

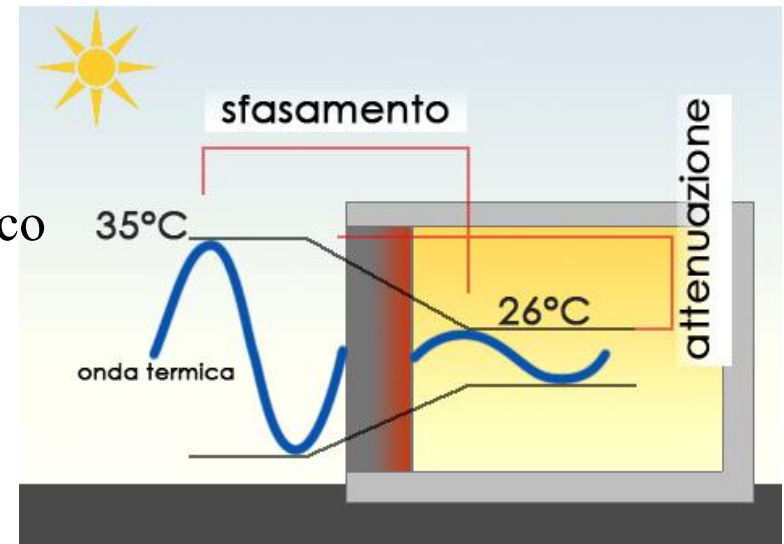
La Casa Mediterranea e i CAM (Criteri Ambientali Minimi) per gli 'appalti verdi

Capacità termica areica questa sconosciuta

Prof. Costanzo Di Perna
Facoltà di Ingegneria
Università Politecnica delle Marche

COS'E' L'INERZIA TERMICA

È l'attitudine della parete a ridurre (**smorzamento**) e ritardare (**sfasamento**) l'effetto di sollecitazioni dinamiche sul carico termico dell'ambiente.



- Si distingue tra sollecitazioni termiche:
 - **sul lato esterno del componente**
 - variazione giornaliera della temperatura esterna
 - variazione giornaliera della radiazione incidente sul componente
 - **sul lato interno sul lato interno del componente**
 - radiazione solare attraverso i vetri
 - occupazione, apporti interni
 - intermittenza impianto di riscaldamento/raffrescamento

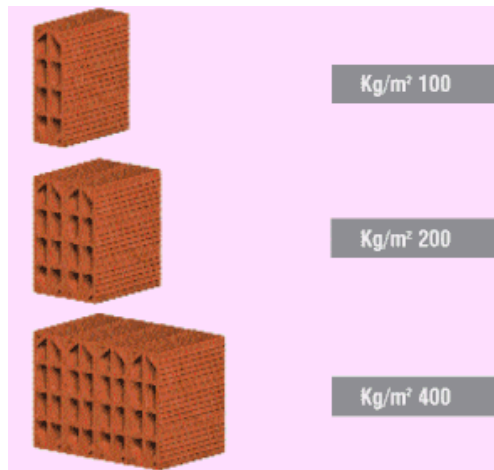
CONTROLLO DELL'INERZIA TERMICA

CONTROLLO DELL'INERZIA TERMICA (SOLLECITAZIONE ESTERNA)

- Questo requisito è tanto più importante quanto più elevata è l'escursione giornaliera della temperatura (stagione estiva, climi caldi secchi).
- L'inerzia termica di un componente è legata alla sua capacità di accumulo (massa), ma anche allo stesso isolamento termico.

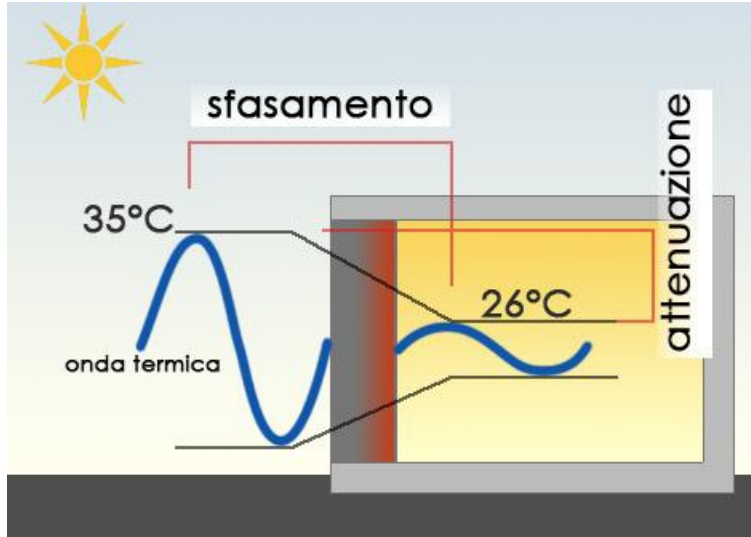
CONTROLLO DELL'INERZIA TERMICA (SOLLECITAZIONE INTERNA)

- Questo requisito è tanto più importante quanto più elevata l'escursione giornaliera dei **carichi interni** (apporti interni variabili, grandi superfici vetrate non schermate).
- L'inerzia termica di un componente è legata alla **capacità di accumulo** (massa) del lato interno della parete a contatto con l'aria interna, ma anche alla posizione dello strato di isolamento termico.



SIGNIFICATO DELLA MASSA SUPERFICIALE

P1	P2	P3	P4	P5
$s = 26,2 \text{ cm}$ $fd = 0,25$ $\varphi = 8,0 \text{ ore}$ $Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$ $Ms = 320,7 \text{ Kg/m}^2$ $Cip = 151,7 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$s = 26,1 \text{ cm}$ $fd = 0,38$ $\varphi = 7,1 \text{ ore}$ $Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ $Ms = 237,4 \text{ Kg/m}^2$ $Cip = 150,5 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$s = 28,1 \text{ cm}$ $fd = 0,57$ $\varphi = 6,7 \text{ ore}$ $Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ $Ms = 154,9 \text{ Kg/m}^2$ $Cip = 107,1 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$s = 29,4 \text{ cm}$ $fd = 0,67$ $\varphi = 6,5 \text{ ore}$ $Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ $Ms = 113,7 \text{ Kg/m}^2$ $Cip = 71,0 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$s = 29,5 \text{ cm}$ $fd = 0,74$ $\varphi = 5,8 \text{ ore}$ $Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ $Ms = 72,1 \text{ Kg/m}^2$ $Cip = 31,9 \text{ kJ/m}^2\text{K}$
esterno				

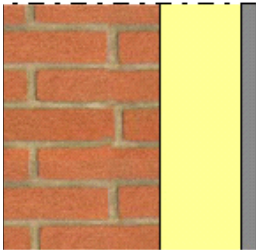
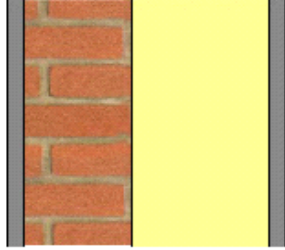

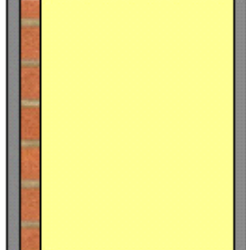
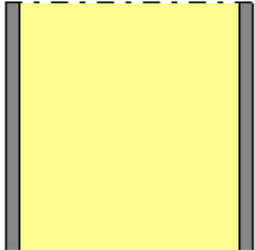


SFASAMENTO ED ATTENUAZIONE

P1	P2	P3	P4	P5
$s = 26.2 \text{ cm}$	$s = 26.1 \text{ cm}$	$s = 28.1 \text{ m}$	$s = 29.4 \text{ cm}$	$s = 29.5 \text{ cm}$
$fd = 0,25$	$fd = 0,38$	$fd = 0,57$	$fd = 0,67$	$fd = 0,74$
$\varphi = 8,0 \text{ ore}$	$\varphi = 7,1 \text{ ore}$	$\varphi = 6,7 \text{ ore}$	$\varphi = 6,5 \text{ ore}$	$\varphi = 5,8 \text{ ore}$
$Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
$U = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$
$M_s = 320,7 \text{ Kg/m}^2$	$M_s = 237,4 \text{ Kg/m}^2$	$M_s = 154,9 \text{ Kg/m}^2$	$M_s = 113,7 \text{ Kg/m}^2$	$M_s = 72,1 \text{ Kg/m}^2$
$C_{ip} = 151,7 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$C_{ip} = 150,5 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$C_{ip} = 107,1 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$C_{ip} = 71,0 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$C_{ip} = 31,9 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

esterno

TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA

P1	P2	P3	P4	P5
				
$s = 26,2 \text{ cm}$ $fd = 0,25$ $\varphi = 8,0 \text{ ore}$	$s = 26,1 \text{ cm}$ $fd = 0,38$ $\varphi = 7,1 \text{ ore}$	$s = 28,1 \text{ m}$ $fd = 0,57$ $\varphi = 6,7 \text{ ore}$	$s = 29,4 \text{ cm}$ $fd = 0,67$ $\varphi = 6,5 \text{ ore}$	$s = 29,5 \text{ cm}$ $fd = 0,74$ $\varphi = 5,8 \text{ ore}$
$Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$ $Ms = 320,7 \text{ Kg/m}^2$ $Cip = 151,7 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ $Ms = 237,4 \text{ Kg/m}^2$ $Cip = 150,5 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ $Ms = 154,9 \text{ Kg/m}^2$ $Cip = 107,1 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ $Ms = 113,7 \text{ Kg/m}^2$ $Cip = 71,0 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ $Ms = 72,1 \text{ Kg/m}^2$ $Cip = 31,9 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

esterno

NORMA
EUROPEAPrestazione termica dei componenti per edilizia
Caratteristiche termiche dinamiche
Metodi di calcoloUNI EN ISO
13786

MAGGIO 2008

1) Scegliere il tipo di componente edilizio			2) Scegliere il periodo delle variazioni termiche (<= 24 ore)				24			
Chiusura verticale			Periodo delle variazioni termiche T		[sec]	86400				
			Resistenza termica sup interna Rsi		[m2K/W]	0,13				
			Resistenza termica sup esterna Rse		[m2K/W]	0,04				
Descrizione degli strati			Spessore (s) [m]	Conduttività termica (l) [W/mK]	Calore specifico (c) [J/KgK]	Densità (ρ) [Kg/m3]	Resistenza termica aria [m2K/W]	Profondità di penetrazione al periodo T $\bar{x}_{1\phi}$ m	$\xi = s/d$	Resistenza termica [m2k/w]
Rsi	aria	Strato laminare interno								0,130
1	<input type="checkbox"/>	Pannello Osb	0,018	0,130	2010	580		0,055	0,325	0,138
2	<input type="checkbox"/>	Travetto 60x140	0,140	0,110	2500	410		0,054	2,577	1,273
3	<input type="checkbox"/>	Pannello Osb	0,018	0,130	2010	580		0,055	0,325	0,138
4	<input type="checkbox"/>	Pannello legno magnesite	0,050	0,090	2010	370		0,058	0,867	0,556
5	<input type="checkbox"/>	Intonaco ai silossani	0,005	0,900	1000	1800		0,117	0,043	0,006
6	<input type="checkbox"/>							-	-	-
7	<input type="checkbox"/>							-	-	-
8	<input type="checkbox"/>							-	-	-
9	<input type="checkbox"/>							-	-	-
10	<input type="checkbox"/>							-	-	-
Rse	aria	Strato laminare esterno								0,040
Spessore totale componente [cm]			23,10			Resistenza termica totale [m2K/W]			2,281	

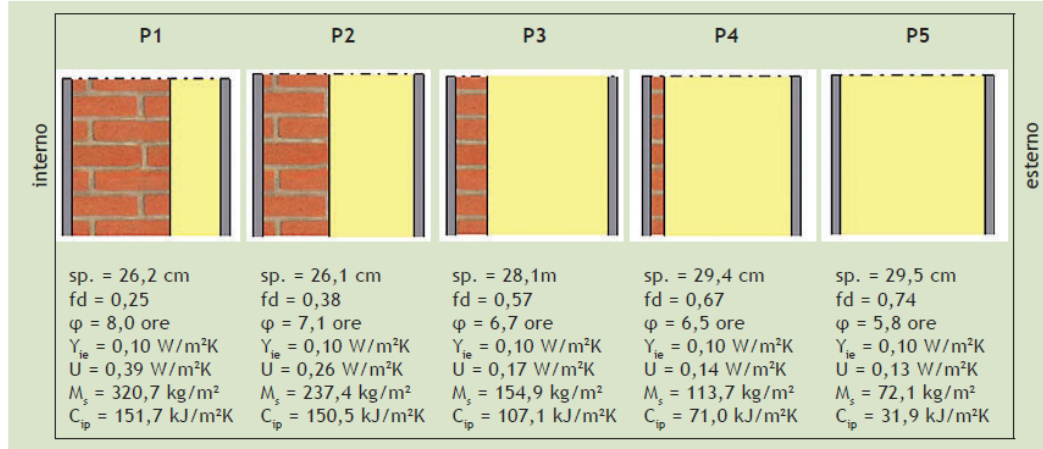
Regime periodico stabilizzato		T =	24	ore
Fattore di decremento - attenuazione	fd	[-]	0,1384	
Ritardo fattore di decremento - sfasamento		[h]	13,90	
Trasmittanza termica periodica	Yie	[W/m2K]	0,0607	
Ammettenza termica lato interno	Yii	[W/m2K] , [h]	2,386	-9,71
Ammettenza termica lato esterno	Yee	[W/m2K] , [h]	2,484	-8,86
Capacità termica areica lato interno	Cip(2008)	[kJ/m2K]	43,54	33,20
Capacità termica areica lato esterno	Cep(2008)	[kJ/m2K]	37,08	34,37

Da studi effettuati con monitorizzazioni di edifici campione è risultata una correlazione diretta tra la trasmittanza termica periodica e per ottimizzare il risparmio energetico nella climatizzazione di un edificio.

Riconducendo il problema estivo essenzialmente ai flussi entranti (irraggiamento solare e trasmissione conduttiva delle pareti esterne), si può ridurre il contributo dei carichi interni la limitazione dell'aria, in effetti, presenta una sua validità.

Tuttavia, è risultato che, laddove vengono considerati anche i carichi esterni e fortemente coibente è controindicato, non tanto dal punto di vista del risparmio energetico, ma soprattutto dal punto di vista del comfort abitativo.

Fase invernale



Se si considerano le 5 tipologie di pareti prese in esame, a parità di trasmittanza termica periodica, e si confrontano le temperature superficiali interne a sud, si nota chiaramente come sia solo la U a condizionarne fortemente il comportamento.

Le pareti che si comportano meglio sono infatti quelle con bassi valori di trasmittanza termica stazionaria

	P1	P2	P3	P4	P5	
interno						esterno
sp.	26,2 cm	26,1 cm	28,1 m	29,4 cm	29,5 cm	
fd	0,25	0,38	0,57	0,67	0,74	
φ	8,0 ore	7,1 ore	6,7 ore	6,5 ore	5,8 ore	
γ_{te}	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K	0,10 W/m ² K	
U	0,39 W/m ² K	0,26 W/m ² K	0,17 W/m ² K	0,14 W/m ² K	0,13 W/m ² K	
M_s	320,7 kg/m ²	237,4 kg/m ²	154,9 kg/m ²	113,7 kg/m ²	72,1 kg/m ²	
C_{ip}	151,7 kJ/m ² K	150,5 kJ/m ² K	107,1 kJ/m ² K	71,0 kJ/m ² K	31,9 kJ/m ² K	

Fase estiva senza carichi interni

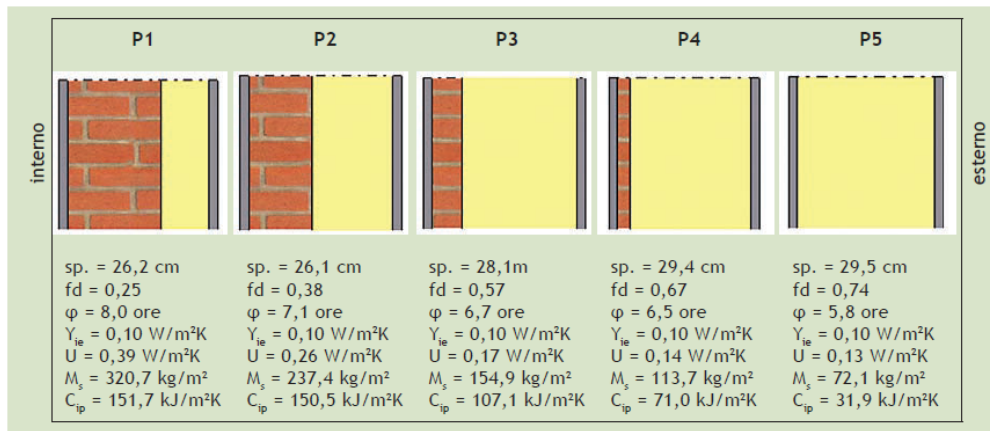
Se si considerano le 5 tipologie di pareti, a parità di trasmittanza periodica, e si confrontano le temperature superficiali interne a sud in una condizione senza carichi interni (persone, luci, ecc.) e a finestre chiuse di giorno, non si rilevano notevoli differenze tra il comportamento delle diverse pareti prese in esame.

COMFORT E CARICHI INTERNI:

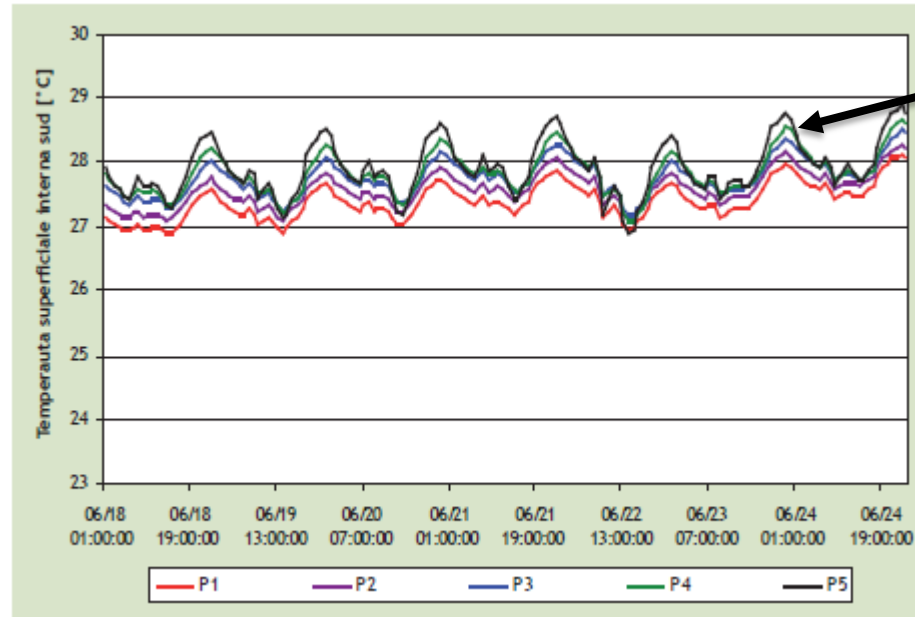
EMERGE LA NECESSITÀ DI INERZIA TERMICA INTERNA

$\dot{Q}_{\text{int}} = \dot{Q}_{\text{pers}} + \dot{Q}_{\text{elettrodomestici}} + \dot{Q}_{\text{radiazione diffusa}}$

(persone, elettrodomestici, radiazione diffusa in ingresso dalle superfici vetrate) e ragionare non più solo in termini di risparmio energetico ma anche in termini di **comfort** (temperature superficiali, temperature operative, asimmetria radiante)



La scelta di una struttura a bassa inerzia e fortemente coibente (P5) determina, in relazione a carichi interni, oscillazioni maggiori delle temperature interne, temperature superficiali più elevate e di conseguenza temperature operative più alte. Una soluzione di questo tipo è, dunque, sfavorita dal punto di vista del comfort.

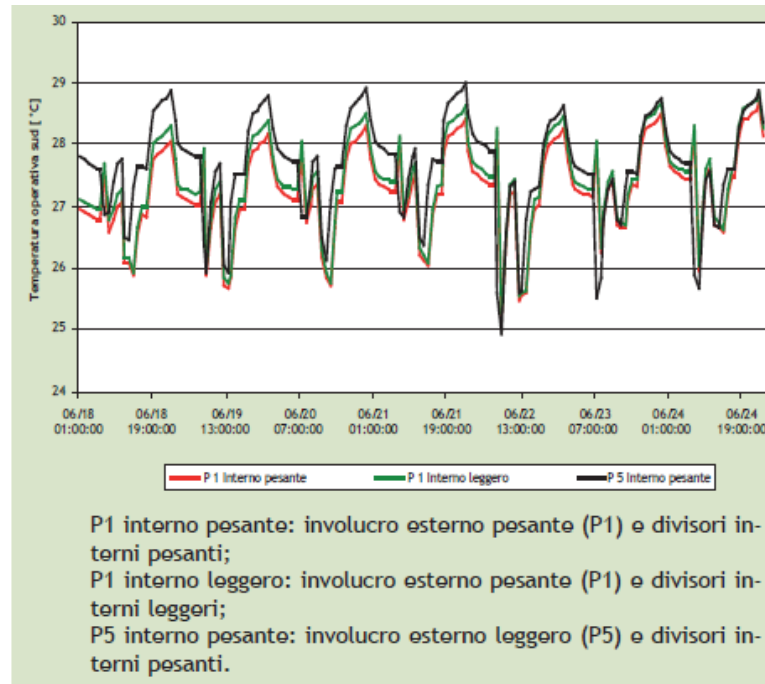


= B 9 F N = 5 ' H 9 F A = 7 5 ' = B H 9 F B 5 ' C ' G I @ @ D = ESTERNO?

È bene sottolineare che la scelta di aumentare | q ã } ^ ! strutture à ^ | | / interne non è risolutiva dal punto di vista del comfort.

Š q ã } & ! á ŧ ŧ } q ã Á mai e pareti interne non modifica sensibilmente la temperatura superficiale delle relative strutture, ovvero non modifica la temperatura operativa.

/ Á | q ã } ç [| ~ a & influence fortemente Á temperatura operativa in relazione ai carichi interni e dunque a garantire, o meno, il comfort abitativo.



Appendice B - Format di Attestato di Prestazione Energetica (APE)

Logo Regione	ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI CODICE IDENTIFICATIVO: _____ VALIDO FINO AL: _____	APE 2015
--------------	--	-----------------

COME VALUTIAMO IL COMPORTAMENTO ESTIVO?

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO




La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

Prestazione energetica del fabbricato <table border="1"><tr><th>INVERNO</th><th>ESTATE</th></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>	INVERNO	ESTATE					Prestazione energetica globale + Più efficiente <table border="1"><tr><td>A4</td><td>→</td></tr><tr><td>A3</td><td>→</td></tr><tr><td>A2</td><td>→</td></tr><tr><td>A1</td><td>→</td></tr><tr><td>B</td><td>→</td></tr><tr><td>C</td><td>→</td></tr><tr><td>D</td><td>→</td></tr><tr><td>E</td><td>→</td></tr><tr><td>F</td><td>→</td></tr><tr><td>G</td><td>→</td></tr></table> - Meno efficiente	A4	→	A3	→	A2	→	A1	→	B	→	C	→	D	→	E	→	F	→	G	→	EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO CLASSE ENERGETICA X EP_{gl,nren} kWh/m ² anno	Riferimenti Gli immobili simili a questo avrebbero in media la seguente classificazione: Se nuovi: Y (EP_{gl,nren}) Se esistenti: Z (EP_{gl,nren})
INVERNO	ESTATE																												
A4	→																												
A3	→																												
A2	→																												
A1	→																												
B	→																												
C	→																												
D	→																												
E	→																												
F	→																												
G	→																												



COME VALUTIAMO IL COMPORTAMENTO ESTIVO?

Tabella 4 - Indicatore della prestazione energetica estiva dell'involucro, al netto dell'efficienza degli impianti presenti.

Prestazione estiva dell'involucro		Qualità	Indicatore
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$	alta	
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	media	
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	bassa	

Nel caso della trasmittanza termica periodica si prende in considerazione il valore medio pesato in base alle superfici, con l'esclusione delle superfici verticali esposte a Nord.

INTRODURRE NELLE VALUTAZIONI LA CAPACITÀ TERMICA AREICA PERIODICA INTERNA

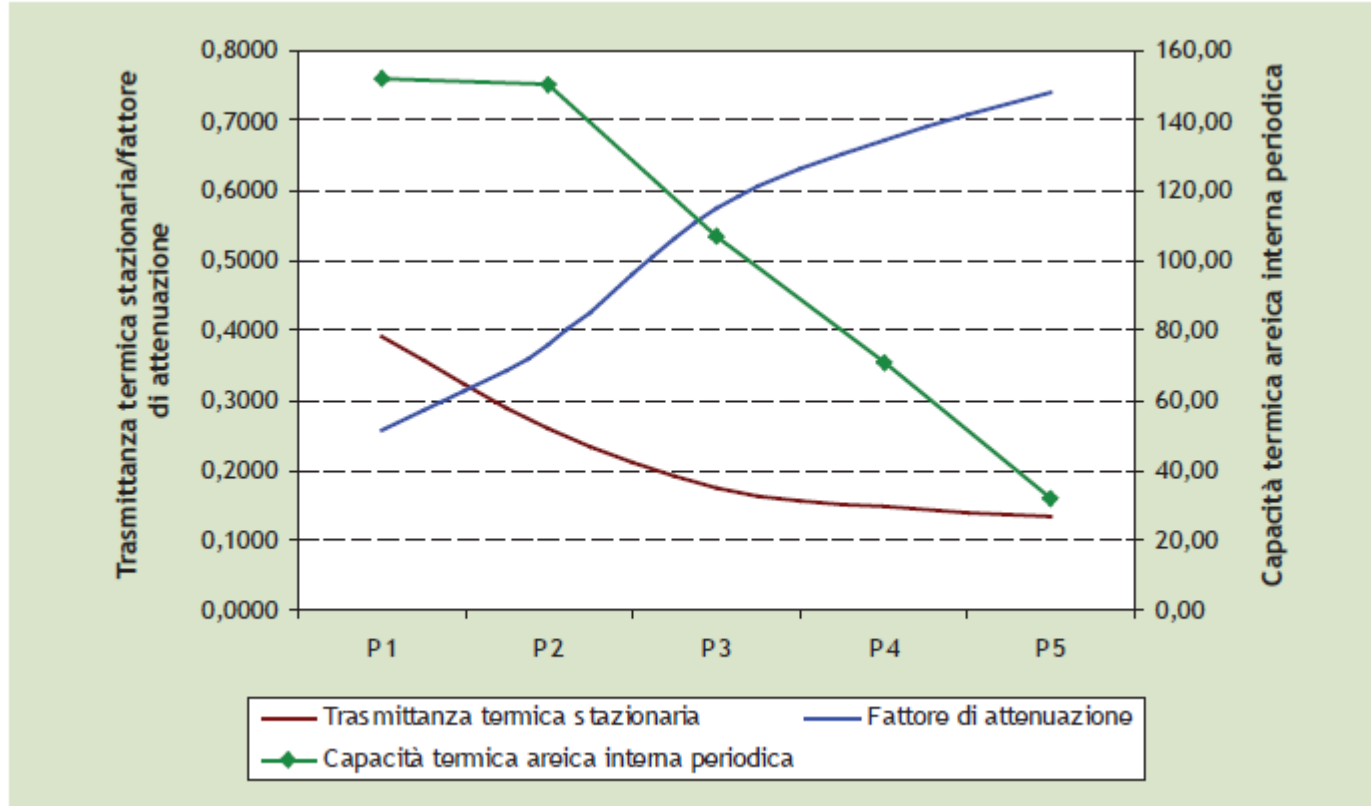
Partendo dalla considerazione che, per valutare la trasmittanza termica periodica, bisogna effettuare il calcolo basato sulla risoluzione della conduzione termica in componenti edilizi composti da diversi strati piani, paralleli, omogenei, con condizioni al contorno sinusoidali regolari e un flusso termico monodimensionale, descritto dalla ISO 13786, si ritiene opportuno proporre un ulteriore vincolo di valutazione, ovvero un parametro ottenibile dal medesimo calcolo senza oneri aggiuntivi:

la capacità termica areica periodica interna C_{ip} (ISO 13786).

Tale parametro, funzione $\alpha \cdot \rho \cdot c \cdot d$ della capacità termica, descrive la capacità effettiva di accumulo del calore sul lato interno di un componente edilizio e rappresenta lo spessore della massa termica interna che effettivamente contribuisce, in estate, a ridurre le temperature superficiali interne e attenuare la temperatura operativa.

Una parete che ha un alto potenziale di accumulo sul lato interno avrà un valore C_{ip} elevato:

le pareti ottimali dal punto di vista del comfort (P1 e P2) sono proprio quelle con capacità termica areica periodica interna più elevata.



Poichè il parametro $C_{ip} \sim [\dots]$ della capacità termica areica della parete sul lato interno, in estate tanto maggiori sono i carichi interni tanto più importante sarà fissare un valore alto di tale parametro. Dalla figura si nota come, nel caso di livelli elevati di carico interno, i valori di temperatura superficiale (medi, massimi e minimi) sono molto elevati in estate, soprattutto nel caso di pareti esterne a bassa capacità termica areica interna periodica. La linea dei valori medi . rossa per la scuola e nera per la residenza . (e ancor più la linea dei valori massimi) nel primo caso, evidenzia proprio l'incidenza della capacità termica areica interna periodica sulle temperature superficiali quando i carichi interni sono elevati.

