/kg (raggiungibile per tempi molto brevi per esempio per travaso di cibi caldi o per il prelievo di acqua per una doccia molto calda);

6. CONDIZIONI AL CONTORNO

Con le posizioni fatte possiamo, quindi, accettare le seguenti condizioni al contorno in termini di temperatura ed umidità relativa equivalenti a quelle sopramenzionate in termini di umidità assoluta:

CONDIZIONI ESTERNE INVERNALI:

$$t_e = -5^{\circ}\text{C}$$
$$\rho_e = 90\%$$

CONDIZIONI INTERNE INVERNALI:

$$t_i = 20^{\circ}\text{C}$$
$$\rho_i = 50\%$$

PERIODO DI CONDENSAZIONE INVERNALE:

180 giorni

CONDIZIONI ESTIVE INTERNE ED ESTERNE:

$$t_i = t_e = 20^{\circ}\text{C}$$
$$\rho_i = 80\%$$
$$\rho_e = 70\%$$

PERIODO DI ASCIUGATURA ESTIVO:

60 giorni

7. VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Come già detto (paragrafo 1) la verifica termoigrometrica consiste nel verificare la possibilità di condensazione del vapore all'interno di un materiale. Essa in pratica si effettua, una volta stabilite le condizioni al contorno, tracciando i diagrammi delle pressioni di saturazione e delle pressioni di vapore. La possibilità di formazione di condensa sussiste quando in uno o più punti del materiale la pressione del vapore supera la corrispondente pressione di saturazione.

Tuttavia, non necessariamente l'esistenza della possibilità di formazione di condensa è una condizione di inaccettabilità per una determinata struttura. Si ritiene, infatti, che la condensa è accettabile quando:

- non si forma a temperature inferiori a 0°C ;
- la massa di condensa è inferiore al 2% della massa dello strato interessato dal fenomeno.

8. CONDENSAZIONE SUPERFICIALE

Esiste il pericolo di formazione della condensa sulla faccia superficiale interna di una parete quando la pressione del vapore raggiunge il valore della tensione di vapore alla temperatura della superficie della parete.

Il valore massimo della trasmittanza al di sotto del quale non vi è pericolo di condensazione risulta:

$$K_{\max} = (t_i - t_s)/(t_i - t_e) \cdot \alpha_i$$

dove: t_s è la temperatura di rugiada aumentata di 1°C .

Per esempio per una temperatura esterna di -5° si ha:

$$K_{\max} = (20 - 14.7)/[20 - (-5)] \cdot 8.14 = 1.73 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

9. RESISTENZE E CONDUTTIVITA' TERMICHE, PERMEABILITA' AL VAPORE E ADDUTTANZE DEI MATERIALI COMUNEMENTE IMPIEGATI NELL'EDILIZIA CIVILE

Per il calcolo delle cadute di temperatura e di pressione in una parete occorre conoscere le resistenze termiche (o le conduttività) e le permeabilità al vapore dei materiali di cui essa è costituita, oltre alle adduttanze degli strati liminari. Nelle Tabelle che seguono sono riportati i suddetti valori per i materiali comunemente impiegati nell'edilizia civile.

Tab. 3 - Caratteristiche termiche ed igrometriche di malte e intonaci

Materiale	Massa Volumica (Kg/m ³)	λ [W/(mK)]	π [Kg/(s · m · Pa)] · 10 ⁻¹²
Intonaco di gesso	600	0.29	23.44
	750	0.35	
	900	0.41	
	1000	0.47	
	1200	0.58	
Intonaco di calce e gesso	1400	0.70	18.75
Intonaco di calce e cemento	1800	0.90	9.38
Intonaco di cemento	2000	1.40	6.25
Mape-Antique M	1800	0.88	10.85
Intonaco coibente con vermiculite	700	0.2	25.48
Idropor	600	0.17	29.12

Tab. 4 - Caratteristiche termiche ed igrometriche di calcestruzzi

Materiale	Massa Volumica (Kg/m ³)	λ [W/(mK)]	π [Kg/(s · m · Pa)] · 10 ⁻¹²
Calcestruzzo per pareti interne protette	1600	0.70	9.38
	1800	0.90	6.25
	2000	1.16	3.75
	2200	1.49	2.68
	2400	1.91	1.88
Calcestruzzo per pareti esterne	1600	0.80	9.38
	1800	1.01	6.25
	2000	1.31	3.75
	2200	1.67	2.68
	2400	2.15	1.88
Calcestruzzi termoisolanti	500	0.16	37.50
	600	0.18	31.25
	700	0.21	26.79
	800	0.24	23.44
	900	0.27	20.84
	1000	0.31	18.75
	1100	0.35	17.05
	1200	0.39	15.63
	1300	0.44	13.39

Tab. 5 - Caratteristiche termiche ed igrometriche di laterizi pieni e forati e di pietre

Materiale	Massa Volumica (Kg/m ³)	λ [W/(mK)]	π [Kg/(s · m · Pa)] · 10 ⁻¹²
Laterizi per pareti interne o protette	600	0.25	37.50
	800	0.30	37.50
	1000	0.36	31.25
	1200	0.43	31.25
	1400	0.50	26.79
	1600	0.59	23.44
	1800	0.72	20.84
2000	0.90	18.75	
Laterizi per pareti esterne	600	0.36	37.50
	800	0.41	37.50
	1000	0.47	31.25
	1200	0.54	31.25
	1400	0.60	26.79
	1600	0.68	23.44
	1800	0.80	20.84
2000	0.99	18.75	
Tufo	1500	0.63	—
	2300	1.70	—
Murature in pietra	2000	1.5	3.75
	2500	2.3	1.87

Tab. 6 - Caratteristiche termiche ed igrometriche di fibre minerali e materiali plastici

Materiale	Massa Volumica (Kg/m ³)	λ [W/(mK)]	π [Kg/(s · m · Pa)] · 10 ⁻¹²
Pannelli semi- rigidi in fibra di vetro	16	0.046	187.52
	20	0.043	187.52
Pannelli rigidi in fibra di vetro	30	0.040	187.52
	100	0.038	187.52
PVC	30	0.039	0.938
	40	0.041	0.938
Polietilene	33	0.048	0.938
	50	0.058	0.938
Polistirene	20	0.040	4.17
	25	0.039	3.75
	30	0.039	3.13
Poliuretano espanso	30	0.024	2.34
	40	0.024	2.34

Tab. 7 - Caratteristiche termiche ed igrometriche di materiali di riempimento

Materiale	Massa Volumica (Kg/m ³)	λ [W/(mK)]	π [Kg/(s · m · Pa)] · 10 ⁻¹²
Argilla espansa sfusa	280	0.09	62.51
	330	0.10	62.51
	450	0.12	62.51
Fibre di cellulosa	32	0.058	62.51
Perlite espansa	100	0.066	62.51
Polistirolo	15	0.054	62.51
Vermiculite	80	0.077	62.51
	120	0.082	62.51
Ciottoli e pietre (sfusi)	1500	0.70	37.50
Ghiaia (sfusa)	1700	1.2	37.50

Tab. 8 - Caratteristiche termiche ed igrometriche dell'aria

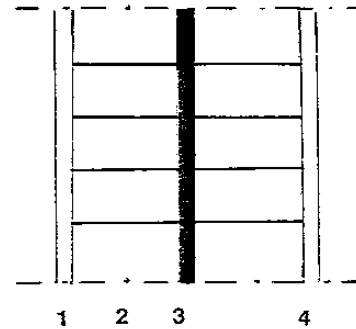
Materiale	Massa Volumica (Kg/m ³)	λ [W/(mK)]	π [Kg/(s · m · Pa)] · 10 ⁻¹²	
Aria in quiete	1.3	0.026	187.52	
Intercapedine verticale di spessore* (mm):	6	1.3	0.045	187.52
	10	1.3	0.076	187.52
	20	1.3	0.13	187.52
	40	1.3	0.26	187.52
	60	1.3	0.38	187.52
	80	1.3	0.51	187.52
	100	1.3	0.64	187.52
200	1.3	1.28	187.52	
Intercapedine orizzontale di spessore (mm)	6	1.3	0.045	187.52
	10	1.3	0.076	187.52
	20	1.3	0.14-0.10**	187.52
	40	1.3	0.28-0.21**	187.52
	60	1.3	0.42-0.31**	187.52
	100	1.3	0.70-0.52**	187.52

*Per spessori diversi da quelli indicati $\lambda = 0.00640 \cdot s$

**Flusso di calore discendente

Tab. 9 - Caratteristiche termiche ed igrometriche di barriere al vapore, porcellana e vetro

Materiale	Massa volumica (Kg/m ³)	λ [W/(mK)]	π [Kg/(s · m · Pa)] · 10 ⁻¹²
Foglio di alluminio	2700	220	268 · 10 ⁻⁶
Foglio di alluminio rivestito in plastica	2700	220	110 · 10 ⁻⁶
Resine epossidiche	1200	0.20	2.88 · 10 ⁻³
Piastrelle	2300	1.0	0.938
Vetro	2500	1.0	188 · 10 ⁻¹⁰

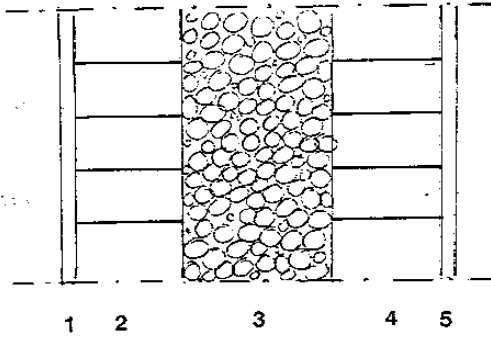


- 1: intonaco di gesso (s = 1.5 cm)
- 2: mattone pieno (s = 12 cm)
- 3: mattone pieno (s = 12 cm)
- 4: intonaco di calce e cemento (s = 2 cm)

Strato	Spessore (m)	λ [W/(mK)]	R m ² K W	Δt (°C)	t (°C)	x Kg · 10 ⁻¹² s · m · Pa	R _v m ² Pa s · 10 ⁻⁹ Kg	Δp_v (Pa)	p _v (Pa)	p _s (Pa)	p _v -p _s (Pa)
Ambiente interno	---	---	---	---	20.00	---	---	---	1169	2338	-1169
Strato liminare interno	---	---	0.123	6.82	13.18	---	---	---	1169	1517	-348
Intonaco	0.015	0.700	0.021	1.16	12.02	18.75	0.8	44.9	1124	1402	-278
Mattone	0.240	0.990	0.242	13.41	-1.39	18.75	12.8	658.8	465	544	-79
Intonaco esterno	0.020	0.900	0.022	1.22	-2.62	9.38	2.1	108.1	361	492	-131
Strato liminare esterno	---	---	0.043	2.38	-5.00	---	---	---	361	402	-41
Ambiente esterno	---	---	---	---	-5.00	---	---	---	361	402	---
Σ	0.275	---	0.451	---	---	---	15.7	---	---	---	---

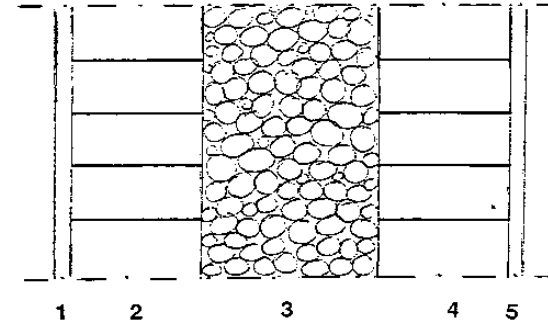
Non esiste alcun rischio di condensa

Esempio N°2: Muratura a sacco



- 1: intonaco di calce e gesso (s = 1.5 cm)
- 2: mattone pieno (s = 12 cm)
- 3: riempimento con ciottoli e pietre (s = 40 cm)
- 4: mattone pieno (s = 12 cm)
- 5: intonaco di cemento (s = 3 cm)

Esempio N°3: Muratura a sacco con intonaco esterno termocoibente.



- 1: intonaco di calce e gesso (s = 1.5 cm)
- 2: mattone pieno (s = 12 cm)
- 3: riempimento con ciottoli e pietre (s = 40 cm)
- 4: mattone pieno (s = 12 cm)
- 5: intonaco termocoibente (s = 3 cm)

Strato	Spessore (m)	λ [W/(mK)]	$\frac{R}{W}$ $\frac{m^2K}{W}$	Δt (°C)	t (°C)	π $\frac{Kg \cdot 10^{-12}}{s \cdot m \cdot Pa}$	$\frac{Rv}{Kg}$ $\frac{m^2Pa \cdot s \cdot 10^{-9}}{Kg}$	Δp_v (Pa)	p_v (Pa)	p_s (Pa)	$p_v - p_s$ (Pa)
Ambiente interno	---	---	---	---	20.0	---	---	---	1169	2338	-1169
Strato liminare interno	---	---	0.123	3.0	17.0	---	---	---	1169	1937	-768
Intonaco calce-gesso	0.015	0.70	0.021	0.5	16.5	18.75	0.80	22	1147	1876	-729
Mattone pieno	0.12	0.99	0.121	3.0	13.5	18.75	6.4	177	970	1547	-577
Riempimento con ciottoli	0.40	0.70	0.57	14.0	-0.5	37.50	10.7	297	673	586	+90
Mattone pieno	0.12	0.99	0.121	3.0	-3.5	18.75	6.4	177	496	456	+40
Intonaco cementizio	0.03	1.40	0.021	0.4	-3.9	6.25	4.8	133	361	441	-80
Strato liminare esterno	---	---	0.043	1.1	-5.0	---	---	---	361	402	-41
Ambiente esterno	---	---	---	---	-5.0	---	---	---	361	402	-41
Σ	---	---	1.02	---	---	---	29.1	---	---	---	---

Esiste rischio di condensa nel riempimento a sacco.

Strato	Spessore (m)	λ [W/(mk)]	$\frac{R}{W}$ $\frac{m^2k}{W}$	Δt (°C)	t (°C)	π $\frac{Kg \cdot 10^{-12}}{s \cdot m \cdot Pa}$	$\frac{Rv}{Kg}$ $\frac{m^2Pa \cdot s \cdot 10^{-9}}{Kg}$	Δp_v (Pa)	p_v (Pa)	p_s (Pa)	$p_v - p_s$ (Pa)
Ambiente interno	---	---	---	---	20	---	---	---	1169	2338	-1169
Strato liminare interno	---	---	0.123	2.7	17.3	---	---	---	1169	1974	-805
Intonaco calce-gesso	0.015	0.70	0.021	0.5	16.8	18.75	0.80	25	1144	1913	-769
Mattone pieno	0.12	0.99	0.121	2.6	14.2	18.75	6.4	202	942	1619	-677
Riempimento con ciottoli	0.40	0.70	0.57	12.4	1.8	37.50	10.7	339	603	696	-93
Mattone pieno	0.12	0.99	0.121	2.6	-0.8	18.75	6.4	203	400	572	-172
Intonaco termocoibente	0.03	0.2	0.15	3.36	-4.1	25.48	1.2	38	362	433	-71
Strato liminare esterno	---	---	0.043	0.9	-5.00	---	---	---	361	402	-41
Ambiente est.	---	---	---	---	-5.00	---	---	---	361	402	-41
Σ	---	---	1.15	---	---	---	25.5	---	---	---	---

Non esiste rischio di condensa

Bibliografia

- [1] G. Nervetti, F. Soma, "La verifica termoigrometrica delle pareti", Ed. Hoepli, Milano.