

Costruzioni massive e comfort estivo

DI/BY C. GARGARI

DIP. DI TECNOLOGIE DELL'ARCHITETTURA E DESIGN "P.L. SPADOLINI",
UNIVERSITÀ DI FIRENZE

La costruzione massiva, combinazione di isolamento e inerzia termica tipica del linguaggio architettonico vernacolare, viene riproposta anche dalla nuova normativa energetica, quale valida alternativa alle soluzioni leggere e adiabatiche, per il controllo dei consumi di energia per il condizionamento degli ambienti in regime invernale ed estivo.

LA NUOVA NORMATIVA ENERGETICA

Il D.Lgs. 311/2006 ha finalmente allineato il sistema di certificazione energetica degli edifici, non solo alla normativa europea, ma anche agli standard da tempo in uso, abrogando le verifiche del Cd e del FEN, retaggio della Legge 10/1992, e introducendo, quali parametri di verifica, il calcolo del fabbisogno energetico primario FEP o la verifica delle trasmittanze dei componenti, come previsto dal regime transitorio.

Il FEP tiene conto della dispersione energetica dell'involucro, della ventilazione, degli apporti gratuiti e del rendimento globale medio stagionale degli impianti, relazionando il fabbisogno energetico primario alla superficie utile dell'edificio, secondo il medesimo criterio adottato dai principali sistemi di certificazione attualmente vigenti in Europa (fig. 1).

CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standard)	
Richiesta globale per riscaldamento, acqua calda sanitaria, elettricità/ <i>Global heating requirement, hot water for bathroom, electricity</i>	< 42 kWh/m ² a
MINERGIE Label - Svizzera/Switzerland	
Consumo per riscaldamento/ <i>Consumption for heating</i>	< 45 kWh/m ² a
Consumo elettrico/ <i>Electrical consumption</i>	< 15 kWh/m ² a
PASSIVE HOUSE - Germania/Germany	
Consumo per riscaldamento/ <i>Consumption for heating</i>	< 15 kWh/m ² a
TOTAL QUALITY - Austria	
Consumo per riscaldamento/ <i>Consumption for heating</i>	< 56 kWh/m ² a
CASA CLIMA - Italia/Italy	
Consumo per riscaldamento/ <i>Consumption for heating</i>	
- Classe Oro/ <i>Gold Class</i>	< 10 kWh/m ² a
- Classe A/ <i>Class A</i>	< 30 kWh/m ² a
- Classe B/ <i>Class B</i>	< 50 kWh/m ² a
- Classe C/ <i>Class C</i>	< 70 kWh/m ² a

Fig. 1 - I sistemi di certificazione energetica degli edifici attualmente presenti in Europa. Current building energy certification systems in Europe.

MASSIVE CONSTRUCTIONS AND SUMMER COMFORT

The massive construction, a combination of insulation and thermal inertia that is a typical form of our native architecture, is being proposed again also by the new energy legislation as a valid alternative to lightweight and adiabatic solutions for controlling energy consumption for summer and winter indoor climate conditioning.

THE NEW ENERGY LEGISLATION

Leg. Decree 311/2006 finally aligned the energy certification for buildings not only with European regulations but also with standards that have been practice for some time, abrogating the verifications of the Cd and the FEN, a throwback to Law 10/1992, and introducing, as verification parameters, the calculation of the primary energy requirement FEP and the verification of the transmittance of the components, as provided by the transitory regime.

The FEP takes account of the energy dispersion of the envelope, of the ventilation, of the free energy input and the global seasonal average of the efficiency of the plant, according to the same criteria adopted by the main certification systems currently in force in Europe (fig. 1).

The limits imposed, as reported in Attachment C of the decree, do not however establish an absolute scale, valid throughout Italy, but maintain the reference to the six climatic zones, identifying, on the basis of the ratio between form [S/V] and Day Degrees [GG], maximum admissible values (tab. I) for winter climatisation¹.

Limits that, unlike a climatic condition that shifts the attention more towards consumption in summer, are valid only for the period when heating is needed.

ENVELOPE AND CLIMATE

In fact, the reference model chosen for the modification of the energy regulations was the one that had been developed and adopted for some time already in Nordic countries and, closer to home, in the autonomous province of Bolzano, which focuses on the thermal insulation of the envelope as the critical factor for attaining the expected levels of efficiency. Performances that, in the Mediterranean climate, on the one hand can be fixed at higher values (in terms of the transmittance of the opaque vertical elements; for example, the decree provides for the association with the CasaClima standard only after January 1, 2010; table II, while on the other hand they are insufficient, not only to guarantee the comfort of the interior environment, but especially to represent the effective seasonal consumption of the building.

Tab. I - D.Lgs. 311/2006. All. C, tabella 1.1. Valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale espresso in kWh/m²anno (valori 2006).

Leg. Decree 311/2006. Attach. C, table 1.1. Limit values of the energy performance index for winter climatization expressed in kWh/m² year (values 2006).

Rapporto di forma dell'edificio S/V	A	B	C	D	E	F
S/V ration of the building form	fino a 600 GG	da 601 GG a 900 GG	da 901 GG a 1400 GG	da 1401 GG a 2100 GG	da 2101 GG a 3000 GG	oltre 3000 GG
	up to 600 GG	from 601 GG to 900 GG	from 901 GG to 1400 GG	from 1401 GG to 2100 GG	from 2101 GG to 3000 GG	over 3000 GG
	10	15	25	40	55	55
	45	60	85	110	145	145

I limiti imposti, così come riportato nell'Allegato C del decreto, non definiscono però una scala assoluta, valida su tutto il territorio nazionale, ma mantengono il riferimento alle sei zone climatiche, individuando, sulla base del rapporto di forma [S/V] e dei Gradi Giorno [GG], valori massimi ammissibili (tab. I) per la climatizzazione invernale¹.

Limiti che, a dispetto di una condizione climatica che sposta sempre più l'attenzione verso i consumi in regime estivo, valgono dunque solo per il periodo di riscaldamento.

INVOLUCRO E CLIMA

Di fatto, il modello di riferimento scelto per la modifica della normativa energetica è stato quello sviluppato e adottato da tempo nei Paesi nordici e, più vicino a noi, nella provincia autonoma di Bolzano, che concentra l'attenzione sull'isolamento termico dell'involucro quale prestazione essenziale per il raggiungimento dei livelli di efficienza previsti.

Prestazioni che, in clima mediterraneo, da un lato possono attestarsi su valori più alti (in termini di trasmittanza degli elementi verticali opachi; ad esempio, il decreto prevede l'allineamento con lo standard CasaClima solo dopo il 1 gennaio 2010; tab. II), mentre

The concept of the superinsulated house, hermetic and adiabatic, and the technologies related to it do not seem, in fact, particularly suitable for being transferred tout-court into a Mediterranean climate, where customs and the hot summers require much more permeable and active envelopes.

The need for cooling, also during medium seasons, is a priority requirement in such climates, as testified to by traditional architecture that has always been expressed through dynamic structures capable of exchanging heat with the outside on the basis of temperature and ventilation conditions.

This dynamism is technologically translated into the thermal capacity of the outer surfaces, namely into their disposition to store heat and then give it out again when there are changes in the surrounding conditions. An element equipped with a large mass, and consequently with a high thermal capacity², will tone down the propagation of outside thermal waves acting as a thermal flywheel, contrary to a low thermal capacity wall that will not be

Tab. II - D.Lgs. 311/2006. All. C, tabella 2.1 a confronto con i valori suggeriti dalla provincia di Bolzano (Agenzia per l'Ambiente) per il rispetto degli standard CasaClima.

Leg. Decree 311/2006 Attach. C, table 2.1 comparing the values suggested by the province of Bolzano (Environmental Agency) for respecting the CasaClima standard.

Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture verticali opache espressa in W/m²K

Limit values of the thermal transmittance U of the vertical opaque structures expressed in W/m²K

Valori indicativi per il rispetto dello standard minimo CasaClima

Indicative values for respecting the minimum CasaClima standard

Zona climatica Climate zone	dal 1° gennaio 2006 from January 1, 2006	dal 1° gennaio 2010 from January 1, 2010	U (W/m ² K)
	U (W/m ² K)	U (W/m ² K)	
A	0,85	0,62	0,3 - 0,45
B	0,64	0,48	
C	0,57	0,40	
D	0,50	0,36	
E	0,46	0,34	
F	0,44	0,33	

dall'altro risultano non sufficienti, non solo a garantire il comfort dell'ambiente interno, ma soprattutto a rappresentare l'effettivo consumo stagionale dell'edificio.

Il concetto di casa iperisolata, ermetica e adiabatica, e le tecnologie ad esso correlate non sembrano, infatti, particolarmente idonei ad essere trasferiti *tout-court* in un clima mediterraneo, in cui le abitudini e le estati calde richiedono involucri molto più permeabili e attivi.

Il fabbisogno di raffrescamento, anche durante le medie stagioni, è una esigenza prioritaria in tali ambiti climatici, così come testimoniato da una architettura tradizionale che da sempre si esprime attraverso strutture dinamiche, in grado cioè di scambiare calore con l'ambiente esterno in base alle condizioni di temperatura e ventilazione.

Questa dinamicità è tecnologicamente tradotta nella capacità termica delle superfici esterne, ossia nella loro attitudine a accumulare calore per poi cederlo all'ambiente al variare delle condizioni al contorno. Un elemento dotato di una grande massa, e conseguentemente di una elevata capacità termica², attenuerà il propagarsi delle onde termiche esterne fungendo da volano, contrariamente, invece, ad una parete a bassa capacità termica che non potrà svolgere una altrettanto efficace azione smorzatrice. Smorzamento e sfasamento sono, infatti, i parametri di misura di questa dinamicità, della capacità, cioè, di abbattere la temperatura del flusso di calore entrante dall'esterno e ritardarne temporalmente il passaggio all'interno in modo che la consegna d'energia verso gli spazi abitati avvenga soltanto durante le ore fresche notturne (fig. 2).

Un elemento pesante, grazie alla sua capacità di accumulo, quando investito dalla radiazione solare si riscalderà lentamente e altrettanto lentamente si raffredderà una volta in ombra.

La misura di questa lentezza, ossia l'inerzia termica, costituisce allora, assieme alla trasmittanza, la qualità energetica dell'involucro della casa mediterranea.

INVOLUCRI MASSIVI A CONFRONTO

L'esigenza di assicurare anche in estate, alle nostre latitudini, una situazione di comfort, e ridurre al contempo i consumi di energia e le emissioni di gas serra, è stata solo sommariamente affrontata dal D.Lgs. 311/2006 che, all'Allegato I comma. 9 lettera b), introduce un valore prescrittivo minimo di massa, pari a 230 kg/m²,³ per la realizzazione di tutte le strutture opache (verticali, orizzontali o inclinate) in località nelle quali il valor medio mensile dell'irradianza su piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva (I_{ms}), sia maggiore o uguale a 290 W/m². L'appunto normativo, tuttavia, se da un lato non tiene in conto i consumi per la climatizzazione estiva nel bilancio energetico del FEP, dall'altro neppure include alcuna indicazione prestazionale in merito ai valori minimi di sfasamento e smorzamento ritenuti sufficienti a garantire prestazioni che, contrariamente a quanto riportato nel comma 9 lettera c⁴, non possono essere valutate e, conseguentemente, determinate in maniera univoca attraverso il solo parametro della massa.

Per una sintetica e indicativa valutazione delle prestazioni di involucri massivi in regime estivo, è stata condotta una simulazione su sei tipologie di elementi in muratura portante, costituite da blocchi di spessore minimo sufficiente a garantire le prestazioni meccaniche di resistenza richieste dalla normativa antisismica. Le strutture (tab. III) sono state tutte calcolate con 1,5 cm di

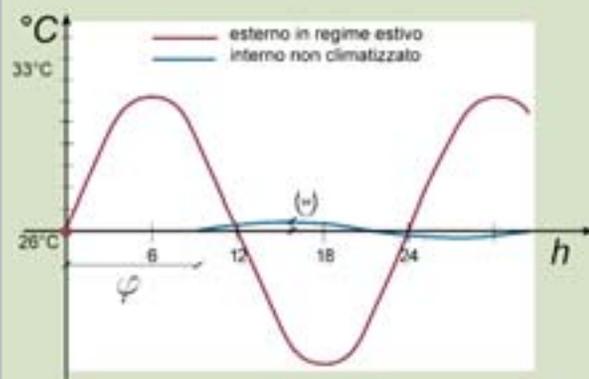


Fig. 2 - Smorzamento e sfasamento dell'onda termica.
Dampening and displacement of the thermal wave.

able to carry out an equally effective dampening action.

Dampening and displacement are, in fact, the parameters for measuring this dynamism, this capacity to lower the temperature of the flow heat entering from outside and delaying the passage inside, in such a way that the delivery of energy to inhabited areas only occurs during the cooler evening hours (fig. 2). A heavy element, thanks to its capacity to store, when hit by solar radiation will heat up slowly and will cool down equally slowly once in the shade.

The measure of this slowness, or thermal inertia, constitutes together with the transmittance, the energy quality of the envelope of the Mediterranean house.

COMPARISON WITH MASSIVE VOLUMES

The need to ensure a comfort situation also in Italy at our latitudes, and to reduce at the same time the energy consumption and greenhouse gas emissions, was just briefly dealt with by leg. Decree 311/2006 that, in attachment 1 para. 9 b), introduces a compulsory minimum mass value of 230 kg/m² for the construction of all the opaque structures (vertical, horizontal or inclined) in places where the average monthly irradiation on a horizontal plane, in the month of the maximum summer insolation (I_{ms}), is equal to or greater than 290 W/m².³ If the regulation, however, does not take into account consumption for summer air conditioning in the FEP energy balance, nor does it include any performance indication regarding the minimum displacement and dampening values considered sufficient for providing performances that, on the contrary to what is reported in para 9 c)⁴, cannot be evaluated, and as a result, fixed in an unambiguous way only through the mass parameter.

For a brief evaluation of the performances of massive envelopes in summer, a simulation was carried out on six types of load-bearing brickwork walls, composed of blocks with a sufficient minimum thickness for guaranteeing the mechanical resilience required by anti-seismic regulations. The structures (tab. III) were all calculated with 1.5 cm of plaster on the inside and 2.0 cm of plaster on the outside ($\lambda=0,7$ W/mK; $\rho=1400$ kg/m³) for establishing the final thickness of the

Tab. III - Dimensioni e caratteristiche delle murature analizzate.
Dimensions and characteristics of the wall that was analysed.

Tipologia di blocco per muratura portante <i>Type of block for load-bearing wall</i>	spessore blocco	spessore finale muratura	conducibilità eq.	trasmissione eq.	massa frontale	sfasamento	fattore di attenuazione
	<i>block thickness</i>	<i>final wall thickness</i>	<i>eq. conductivity</i>	<i>eq. transmittance</i>	<i>front mass</i>	<i>displacement</i>	<i>attenuation factor</i>
	s	S	$\lambda_{eq.}$	U	M	f_a	r
	[cm]	[cm]	[W/mK]	[W/m ² K]	[kg/m ²]	[h]	
A. Blocchi in laterizio porizzato con materiale di origine naturale <i>Natural clay blocks</i>	38	41,5	0,185	0,44	380,4	18,38	0,06
B. Blocchi in laterizio porizzato con materiale di origine naturale murati con malta termica <i>Natural clay blocks laid using a thermal grout</i>	35	38,5	0,180	0,46	335,0	15,00	0,13
C. Blocchi in laterizio porizzato con materiale di origine non naturale <i>Non-natural clay blocks</i>	30	33,5	0,300	0,82	296,5	11,20	0,31
D. Blocchi in laterizio rettificati <i>Edge-ground blocks</i>	30	33,5	0,143	0,43	312,1	15,27	0,13
E. Blocchi in laterizio-sughero <i>Cork-clay blocks</i>	32	35,5	0,118	0,34	305,3	18,35	0,06
	37	40,5	0,128	0,32	340,9	20,33	0,04
F. Blocchi in laterizio-perlite <i>Perlite-clay blocks</i>	30	33,5	0,110	0,33	334,0	19,49	0,05

intonaco interno e 2,0 cm di intonaco esterno ($\lambda = 0,7$ W/mK; $\rho = 1400$ kg/m³) a determinare lo spessore finale della muratura. Dove non espressamente indicato, per la realizzazione dei giunti è stata impiegata malta tradizionale. I valori di conducibilità equivalente dei blocchi sono stati desunti dai dati di mercato, mentre trasmittanza, sfasamento e fattore di attenuazione sono stati calcolati secondo le norme UNI EN ISO 6946, 13788 e 13786, ipotizzando le condizioni al contorno riportate nella tab. IV.

walling. Where not expressly stated, a traditional mortar was used for the creation of the joints. The equivalent conductivity values of the blocks were gathered from market information, while transmittance, displacement and the attenuation factors were calculated according to UNI EN ISO 6946, 13788 and 13786. Hypothesising.

Tab. IV - Condizioni al contorno impiegate per il calcolo delle prestazioni termiche delle sei pareti a confronto.
Surrounding conditions used for calculating the thermal performances of the six walls being compared.

Zona climatica <i>Climate zone</i>	D	T° massima giornaliera dell'aria esterna <i>Maximum daily outside air temperature</i>	33,8°C	
Località <i>City</i>	FIRENZE	T° media giornaliera dell'aria esterna nel mese di luglio <i>Average daily outside air temperature in July</i>	25,0°C	
Esposizione <i>Exposition</i>	Ovest		$F(t_{16.00})$	0,03
Coefficiente di assorbimento della superficie $\alpha =$ <i>Coefficient of the surface absorption a =</i>	0,6		DQ_{max}	13°C

Fig. 3 - Grafici a confronto dell'andamento delle temperature esterna, superficiale esterna e superficiale interna al variare della soluzione tecnica considerata.

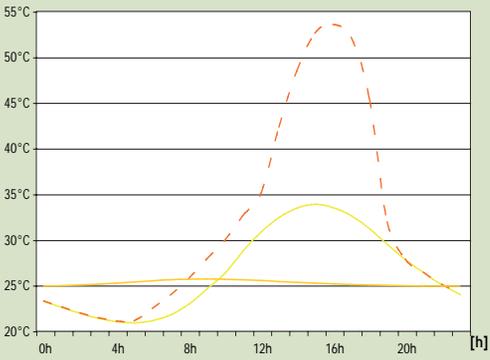


Fig. 3 - Grafici a confronto dell'andamento delle temperature esterna, superficiale esterna e superficiale interna al variare della soluzione tecnica considerata.

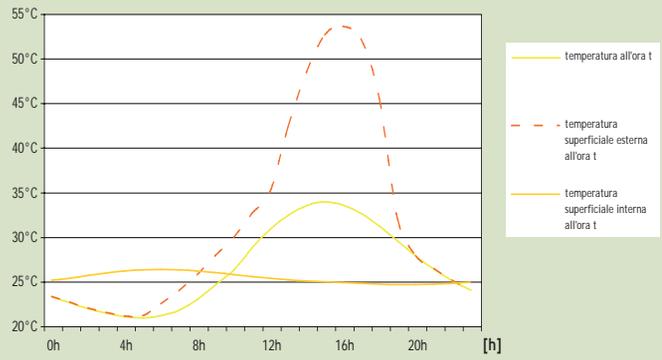


Fig. 3 - Grafici a confronto dell'andamento delle temperature esterna, superficiale esterna e superficiale interna al variare della soluzione tecnica considerata.

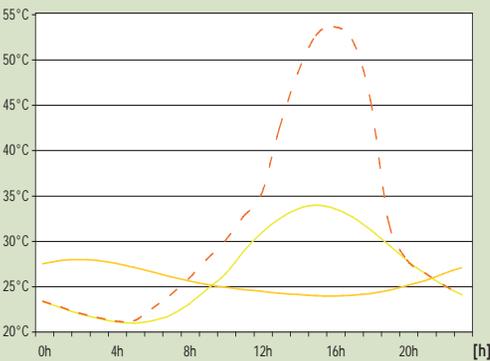


Fig. 3 - Grafici a confronto dell'andamento delle temperature esterna, superficiale esterna e superficiale interna al variare della soluzione tecnica considerata.

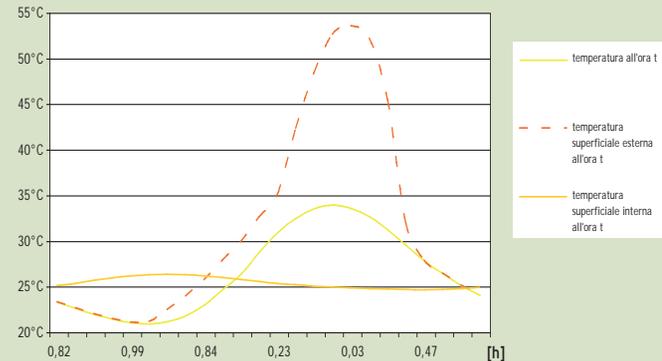


Fig. 3 - Grafici a confronto dell'andamento delle temperature esterna, superficiale esterna e superficiale interna al variare della soluzione tecnica considerata.

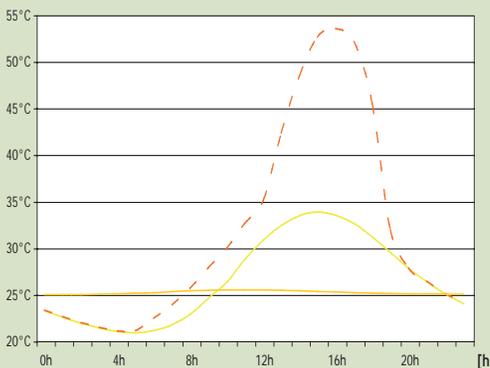


Fig. 3 - Grafici a confronto dell'andamento delle temperature esterna, superficiale esterna e superficiale interna al variare della soluzione tecnica considerata.

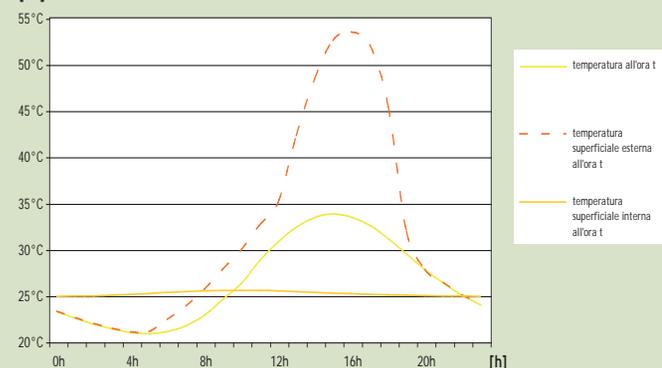


Fig. 3 - Grafici a confronto dell'andamento delle temperature esterna, superficiale esterna e superficiale interna al variare della soluzione tecnica considerata. *Graphs comparing the state of the outside and interior surface temperatures with the variation of the technical solution considered.*

Le masse frontali delle pareti superano tutte il valore di 230 kg/m^2 , risultando quindi, ai termini di legge, tutte parimenti efficaci.

La simulazione in regime dinamico, al contrario, ha dimostrato come, in condizioni identiche di temperatura e irraggiamento, diversi valori di sfasamento e attenuazione provochino un diverso andamento delle oscillazioni della temperatura superficiale interna.

Stante un valore della temperatura superficiale interna della parete mediamente inferiore di 9°C rispetto alla temperatura

The front masses of the walls all exceed the value of 230 kg/m^2 , being therefore, in legal terms, all effective parameters.

The dynamic regime simulation, on the contrary, demonstrated how, in identical temperature and irradiation conditions, different displacement and attenuation values cause a different state of temperature oscillation on the internal surface.

Apart from an interior surface temperature of the wall that was on average less than

esterna nell'ora di picco massimo (15.00), per tutte le soluzioni analizzate, i grafici di fig. 3 e fig. 4 dimostrano come le oscillazioni della temperatura superficiale interna, comprese tra un minimo di 0,52°C (soluzione E) ad un massimo di 4,03°C (soluzione C), non abbiano relazione alcuna con le variazioni dei corrispondenti valori di trasmittanza.

Si registrano, invece, variazioni della temperatura interna che, nelle tre soluzioni caratterizzate da fattori di attenuazione più alti e masse superficiali più basse, superano, per il numero di ore indicato in fig. 5, il valore limite di 26°C.

CONSIDERAZIONI FINALI

Emerge dallo studio una volontà normativa di privilegiare, almeno nei climi mediterranei, il ricorso a soluzioni costruttive "massive".

9°C compared to the outside temperature at the peak time (15:00), for all the solutions analysed, the graphs in figs. 3 and 4 show how the temperature oscillations on the internal surface, between a minimum of 0.52°C (solution E) and a maximum of 4.03°C (solution C), bear no relation to the variations of the corresponding transmittance values. There are, however, interior temperature variations that, in the three solutions characterised by higher attenuation factors and lower surface masses, exceed the limit value of 26°C for the number of hours indicated in fig. 5.

FINAL CONSIDERATIONS

What emerges from the study is a regulation that wants to privilege, at least in Mediterranean climates, the use of "massive" construction solutions.

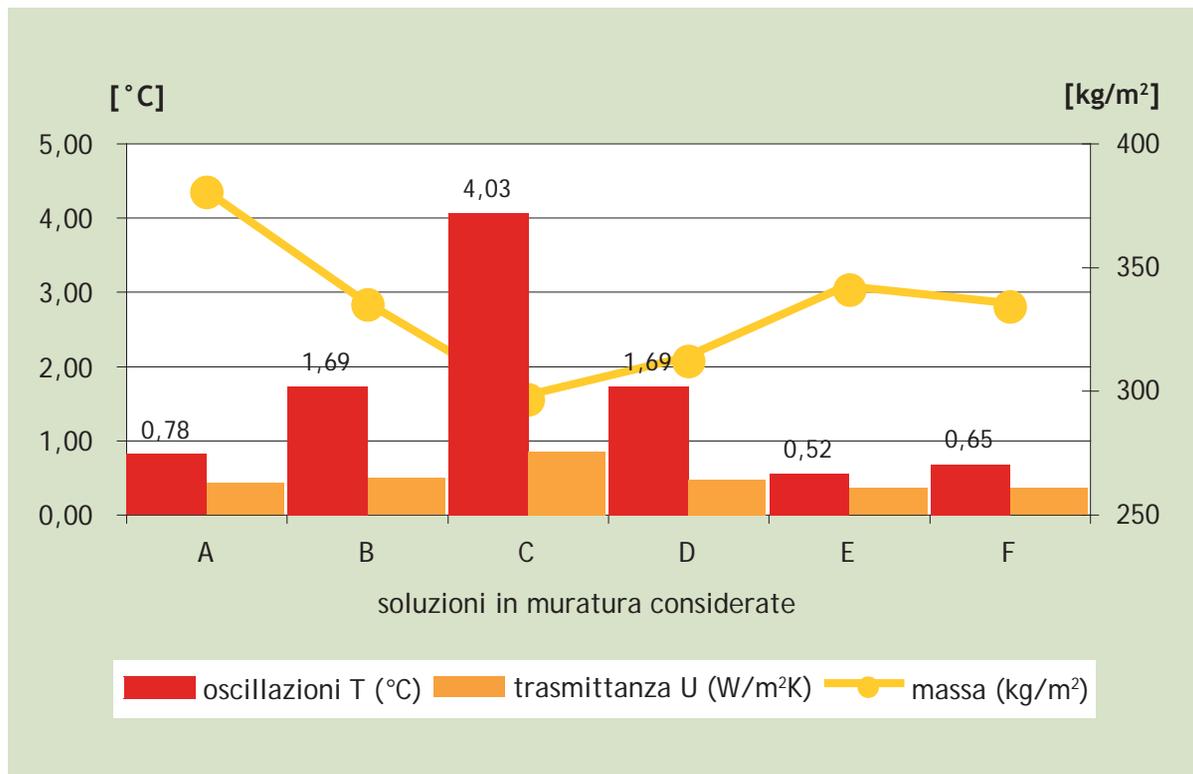


Fig. 4 - Oscillazioni della temperatura superficiale interna in relazione alla massa superficiale e alla trasmittanza della muratura. Oscillations of the internal surface temperature in relation to the surface mass and the wall transmittance.

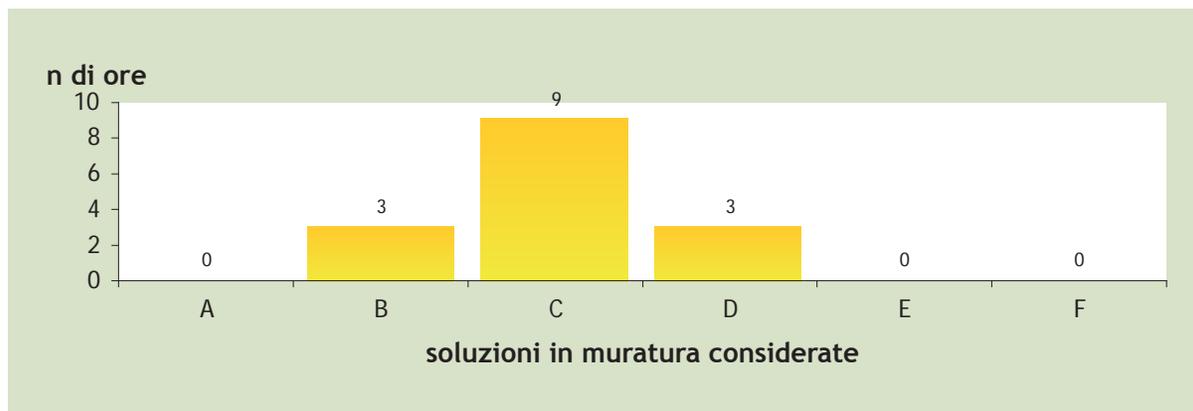


Fig. 5 - Numero di ore/giorno in cui la temperatura superficiale interna supera il valore limite di 26°C. Number of hours/day when the internal surface temperature exceeds the limit value of 26°C.

Le simulazioni hanno confermato l'incidenza della massa sul comportamento estivo delle pareti, ma le verifiche in regime dinamico hanno dimostrato che altri parametri, come il fattore di attenuazione f_a , non solo concorrono in maniera determinante a definire la risposta della soluzione tecnologica, ma caratterizzano in maniera più precisa la prestazione termica dell'elemento, evidenziando anche una potenziale insufficienza dei 230 kg/m² quale valore limite normativo.

Mancando, ad oggi, qualsiasi indicazione correttiva per il calcolo del bilancio energetico in periodo estivo, e alla luce del recente dibattito sulle Linee Guida per la certificazione energetica, il decreto ad oggi sembra voler validare soluzioni tecnologiche che, in condizioni operative, possono non assicurare il comfort consentendo quindi un controllo solo parziale della riduzione dei consumi per il raffrescamento degli edifici.

The simulations confirmed the effect of the mass on the summer behaviour of the walls, but the dynamic regime verifications have shown that other parameters, like the attenuation factor f_a , not only make an important contribution to defining the technological solution, but also effect in a precise manner the thermal performance of the element, highlighting also a potential insufficiency of the 230kg/m² as the regulatory limit value.

Because, up until today, there is a lack of any indication for correcting the calculation of the energy balance in summer, and in the light of the recent debate on the Guidelines for energy certification, the decree seems intent on validating technological solutions that, in operating conditions, cannot ensure comfort, allowing therefore only a partial control of the reduction in energy consumption for cooling the buildings.

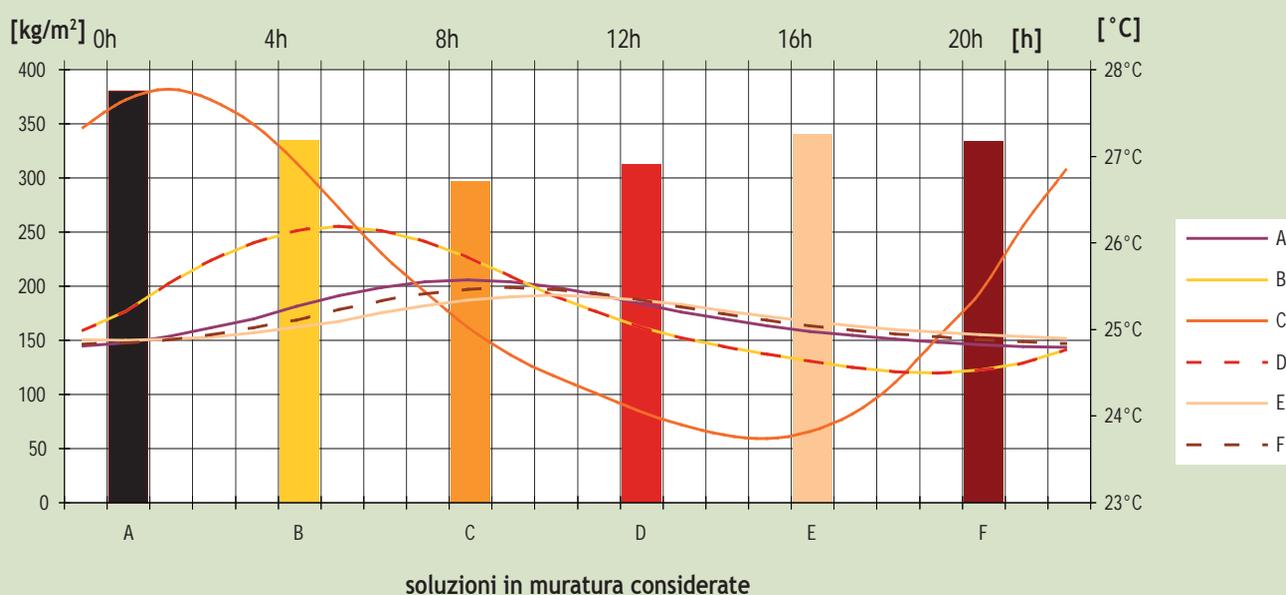


Fig. 6 - Andamento delle temperature superficiali interne in relazione alla massa superficiale della muratura.
State of the internal surface temperatures in relation to the mass of the element.

1. Si ricorda che il valore del FEP può essere ricavato dal FEN secondo la formula: $FEP = (FEN \cdot h \cdot GG) / 3600$.
1. Remember that the value of the FEP can be gained from the FEN with the following formula: $FEP = (FEN \cdot h \cdot GG) / 3600$.
2. La relazione che lega la massa al calore specifico $C = c \times m \times \Delta t$ [J/K] costituisce la misura della capacità termica di un corpo.
2. The formula that binds the mass to the specific heat $C = c \times m \times \Delta t$ [J/K] constitutes the measurement of the thermal capacity of a body.
3. Per una mappa delle località italiane in cui il valore dell'irradiazione supera i 290 W/m² si veda l'articolo *Laterizio: energia e qualità dell'abitare*, di C. Gargari, in "Costruire in Laterizio", n. 112/2006.
3. For a map of the Italian cities where the irradiation value exceeds 290 W/m² see the article *Laterizio: energia e qualità dell'abitare*, by C. Gargari, in "Costruire in Laterizio", n. 112/2006.
4. Allegato I comma 9 lettera c): [...] Gli effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale delle pareti previsti alla lettera b), possono essere raggiunti, in alternativa, con l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare. In tal caso deve essere prodotta una adeguata documentazione e certificazione delle tecnologie e dei materiali che ne attestino l'equivalenza con le predette disposizioni.
4. Attachment I para 9 c): [...] The positive effects that are obtained by respecting the surface mass values of the walls envisaged in b), can be attained, as an alternative, with the use of technologies and materials, even new ones, that allow the temperature oscillations of the area to be contained as a function of the state of the solar irradiation. In such a case adequate documentation has to be produced, as well as certification of the materials and the technologies, that attest to the equivalence with the above-mentioned provisions.
5. Il valore della temperatura superficiale sulla faccia interna dell'elemento non corrisponde alla temperatura operante che si ottiene dalla media tra la temperatura dell'aria interna, calcolata mediante il bilancio energetico dei flussi in entrata e in uscita, e la temperatura media radiante, calcolata mediante il bilancio energetico delle temperature delle superfici che delimitano l'ambiente.
5. The surface temperature on the internal surface of the facade of the element does not correspond to the operating temperature that is obtained from the average of the internal air temperature, calculated using the energy balance of the incoming and outgoing flows and the average radiant temperature, calculated using the energy balance of the temperatures of the surfaces the delimit the area.