

TRASPIRABILITÀ DELLE PARETI PERIMETRALI ESTERNE

I falsi miti e la realtà dei numeri



Testi, grafici e tabelle a cura di AIPE, Ing. Marco Piana

TRASPIRABILITA' DELLE PARETI PERIMETRALI ESTERNE

I falsi miti e la realtà dei numeri

Gli edifici sono realizzati per delimitare uno spazio interno dall'ambiente esterno, per creare aree con clima confacente alle esigenze dell'utente e dell'attività svolta.

Le pareti d'ambito rappresentano l'elemento che dovrà proteggere e isolare, rendere confortevoli i locali, permettendo il mantenimento delle esigenze primarie: luce – temperatura – umidità – rumore e salubrità, considerando le variabili e le esigenze che ogni ambiente presenta, in funzione delle attività svolte e che le pareti dovranno esaudire.

Un compito non semplice da attuare, pensando alla costituzione di una parete che è realizzata con materiali che non modificano la propria prestazione in funzione delle necessità ma le mantengono inalterate nel tempo, è la flessibilità degli elementi che costituiscono le chiusure perimetrali esterne.

Il controllo dell'umidità degli ambienti probabilmente rappresenta oggi un argomento meno approfondito e conosciuto di altri quali l'isolamento termico e acustico, molto più studiati e sviluppati. Una parete separa due ambienti che presentano aria con differente temperatura e umidità ed è costantemente permeata da un flusso che passa da uno all'altro in funzione di un preciso parametro: la pressione del vapore acqueo.

Se volessimo fare un'analogia è come pensare ad una corrente d'acqua che passa da una zona ad un'altra in funzione della pressione agente.

Interessante è considerare che la parete non è un separatore "asettico", ma è coinvolto direttamente dato che il materiale con cui è realizzata, presenta caratteristiche precise, definite e misurabili.

La presenza di umidità in un ambiente chiuso crea effetti particolari mettendo in evidenza l'igiene e la salubrità degli ambienti.

Traspirabilità: ecco il termine che oggi viene più utilizzato per identificare tutta la problematica per descrivere la presenza di umidità nei locali, indicandola come la risoluzione di tutti gli inconvenienti e le patologie causate da una bassa trasmissione del vapore.

Purtroppo non è necessario utilizzare solo il termine "traspirabilità" per identificare la prestazione, ma si deve fornirne un valore, un indice senza il quale è impossibile correlarla con l'esigenza.

Quindi la traspirabilità di una parete non è altro che la capacità di essere attraversata dal vapore acqueo che transita da un ambiente con maggiore quantità ad un altro con minore quantità, questa diversità crea una "differenza di pressione" che muove il vapore da un ambiente ad un altro.

Lo studioso più famoso delle caratteristiche dell'aria è certamente Mollier e ancora oggi il suo diagramma è di grande e facile utilizzo per capirne le proprietà e le dinamiche.

Due esempi possono essere chiarificatori e consentono di iniziare un'analisi dettagliata dei fenomeni.

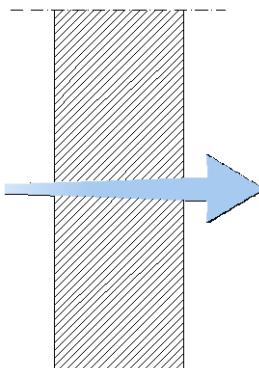
SITUAZIONE INVERALE

Ambiente **interno**

20°C

U.R. **65%**

Pressione di vapore **1400 Pa**



Ambiente **esterno**

5°C

U.R. **90%**

Pressione di vapore **800 Pa**

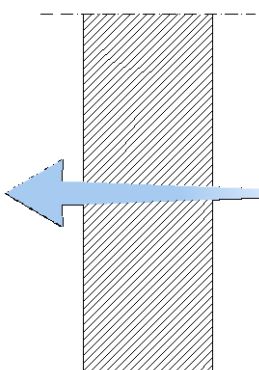
SITUAZIONE ESTIVA

Ambiente **interno**

25°C

U.R. **60%**

Pressione di vapore **3100 Pa**



Ambiente **esterno**

30°C

U.R. **40%**

Pressione di vapore **4200 Pa**

Deve essere introdotto un secondo fattore, ovvero la condensa.

L'esempio della situazione invernale riferisce che il vapore passerà dall'ambiente interno a quello esterno, ma sempre dal diagramma di Mollier si può identificare ove questo vapore condenserà, ovvero quando la temperatura raggiungerà la cosiddetta "temperatura di rugiada" in cui tutta l'umidità contenuta si trasformerà in acqua.

Uno dei problemi più fastidiosi e dannosi per il comfort abitativo è quello legato all'umidità; la presenza di acqua nelle murature può provocare inconvenienti come la diminuzione del comfort termico, il degrado dei materiali a causa di reazioni chimiche distruttive e la comparsa di muffe che si ritrovano soprattutto dove è presente umidità in eccesso e scarsa ventilazione.

Il Ministero della Salute ha redatto un valido decalogo per ridurre la formazione di patogeni e muffe:

- Assicurarsi che i muri esterni, le fondamenta, i sottotetti e l'attico siano isolati e ben ventilati;
- Cercare di mantenere all'interno dell'abitazione un'umidità inferiore al 50%;
- Assicurarsi che non vi sia terra o altro materiale che possa drenare l'umidità a diretto contatto con i muri della casa;
- Non usare tappeti o moquette in zone con alta umidità come bagno, cucina, lavanderia;
- Non lasciare i vestiti stesi ad asciugare per molto tempo in ambienti chiusi poco ventilati;
- Cercare di eliminare fenomeni di condensa che spesso sono causa di umidità; in presenza di condense è consigliabile aerare frequentemente l'ambiente;
- Eliminare le macchie di muffa con tinture speciali antimuffa a base di acqua;
- Assicurare la corretta manutenzione di umidificatori e condizionatori e del sistema di ventilazione meccanica, in particolare delle bocchette esterne e dei filtri;
- Pulire regolarmente le guarnizioni dei frigoriferi; vuotare e pulire frequentemente le vaschette dell'acqua nei frigoriferi autosbrinanti;
- Lavare regolarmente le tende della doccia, il lavandino, la vasca e le pareti di bagno e cucina con candeggina;
- Limitare il numero delle piante ornamentali (le muffe possono essere aerodisperse quando le piante sono reinvasate, spostate o annaffiate, e comunque aumentano l'umidità ambientale);
- I depuratori di aria muniti di filtri adeguati possono essere efficaci nel rimuovere le spore fungine.

Una modalità molto semplice, ma esaustiva per rappresentare la permeabilità è rappresentata dall'utilizzo di un parametro che identifica la caratteristica di traspirabilità:

S_{aeq} , spessore di aria equivalente al valore di permeabilità del materiale

L'aria, in funzione della sua temperatura, può contenere in sospensione una certa quantità di vapore d'acqua: ad un aumento di temperatura corrisponde un aumento di quantità di vapore d'acqua che può essere contenuto nell'aria.

Esiste un limite di quantità di vapore contenuto nell'aria per una determinata temperatura. Superato questo limite ogni incremento di vapore condensa e si trasforma in precipitazione d'acqua. L'aria in queste condizioni si definisce "SATURA" e il vapore contenuto si definisce "**Umidità Assoluta**"(UA).

In condizioni normali l'aria non è satura, ma contiene un certo **Volume Parziale di Vapore (VR)** inferiore al **Volume di saturazione di Vapore (VS)** corrispondente alla situazione di saturazione.

L'umidità che ne deriva viene definita "**Umidità Relativa**" (UR).

Ovvero, se l'aria contenesse l'80% di Umidità Relativa ciò significa che contiene l'80% di umidità rispetto al valore di saturazione ad una data temperatura.



L'Umidità Relativa è ottenibile da:

$$UR = \frac{VR}{VS}$$

Il vapore contenuto nell'aria si trova ad una certa pressione di cui vengono fornite due definizioni:

- **Pressione Parziale (PR)**, quando il vapore contenuto nell'aria non è a valori di saturazione;
- **Pressione di Saturazione (PS)**, quando il vapore è contenuto nella quantità massima di saturazione.

Le relazioni sono le seguenti:

$$PR = \frac{VR}{V} \cdot P$$

$$PS = \frac{VS}{V} \cdot P$$

V= volume dell'aria

P = pressione dell'aria

Il valore di umidità relativa dell'aria può anche essere derivato da:

$$VR = \frac{PR}{PS}$$

È doveroso sottolineare un concetto molto importante:

- **pressione parziale: è funzione della temperatura e dell'umidità relativa;**
- **pressione saturazione: è funzione della sola temperatura.**

Le differenze di pressione fra i diversi ambienti creano le condizioni per cui il vapore si sposti attraverso gli elementi che li suddividono.

Temperature elevate indicano quasi sempre pressioni elevate di vapore così come temperature basse indicano pressioni basse.

Quindi una parete viene attraversata da un flusso di vapore che, durante le condizioni invernali, proviene dall'interno e va verso l'esterno.

I materiali in genere, e gli isolanti in modo particolare, reagiscono in modo differente al passaggio del vapore.

Vengono utilizzate normalmente due grandezze per esprimere la caratteristica di trasmissibilità del vapore:

- **Permeabilità al vapore: δ**
- **Fattore di resistenza alla diffusione del vapore: μ**

La permeabilità è un valore effettivo, quindi il numero che identifica la permeabilità è espresso in Kg/s m Pa ed è la reale quantità di vapore che transita attraverso il materiale (ovvero la quantità di vapore Kg che transita in un secondo attraverso un metro di spessore con la differenza di pressione di un Pascal). Il fattore di resistenza invece è un valore adimensionale, quindi il numero che lo identifica è qualcosa di relativo. Infatti viene riferito all'aria, che ovviamente avrà valore unitario.

È possibile passare da una grandezza all'altra mediante semplici relazioni che tengono presente la permeabilità dell'aria.

I valori numerici riportati sono stati derivati da norme vigenti:

δ = permeabilità al vapore [Kg/s m Pa]

μ = fattore di resistenza alla diffusione del vapore

$$\mu = \frac{\delta_{\text{aria}}}{\delta_{\text{materiale}}} \quad \text{Riferito ad un materiale}$$

$\mu = 1$ Riferito all'aria

$\delta_{\text{aria}} = 193 \times 1012 \quad \text{Kg/s m Pa}$

Il parametro proposto $S_{a_{eq}}$ è calcolabile con facilità utilizzando il fattore di resistenza per lo spessore del materiale (d , espresso in metri):

$$S_{a_{eq}} = \mu \times d$$

e rappresenta la resistenza del passaggio del vapore dello strato considerato.

UN ESEMPIO:

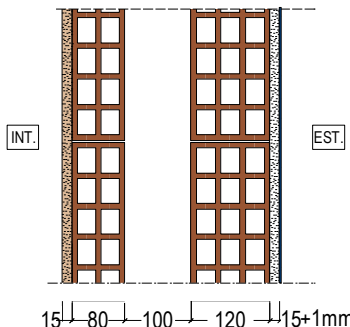
Laterizio da 30 cm di spessore con $\mu = 10$

$S_{a_{eq}} = 10 \times 0,30 = 3$ metri d'aria equivalente

La parete usualmente viene realizzata utilizzando strati di materiali i quali presentano differenti valori di permeabilità e di resistenza al vapore.

Norme di settore riportano valori di riferimento per i materiali più utilizzati a cui si riferiscono gli esempi riportati di seguito in cui vengono evidenziati i grafici con i valori di $S_{a_{eq}}$ relativi ai mesi di gennaio e luglio.

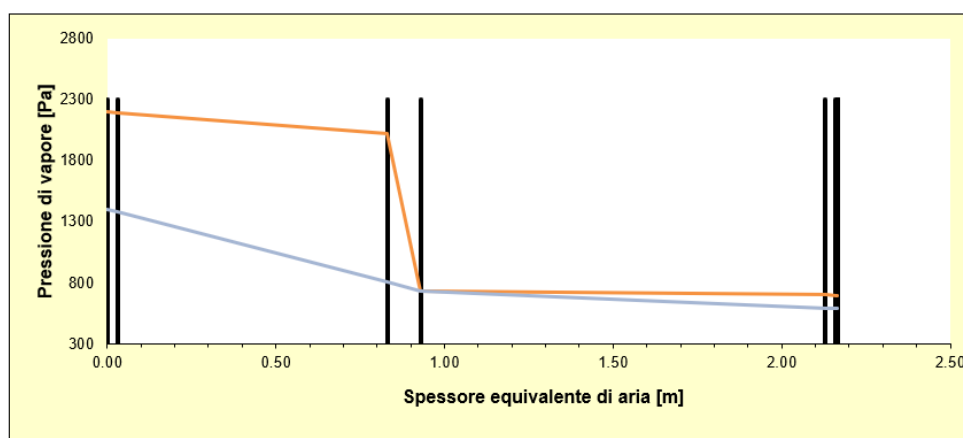
ESEMPIO 1 Parete con due tavolati in laterizio (8+12) e camera d'aria e pittura esterna

	Componente	Spess.(cm)	μ	$S_{a_{eq}}$
	Intonaco interno	1,5	2	0,03
	Laterizio	8	10	0,80
	Intercapedine d'aria	10	1	0,10
	Laterizio	12	10	1,20
	Intonaco esterno a base calce	1,5	2	0,03
	Pittura esterna a base calce	0,1	5	0,005
				2,165

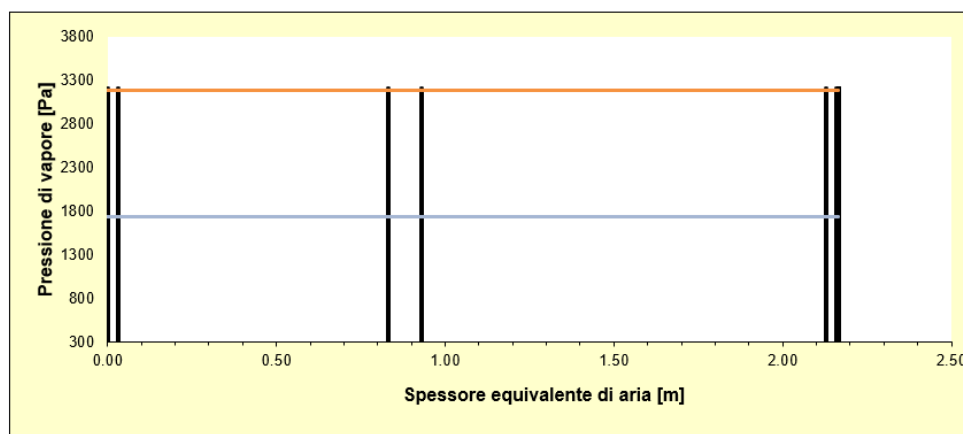
VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Città Milano		Zona climatica E													
				Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Temperatura esterna	θ_e	[°C]		1.7	4.2	9.2	14.0	17.9	22.5	25.1	24.1	20.4	14.0	7.9	3.1
Pressione di vapore esterna	p_e	[Pa]		590	645	943	1163	1326	1840	1736	2012	1921	1412	958	671
Umidità relativa esterna	φ_e	[%]		85%	78%	81%	73%	65%	67%	54%	67%	80%	88%	90%	88%
Temperatura interna	θ_i	[°C]		20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	22.5	25.1	24.1	20.4	20.0	20.0	20.0
Differenza pressione di vapore	Δp	[Pa]		741	640	437	243	85	0	0	0	0	243	490	684
Pressione di vapore interna	p_i	[Pa]		1405	1349	1424	1430	1420	1840	1736	2012	1921	1679	1497	1424
Umidità relativa interna	φ_i	[%]		60%	58%	61%	61%	61%	67%	54%	67%	80%	72%	64%	61%
Temperatura superficiale min.	$\theta_{s1,min}$	[°C]		15.3	14.7	15.5	15.6	15.5	19.6	18.6	21.0	20.3	18.1	16.3	15.5
Fattore di temperatura minimo	$f_{Rsi,min}$	[-]		0.74	0.66	0.58	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.69	0.73
Massa di vapore condensata	m_{cond}	[g/m²]		321	159	11	0	0	0	0	0	0	0	152	293

Mese
Gennaio



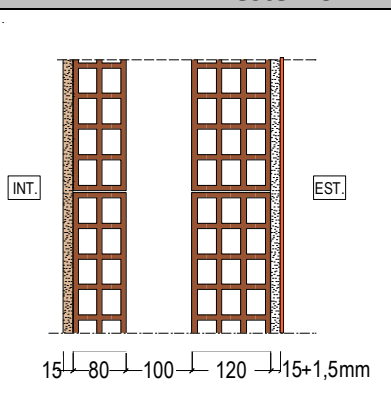
Mese
Luglio



ESEMPIO 2

Come esempio 1, ma con rivestimento esterno di altra natura:

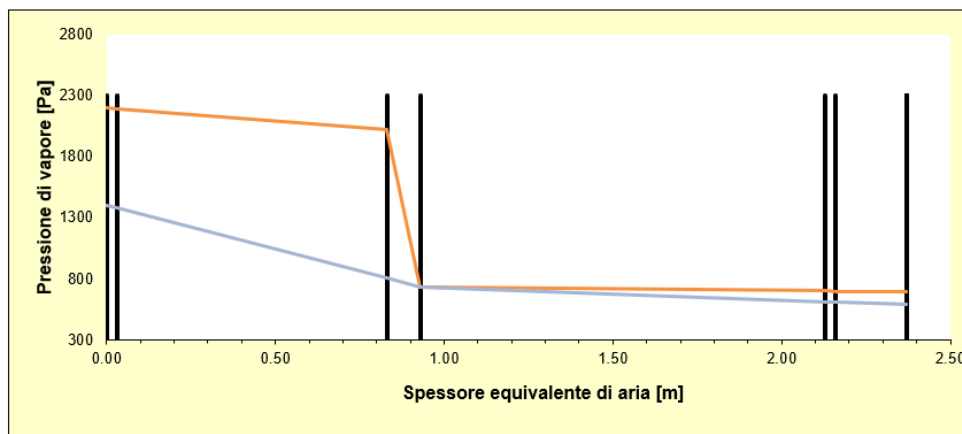
Parete con due tavolati in laterizio (8+12) e camera d'aria e rivestimento plastico esterno

	Componente	Spess.(cm)	μ	Sa_{eq}
	Intonaco interno	1,5	2	0,03
	Laterizio	8	10	0,80
	Intercapedine d'aria	10	1	0,10
	Laterizio	12	10	1,20
	Intonaco esterno a base calce	1,5	2	0,03
	Rivestimento plastico	0,15	140	0,21
				2,37

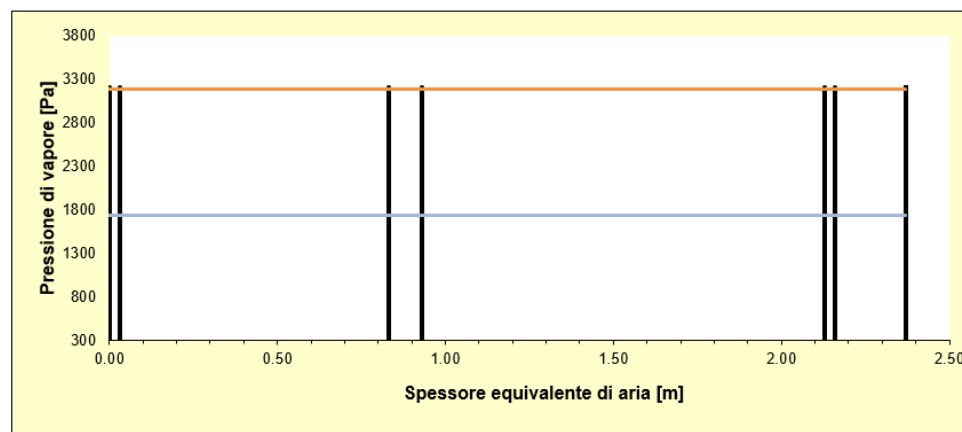
VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Città Milano		Zona climatica E													
				Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Temperatura esterna	θ_e	[°C]		1.7	4.2	9.2	14.0	17.9	22.5	25.1	24.1	20.4	14.0	7.9	3.1
Pressione di vapore esterna	p_e	[Pa]		590	645	943	1163	1326	1840	1736	2012	1921	1412	958	671
Umidità relativa esterna	ϕ_e	[%]		85%	78%	81%	73%	65%	67%	54%	67%	80%	88%	90%	88%
Temperatura interna	θ_i	[°C]		20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	22.5	25.1	24.1	20.4	20.0	20.0	20.0
Differenza pressione di vapore	Δp	[Pa]		741	640	437	243	85	0	0	0	0	243	490	684
Pressione di vapore interna	p_i	[Pa]		1405	1349	1424	1430	1420	1840	1736	2012	1921	1679	1497	1424
Umidità relativa interna	ϕ_i	[%]		60%	58%	61%	61%	61%	67%	54%	67%	80%	72%	64%	61%
Temperatura superficiale min.	$\theta_{s,min}$	[°C]		15.3	14.7	15.5	15.6	15.5	19.6	18.6	21.0	20.3	18.1	16.3	15.5
Fattore di temperatura minimo	$f_{Rai,min}$	[-]		0.74	0.66	0.58	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.69	0.73
Massa di vapore condensata	m_{cond}	[g/m²]		329	172	27	0	0	0	0	0	0	0	160	301

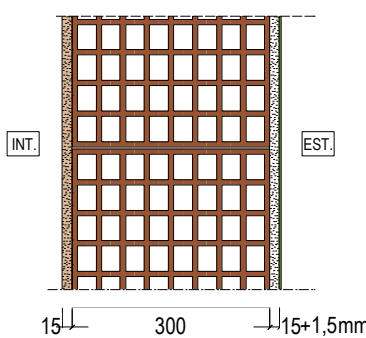
Mese
Gennaio



Mese
Luglio



ESEMPIO 3 Parete con laterizio da 30 cm intonacato su entrambe le facce.

	Componente	Spess.(cm)	μ	Sa _{eq}
	Intonaco interno	1,5	2	0,03
	Laterizio	30	10	3,00
	Intonaco esterno	1,5	2	0,03
	Pittura	0,1	10	0,01
				3,07

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

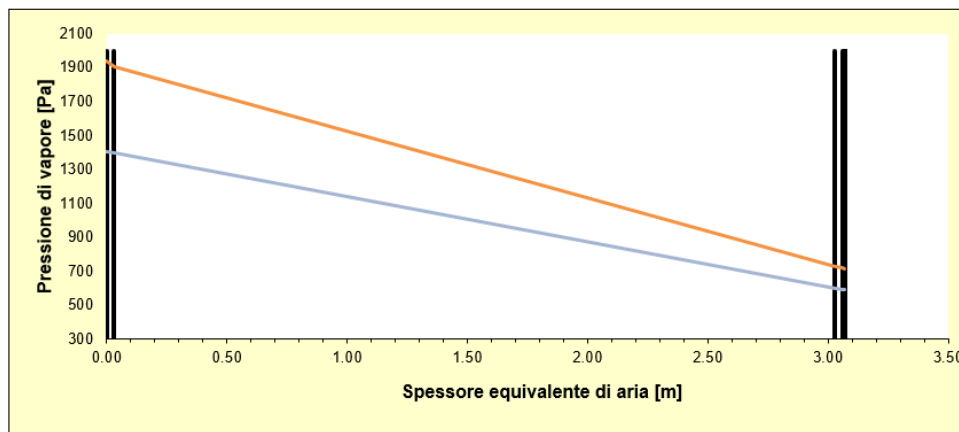
Città Milano		Zona climatica E													
				Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Temperatura esterna	θ_e	[°C]		1.7	4.2	9.2	14.0	17.9	22.5	25.1	24.1	20.4	14.0	7.9	3.1
Pressione di vapore esterna	p_e	[Pa]		590	645	943	1163	1326	1840	1736	2012	1921	1412	958	671
Umidità relativa esterna	φ_e	[%]		85%	78%	81%	73%	65%	67%	54%	67%	80%	88%	90%	88%
Temperatura interna	θ_i	[°C]		20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	22.5	25.1	24.1	20.4	20.0	20.0	20.0
Differenza pressione di vapore	Δp	[Pa]		741	640	437	243	85	0	0	0	0	243	490	684
Pressione di vapore interna	p_i	[Pa]		1405	1349	1424	1430	1420	1840	1736	2012	1921	1679	1497	1424
Umidità relativa interna	φ_i	[%]		60%	58%	61%	61%	61%	67%	54%	67%	80%	72%	64%	61%
Temperatura superficiale min.	$\theta_{s,min}$	[°C]		15.3	14.7	15.5	15.6	15.5	19.6	18.6	21.0	20.3	18.1	16.3	15.5
Fattore di temperatura minimo	$f_{Rsi,min}$	[-]		0.74	0.66	0.58	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.69	0.73
Massa di vapore condensata	m_{cond}	[g/m²]		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

810 Δp_{max}

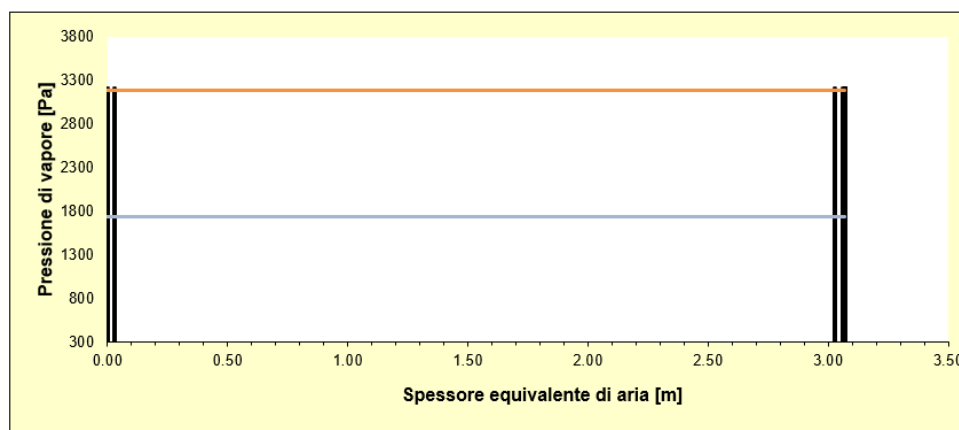
NO COND. SUP

NO COND. INT

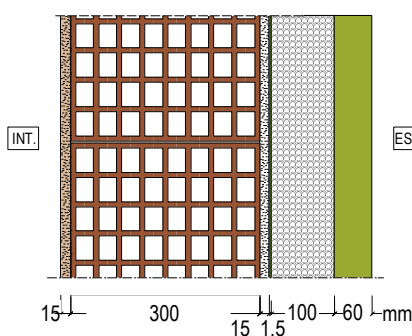
Mese
Gennaio



Mese
Luglio



ESEMPIO 4 Come esempio 3, ma con applicato cappotto in EPS da 10 cm: Parete con laterizio da 30 cm intonacato su entrambe le facce e cappotto in EPS da 10 cm



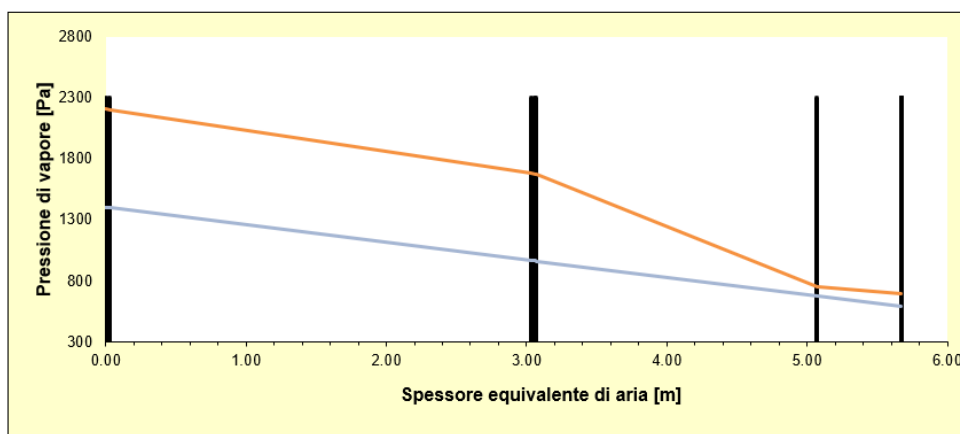
Componente	Spess.(cm)	μ	$S_{a_{eq}}$
Intonaco interno	1,5	2	0,03
Laterizio	30	10	3,00
Intonaco esterno	1,5	2	0,03
pittura	0,1	10	0,01
EPS	10	20	2,00
Rivestimento / finitura	6,0	10	0,6
			5,67

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

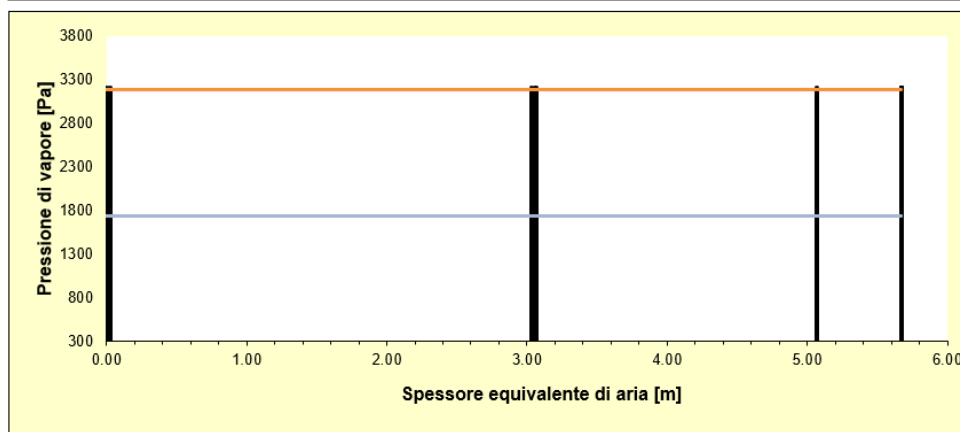
Città	Zona climatica
Milano	E

		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	
Temperatura esterna	θ_e	1.7	4.2	9.2	14.0	17.9	22.5	25.1	24.1	20.4	14.0	7.9	3.1	
Pressione di vapore esterna	p_e	590	645	943	1163	1326	1840	1736	2012	1921	1412	958	671	
Umidità relativa esterna	ϕ_e	85%	78%	81%	73%	65%	67%	54%	67%	80%	88%	90%	88%	
Temperatura interna	θ_i	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	22.5	25.1	24.1	20.4	20.0	20.0	20.0	
Differenza pressione di vapore	Δp	741	640	437	243	85	0	0	0	0	243	490	684	810 Δp_{max}
Pressione di vapore interna	p_i	1405	1349	1424	1430	1420	1840	1736	2012	1921	1679	1497	1424	
Umidità relativa interna	ϕ_i	60%	58%	61%	61%	61%	67%	54%	67%	80%	72%	64%	61%	
Temperatura superficiale min.	$\theta_{s,min}$	15.3	14.7	15.5	15.6	15.5	19.6	18.6	21.0	20.3	18.1	16.3	15.5	
Fattore di temperatura minimo	$f_{ts,min}$	0.74	0.66	0.58	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.69	0.73	NO COND. SUP
Massa di vapore condensata	m_{cond}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NO COND. INT.

Mese
Gennaio



Mese
Luglio



ESEMPIO 5 Parete con laterizio da 45 isolante intonacato su entrambe le facce

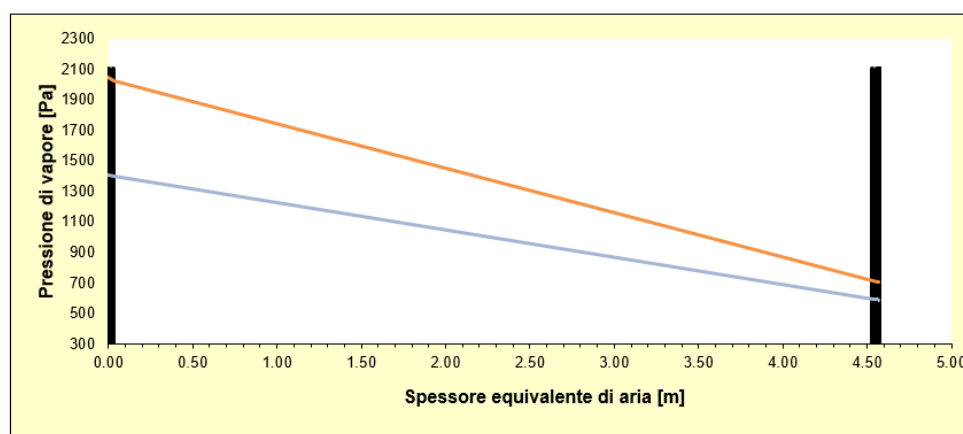
	Componente	Spess.(cm)	μ	Sa _{eq}
	Intonaco interno	1,5	2	0,03
	Laterizio	45	10	4,50
	Intonaco esterno	1,5	2	0,03
	pittura	0,1	10	0,01
				4,57

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

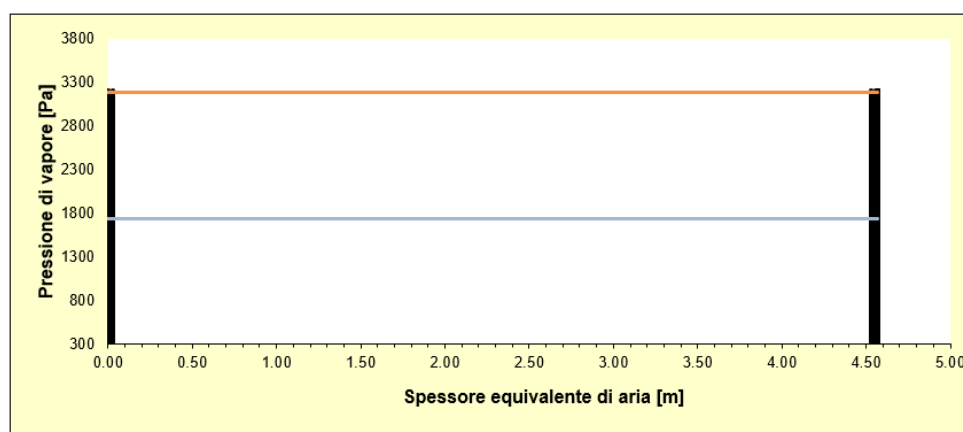
Città	Zona climatica
Milano	E

			Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	
Temperatura esterna	θ_e	[°C]	1.7	4.2	9.2	14.0	17.9	22.5	25.1	24.1	20.4	14.0	7.9	3.1	
Pressione di vapore esterna	p_e	[Pa]	590	645	943	1163	1326	1840	1736	2012	1921	1412	958	671	
Umidità relativa esterna	φ_e	[%]	85%	78%	81%	73%	65%	67%	54%	67%	80%	88%	90%	88%	
Temperatura interna	θ_i	[°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	22.5	25.1	24.1	20.4	20.0	20.0	20.0	
Differenza pressione di vapore	Δp	[Pa]	741	640	437	243	85	0	0	0	0	243	490	684	810 Δp_{max}
Pressione di vapore interna	p_i	[Pa]	1405	1349	1424	1430	1420	1840	1736	2012	1921	1679	1497	1424	
Umidità relativa interna	φ_i	[%]	60%	58%	61%	61%	61%	67%	54%	67%	80%	72%	64%	61%	
Temperatura superficiale min.	$\theta_{s,min}$	[°C]	15.3	14.7	15.5	15.6	15.5	19.6	18.6	21.0	20.3	18.1	16.3	15.5	
Fattore di temperatura minimo	$f_{Rsi,min}$	[-]	0.74	0.66	0.58	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.69	0.73	NO COND. SUP
Massa di vapore condensata	m_{cond}	[g/m²]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NO COND. INT

Mese
Gennaio



Mese
Luglio



ESEMPIO 6 Parete in laterizio con barriera al vapore e isolante fibroso

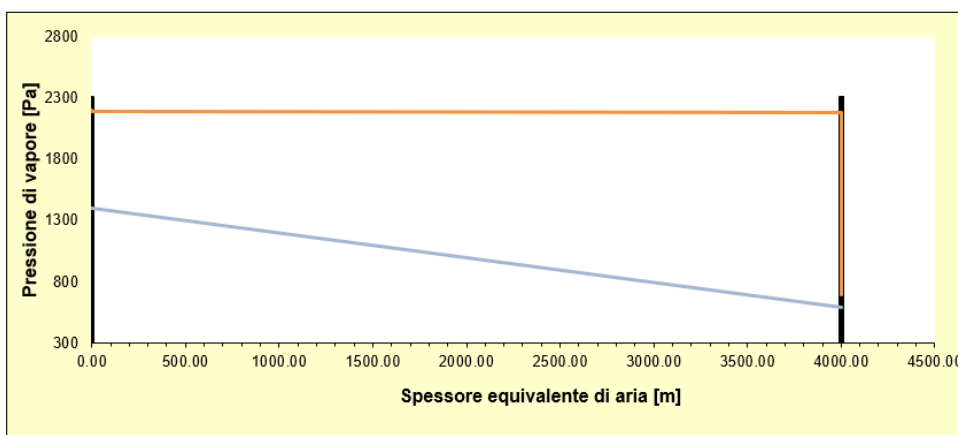
	Componente	Spess.(cm)	μ	$S_{a_{eq}}$
	Intonaco interno	1,5	2	0,03
	Barriera al vapore	0,4	1000000	4000
	Laterizio	8	10	0,80
	Intercapedine d'aria	10	1	0,10
	Laterizio	12	10	1,20
	Intonaco esterno a base calce	1,5	2	0,03
	pittura	0,1	10	0,01
				4002,26

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

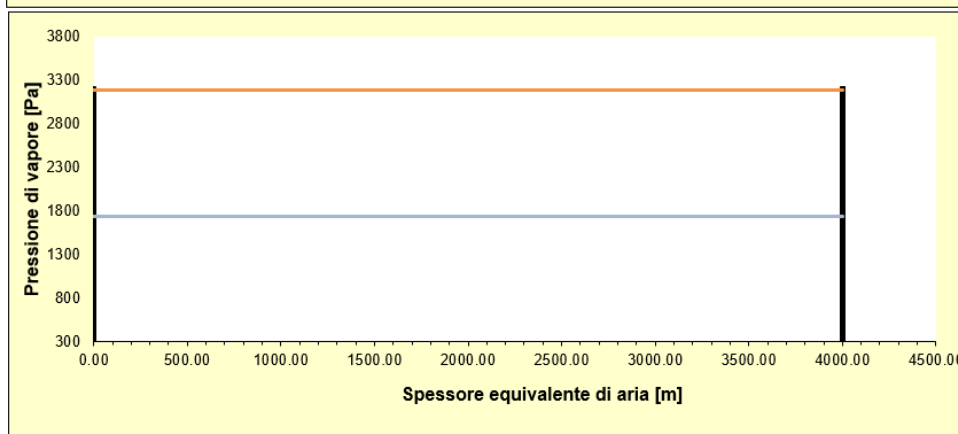
Città	Zona climatica
Milano	E

			Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	
Temperatura esterna	θ_e	[°C]	1.7	4.2	9.2	14.0	17.9	22.5	25.1	24.1	20.4	14.0	7.9	3.1	
Pressione di vapore esterna	p_e	[Pa]	590	645	943	1163	1326	1840	1736	2012	1921	1412	958	671	
Umidità relativa esterna	φ_e	[%]	85%	78%	81%	73%	65%	67%	54%	67%	80%	88%	90%	88%	
Temperatura interna	θ_i	[°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	22.5	25.1	24.1	20.4	20.0	20.0	20.0	
Differenza pressione di vapore	Δp	[Pa]	741	640	437	243	85	0	0	0	0	243	490	684	810 Δp_{max}
Pressione di vapore interna	p_i	[Pa]	1405	1349	1424	1430	1420	1840	1736	2012	1921	1679	1497	1424	
Umidità relativa interna	φ_i	[%]	60%	58%	61%	61%	61%	67%	54%	67%	80%	72%	64%	61%	
Temperatura superficiale min.	$\theta_{s,min}$	[°C]	15.3	14.7	15.5	15.6	15.5	19.6	18.6	21.0	20.3	18.1	16.3	15.5	
Fattore di temperatura minimo	$f_{Rsi,min}$	[-]	0.74	0.66	0.58	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.69	0.73	NO COND. SUP.
Massa di vapore condensata	m_{cond}	[g/m²]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NO COND. INT.

Mese
Gennaio



Mese
Luglio



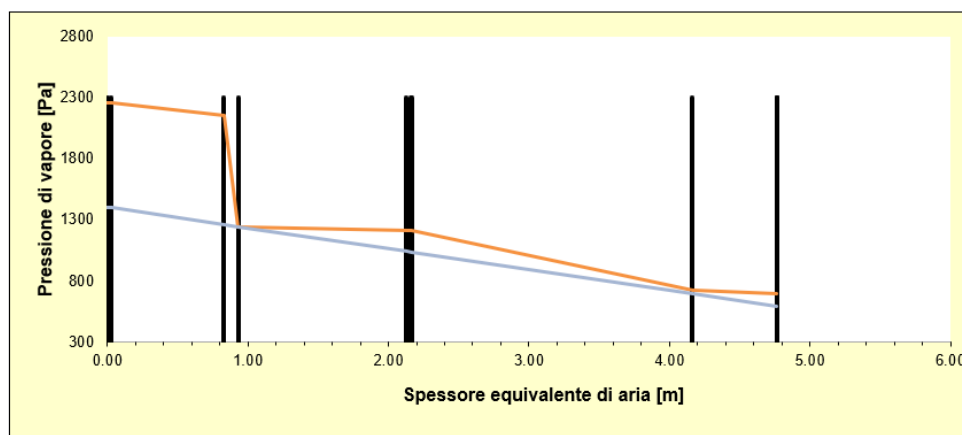
ESEMPIO 7 Come esempio 1, ma con applicato cappotto in EPS da 10 cm

	Componente	Spess.(cm)	μ	$S_{a_{eq}}$
	Intonaco interno	1,5	2	0,03
	Laterizio	8	10	0,80
	Camera d'aria	10	1	0,10
	Laterizio	12	10	1,20
	Intonaco esterno a base calce	1,5	2	0,03
	Pittura esterna a base calce	0,1	5	0,005
	EPS	10	20	2,00
	Rivestimento / finitura	6,0	10	0,6
				4,765

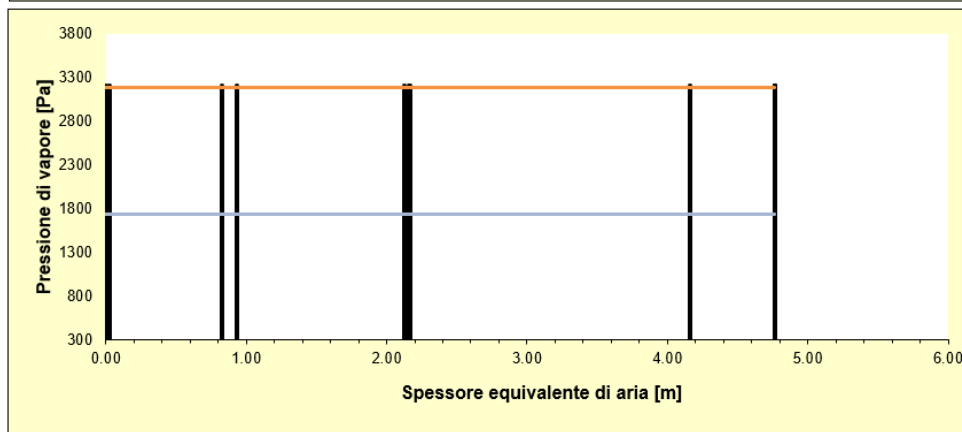
VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Città		Zona climatica												
Milano		E												
			Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Temperatura esterna	θ_e	[°C]	1.7	4.2	9.2	14.0	17.9	22.5	25.1	24.1	20.4	14.0	7.9	3.1
Pressione di vapore esterna	p_e	[Pa]	590	645	943	1163	1326	1840	1736	2012	1921	1412	958	671
Umidità relativa esterna	φ_e	[%]	85%	78%	81%	73%	65%	67%	54%	67%	80%	88%	90%	88%
Temperatura interna	θ_i	[°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	22.5	25.1	24.1	20.4	20.0	20.0	20.0
Differenza pressione di vapore	Δp	[Pa]	741	640	437	243	85	0	0	0	0	243	490	684
Pressione di vapore interna	p_i	[Pa]	1405	1349	1424	1430	1420	1840	1736	2012	1921	1679	1497	1424
Umidità relativa interna	φ_i	[%]	60%	58%	61%	61%	61%	67%	54%	67%	80%	72%	64%	61%
Temperatura superficiale min.	$\theta_{s,min}$	[°C]	15.3	14.7	15.5	15.6	15.5	19.6	18.6	21.0	20.3	18.1	16.3	15.5
Fattore di temperatura minimo	$f_{Rsi,min}$	[-]	0.74	0.66	0.58	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.69	0.73
Massa di vapore condensata	m_{cond}	[g/m²]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
810 Δp_{max}														
NO COND. SUP														
NO COND. INT.														

Mese
Gennaio



Mese
Luglio



Gli esempi riportati sono rappresentativi di realtà costruttive passate e recenti che esprimono differenti valori di traspirabilità.

Esempio	U (W/m ² K)	Sa _{eq}
1	0,220	2,165
2	0,220	2,37
3	0,708	3,07
4	0,198	5,67
5	0,497	4,57
6	0,219	4002,26
7	0,122	4,765

Per maggior comprensione della funzionalità degli esempi mostrati si evidenzia non solo il coefficiente Sa_{eq} ma anche il valore di trasmittanza termica che deve essere tenuto in considerazione, in quanto entrambi i parametri rappresentano un percorso di scelta dei componenti.

Inoltre si evidenzia che il concetto di traspirabilità non assolve alla problematica igiene e salubrità del locale.

Come riportato anche dalle linee guida del Ministero è doveroso verificare la formazione di condensa che rappresenta la situazione più pericolosa per l'utente del locale.

La parete se non è progettata correttamente ma solo con il calcolo della trasmissione del vapore d'acqua può incorrere nella formazione di condensa e questo è il caso in cui forte traspirazione senza adeguato isolamento permette al vapore di incontrare una superficie fredda condensando all'interno della parete.

La traspirabilità al vapor d' acqua dei materiali è definita da parametri che vengono sperimentalmente determinati in laboratorio e dichiarati dai relativi produttori.

La proposta di utilizzare come riferimento lo spessore d'aria equivalente rende tangibile la percezione di che cosa sia la traspirabilità e del relativo valore.

Come è visibile dagli esempi riportati in precedenza, i valori di Sa_{eq}, variano moltissimo in base al numero di strati e la natura materica di questi.

Di fondamentale importanza però non è la sola considerazione sul valore di Sa_{eq}, ma la combinazione di quale sia la stratigrafia e il valore della trasmittanza termica totale del sistema adottato.

Anche nella soluzione con cappotto, ovviamente si incrementa il valore Sa_{eq} ma senza provocare condense, ma contemporaneamente una drastica diminuzione della trasmittanza termica.

CONSIDERAZIONI FINALI

L'esempio 1 relativo ad una parete con doppio tavolato ed intercapedine d'aria presenta condensa nei mesi invernali che verrà risolta in quelli estivi. I grafici relativi alla permeabilità all'aria equivalente sono molto esaustivi, in particolare la linea rossa (pressione di saturazione e la linea azzurra – pressione di vapore) che evidenziano visivamente la situazione della condensa. La linea rossa incrocia quella azzurra sulla faccia interna del tamponamento esterno che segna il piano in cui avviene la condensa. Nel periodo estivo invece le due linee viaggiano parallele e quindi non avviene la condensa.

Gli esempi 3 e 4 sono stati analizzati per evidenziare l'utilizzo del cappotto in EPS sulla faccia esterna di una muratura in laterizio di spessore importante. In entrambi i casi non si verifica formazione di condensa, ma variano molto i valori della trasmittanza termica, passando da 0,7 a 0,2 W/m²K.

L'esempio 5 invece considera una muratura con un blocco termoisolante con uno spessore considerevole. Anche in questo caso non vi è formazione di condensa e le due rette rossa e azzurra sono continue senza incroci fra loro, ma con pendenza differente, che fa presumere la possibilità di condensa esterna nel caso di temperature rigide, ma che non influirà sul comportamento termoigrometrico della parete.

L'esempio 6 è da confrontare con l'esempio 1. È stata inserita, per evitare la condensa, stata una barriera al vapore sul lato interno della parete. Visivamente è immediato riscontrare come la linea rossa sia sempre al di sopra di quella azzurra, evitando così un possibile incrocio e quindi la condensa. Lo spessore equivalente relativo alla barriera al vapore è eloquente rispetto agli spessori degli altri strati.

L'esempio 7 permette di verificare che l'applicazione del cappotto in EPS sull'esempio 1 risolve la formazione della condensa e ovviamente migliora il valore della trasmittanza termica senza precludere alla permeabilità al vapore dell'intera struttura.

Certamente si possono adottare stratigrafie con valori di $S_{a_{eq}}$ bassi ma questo con pareti senza alcun isolamento termico, situazione non accettabile.

CHI È AIPE

AIPE - Associazione Italiana Polistirene Espanso senza fini di lucro è stata costituita nel 1984 per promuovere e tutelare l'immagine del polistirene espanso sinterizzato (o EPS) di qualità e per svilupparne l'impiego.

Le aziende associate appartengono sia al settore della produzione delle lastre per isolamento termico che a quello della produzione di manufatti destinati all'edilizia ed all'imballaggio. Fanno parte di AIPE le aziende produttrici della materia prima, il polistirene espandibile, fra le quali figurano le più importanti industrie chimiche europee. Un gruppo di Soci è costituito dalle aziende fabbricanti attrezzature per la lavorazione del polistirene espanso sinterizzato e per la produzione di sistemi per l'edilizia.

A livello internazionale l'Associazione rappresenta l'Italia in seno a EUMEPS, l'organizzazione europea che raggruppa le associazioni nazionali dei produttori di EPS.

L'Associazione, inoltre, opera a stretto contatto con Enti e Istituzioni finalizzando la propria attività alla redazione di norme e protocolli nei settori edilizia, imballaggio ed economia circolare.

Collabora attivamente alla promozione della raccolta e riciclo dell'EPS in sinergia con COREPLA e con CORTEXA in qualità di partner tecnico per veicolare, diffondere e condividere la cultura dell'isolamento a cappotto di qualità. Sostiene e promuove la ricerca di nuovi progetti di riciclo a livello nazionale ed europeo e partecipa ad ICESP, la piattaforma italiana dei principali attori dell'economia circolare ed è coinvolta in circuiti virtuosi di alcune tipologie di manufatti, tra cui le cassette per il pesce e gli imballaggi in EPS.