

Indicazioni per l'isolamento termico nei capitolati d'appalto: aspetti tecnici ed economici

(Directions about thermal insulation in contract specification:
technical and economic aspects)

M.FILIPPI, docente di Fisica tecnica e impianti, Politecnico di
Torino, Italia

C.AGHEMO, architetto in Torino, Italia

M.MASSA, architetto in Torino, Italia

Sommario - Nel compilare la voce "isolamento termico" di un capitolato di appalto occorre tenere conto dei problemi tecnologici, fisico-tecnici ed energetici alla luce di considerazioni a carattere economico.

Gli Autori propongono delle modalità di compilazione per una specifica tecnica relativa all'isolamento termico di edifici esistenti o di nuova costruzione facendo riferimento alla normativa tecnica esistente e sulla base delle più recenti acquisizioni tecnico-scientifiche.

Abstract - Drawing up the item "thermal insulation" of a contract specification it is necessary to consider technological, thermofisical and energy problems from the economic point of view.

The Authors suggest some formalities for a technical specification about thermal insulation in existing and new building according to the technical rules and to the latest scientific knowledge.

1. PREMESSA

Ai fini del contenimento dei consumi energetici negli edifici l'isolamento termico dell'involucro costituisce, come è noto, un provvedimento di fondamentale importanza.

La progettazione e la realizzazione delle opere di isolamento termico deve però essere effettuata con competenza per evitare l'impiego di materiali inadatti in relazione alle tecnologie costruttive adottate e per garantire nel tempo l'effetto di protezione termica.

Ove esistono specifiche leggi, come ad esempio in Italia (legge 373/76), non è purtroppo raro ritrovare sui testi dei capitolati di appalto delle indicazioni sull'isolamento termico imprecise, facenti genericamente riferimento (a garanzia del progettista, ma non del committente) soltanto all'osservanza della normativa vigente.

A giudizio degli Autori di questo lavoro, che da alcuni anni operano nel settore del risparmio energetico negli edifici esistenti e di nuova costruzione, la progettazione dell'isolamento termico deve essere effettuata con molta attenzione, deve cioè tener conto delle esigenze di benessere all'interno dell'ambiente costruito e delle condizioni climatiche esterne (invernali ed estive) e deve proporre so

luzioni tecnologiche coerenti sotto l'aspetto non solo del risparmio energetico, ma anche della convenienza economica. Inoltre le prestazioni chimiche, igrotermiche e meccaniche dei materiali isolanti, nonché le modalità di messa in opera degli stessi, devono essere sempre precisate dal progettista in relazione alle tecniche costruttive prescelte ed alle effettive esigenze prestazionali preventivamente verificate.

E' dunque senz'altro opportuno che si sviluppi in Italia, così come già avvenuto in altri paesi europei ed extra-europei (si veda ad esempio /1/, /2/, /3/, /4/), una letteratura specifica sull'isolamento termico degli edifici rivolta sia ai professionisti sia agli operatori del settore edilizio ed intesa a dare precise indicazioni da un lato per la verifica del comportamento chimico-fisico delle strutture isolate dall'altro per la compilazione di specifici che voci di capitolato tecnicamente corrette ed esaurienti.

Scopo di questo lavoro è proporre un insieme coerente di note tecniche ed economiche utili per la suddetta compilazione di specifiche voci di capitolato.

2. I REQUISITI DELL'ISOLAMENTO TERMICO E LE PRESTAZIONI DEL MATERIALE ISOLANTE

Nella norma UNI riguardante l'analisi dei requisiti delle chiusure esterne verticali /5/ vengono elencati le interazioni principali e i criteri di valutazione riguardanti i requisiti relativi al comportamento igrotermico. Per quanto riguarda in particolare le chiusure esterne opache, siano esse verticali od orizzontali, pare opportuno raggruppare detti requisiti in insiemi che rispondono essenzialmente alle seguenti esigenze :

- controllo delle condizioni di benessere ambientale;
- controllo dello scambio termico in regime stazionario;
- controllo dello scambio termico in regime non stazionario;
- controllo della diffusione del vapore acqueo.

La rispondenza a dette esigenze può essere verificata con la determinazione dei valori assunti dai seguenti parametri :

- temperatura della superficie rivolta verso l'interno;
- trasmittanza termica unitaria;
- costante di tempo termica;
- permeabilità al vapore acqueo dei singoli strati.

In tab. 1 sono riportati, per memoria, i simboli, le unità di misura e le relazioni analitiche che si riferiscono a detti parametri; per un ulteriore approfondimento del fenomeno della diffusione del vapore acqueo attraverso le chiusure esterne opache e per un esame sintetico dei parametri quantitativi caratterizzanti lo scambio termico in regime stazionario e non si vedano rispettivamente i riferimenti bibliografici /6/ e /7/.

Attualmente la normativa italiana prescrive la verifica indiretta del valore di trasmittanza termica unitaria in quanto impone, nel solo caso di edifici di nuova costruzione, un valore massimo di dispersione termica per differenza unitaria di temperatura fra inter-

no ed esterno e per unità di volume lordo riscaldato; inoltre in qualche caso (edilizia scolastica /8/ ed edilizia residenziale sovvenzionata /9/) sono pure previsti dalla vigente normativa un grossolano controllo del comportamento termico in regime non stazionario ed un controllo della temperatura delle superfici interne.

L'attuale impiego di involucri edilizi isolati termicamente, impiego imposto dalla necessità di contenere i consumi energetici, comporta inevitabilmente l'attuazione, sia in fase progettuale che in fase realizzativa, di tutti i possibili mezzi di verifica dei requisiti dell'isolamento termico e dei livelli prestazionali non solo dei materiali isolanti, ma anche di tutti gli altri materiali costituenti l'involucro.

In tab. 2 sono riportati, a titolo di orientamento, alcuni valori numerici dei parametri rappresentativi dei suddetti requisiti; come si vede, essi sono molto variabili e, anche in assenza di una specifica normativa, dovrebbero sempre essere verificati in fase progettuale al fine di non incorrere in errori difficilmente recuperabili a costruzione finita.

Per quanto riguarda poi i livelli prestazionali dei materiali da costruzione interessati, isolanti termici e non, è ovvio che essi devono essere coerenti con le ipotesi fatte in sede progettuale. Da ciò consegue che, soprattutto per i materiali isolanti, per i quali più variabili sono i valori dei livelli prestazionali, occorre specificare in sede di capitolato tecnico i valori minimi e massimi ammissibili.

3. LA VOCE DI CAPITOLATO "ISOLAMENTO TERMICO"

Un approccio metodologico come quello ora brevemente descritto ha condotto gli Autori alla proposta di una scheda tecnica per gli interventi di isolamento termico del tipo di quella riportata in fig. 1. In essa trovano posto la descrizione dell'intervento, la descrizione delle modalità di messa in opera del materiale isolante e l'elencazione delle prestazioni chimiche, igrotermiche e meccaniche che devono essere oggetto di verifica.

L'individuazione di dette prestazioni è avvenuta per gradi, dopo ampia consultazione della letteratura esistente; sono state comunque osservate le prescrizioni della vigente normativa in materia (cfr. art. 19 del Regolamento di esecuzione della legge 373/76) e sono state di volta in volta scartate le indicazioni di prestazione ritenute superflue.

Dall'analisi compiuta è risultato che la normativa italiana in materia è molto limitata e deve essere frequente il ricorso a norme e prescrizioni di altri paesi.

Con il supporto di schede tecniche del tipo di quella descritta si può compilare la voce di capitolato "isolamento termico" associando a dette schede (una per intervento) un breve testo che richiami le normative considerate e prescriva le condizioni di collaudo in corso lavori.

Per quanto riguarda in particolare il collaudo delle opere di i

isolamento termico, stante l'attuale mancanza di una adeguata strumentazione per le prove in campo, permangono tuttora notevoli perplessità. L'unico strumento della Direzione Lavori è la verifica dei livelli prestazionali dei materiali isolanti impiegati e la verifica della corretta messa in opera degli stessi; ciò comporta il ricorso da un lato ad Istituti di certificazione delle prestazioni di provata serietà e dall'altro a manodopera specializzata e qualificata.

4. L'EFFICACIA ENERGETICA DELL'ISOLAMENTO TERMICO E LE VALUTAZIONI ECONOMICHE CONSEGUENTI

Come è noto, l'efficacia energetica di un intervento di isolamento termico è connessa con il valore di trasmittanza termica che viene ad assumere la struttura coibentata a seguito dell'intervento: quanto minore è la trasmittanza termica tanto minore sono le dispersioni attraverso la struttura stessa. E' altresì noto che nel momento in cui si addiziona una resistenza termica (materiale isolante) ad una struttura originariamente non coibentata il decremento di trasmittanza termica non avviene con legge lineare (fig. 2) e quindi l'efficacia energetica di un intervento di isolamento termico non è direttamente proporzionale allo spessore di materiale isolante adottato.

Si vuole qui sottolineare che in fase progettuale deve sempre essere compiuta, caso per caso, una valutazione tecnico-economica per individuare gli spessori di materiale isolante economicamente più convenienti per ogni singolo elemento di involucro in relazione alla sua incidenza sulle dispersioni dell'intero involucro.

In fig. 3 è illustrato in forma schematica un esempio di applicazione dei concetti su esposti; noti i costi attribuibili ai vari interventi di isolamento termico, la convenienza economica dell'una o dell'altra soluzione può poi essere valutata con le consuete formule del "pay-back period" o della "redditività interna" /10/.

E' possibile ritrovare valori ottimali di isolamento termico superiori a quelli prescritti dalla vigente normativa, ma per l'effettuazione di una valutazione tecnico-economica di questo tipo e per l'applicazione dei risultati da essa derivanti si incontrano essenzialmente due difficoltà: una riguarda il reperimento di valori di costo degli interventi di isolamento termico affidabili; l'altra riguarda l'atteggiamento della committenza che, nel caso frequente in cui essa non coincide con l'utenza, preferisce un immediato minor investimento ad un futuro maggior risparmio.

Per quanto riguarda la determinazione dei costi di intervento è senz'altro auspicabile il consolidamento di un mercato dell'isolamento termico avente caratteristiche di trasparenza e di stabilità; d'altronde le suddette richieste di livelli prestazionali garantiti per i materiali isolanti (fig. 1) possono essere soddisfatte solo in presenza di detto mercato.

Per quanto riguarda invece l'atteggiamento della committenza occorre distinguere il caso in cui coincide con l'utenza dal caso op-

posto. Infatti nella prima ipotesi essa risulta sensibile ai problemi del risparmio energetico e tende ad affidare al progettista l'incarico di verificare le condizioni di isolamento termico ottimale al di là dei limiti di legge, mentre nella seconda ipotesi essa non è direttamente interessata al risparmio energetico, che verrà peraltro capitalizzato dall'utenza, e non reagisce se non in presenza di un incentivo economico.

Nel disegno di legge 2383 /11/, attualmente in discussione presso la Camera dei Deputati, sono appunto previsti incentivi economici per opere di rinforzo dell'isolamento termico al di là dei limiti imposti dalla vigente normativa, al fine di superare la suddetta difficoltà operativa.

Una via per incentivare il risparmio energetico in sede di appalto edilizio è certamente quella imboccata dalla Regione Piemonte che, per gli interventi edilizi di sua competenza in base alla legge 457/78 /12/, ha stabilito un ribasso virtuale dell'importo a base d'asta in funzione della riduzione del coefficiente volumico di dispersione termica (C_d) prescritto dalla legge 373/76 (tab. 3).

Questa via non appare però del tutto corretta in quanto vi è il riferimento a valori numerici espressi in percentuale, mentre nel momento in cui vengono effettuati i calcoli a carattere finanziario /10/ devono sempre essere confrontati i valori numerici assoluti del risparmio e dell'investimento.

E' allo studio da parte degli Autori una formulazione più complessa della relazione esistente fra il valore del risparmio energetico ed il valore dell'investimento aggiuntivo (virtualmente riduttivo dell'importo a base d'asta) per il rinforzo dell'isolamento termico. Detta formulazione dovrà contenere alcune grandezze rappresentative della zona climatica in cui si opera, della tipologia impiantistica e delle modalità di gestione dell'impianto; inoltre in essa dovranno essere esplicitati sia il costo dell'unità energetica sia gli anni di ritorno dell'investimento assunti come riferimento.

BIBLIOGRAFIA

- /1/ Comité Français de l'Isolation (C.F.I.)
Guide pratique de l'isolation thermique des bâtiments
Ed. Eyrolles, Paris, 1977.
- /2/ Centre d'Assistance Technique et de Documentation (CATED)
Isolants Thermiques
Documentation française du bâtiment, Ed. Moniteur, Paris, 1979.
- /3/ Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (ANAH)
Techniques & produits pour l'amélioration de l'habitat
Ed. Moniteur, Paris, 1981.
- /4/ Office of Technology Assessment (O.T.A.), Congress of USA
Appendix A - Insulation
Residential Energy Conservation, vol. I, Washington, 1979.

- /5/ Norma UNI 7959 - Edilizia
Chiusure esterne verticali, Analisi dei requisiti.
- /6/ K.SEIFFERT
Damp diffusion and buildings
Elsevier Publishing Company Limited, 1970.
- /7/ B.BONI-CASTAGNETTI, M.CALI', G.VERONESI
Un campione di componenti tratti dalla Banca Dati Automatica
dei componenti edilizi
Atti del Terzo Seminario Informativo su "Risparmio di energia
nel riscaldamento degli edifici", P.F.E.-C.N.R., 1980.
- /8/ M.P.I. - Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975
"Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica,
ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edi-
lizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di edili-
zia scolastica".
- /9/ Circolare M.LL.PP. 22 maggio 1967, n. 3151
"Criteri di valutazione delle grandezze atte a rappresentare
le proprietà termiche, igrometriche, di ventilazione e di il-
luminazione nelle costruzioni edilizie.
- /10/ V.FERRO, M.FILIPPI, L.LASTELLA
L'analisi degli investimenti nel settore del risparmio energe-
tico
Energie Alternative H.T.E., n. 9, gennaio-febbraio 1981.
- /11/ Camera dei Deputati - Disegno di legge n. 2383
"Norme sul contenimento dei consumi energetici, lo sviluppo
delle fonti rinnovabili di energia e l'esercizio di centrali
elettriche alimentate con combustibili diversi dagli idrocar-
buri".
- /12/ Legge 5 agosto 1978, n. 457
Norme per l'edilizia residenziale.
- /13/ L.LENTINI
Capitolato speciale di appalto per lavori edilizi
Ed. Pantano, Messina.
- /14/ Capitolato speciale tipo per appalto di lavori edilizi
Ed. Pirola, Milano, 1981.

TAB. 1 - PARAMETRI QUANTITATIVI CARATTERIZZANTI LE CHIUSURE ESTERNE OPACHE

PARAMETRO	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RELAZIONE ANALITICA
temperatura della superficie interna	t_{pi}	$^{\circ}\text{C}$	$t_{pi} = t_i - \frac{K}{\alpha_i} (t_i - t_e)$ t_i temperatura dell'aria interna ($^{\circ}\text{C}$) t_e temperatura dell'aria esterna ($^{\circ}\text{C}$) K trasmittanza termica unitaria ($\text{W/m}^2\text{C}$) α_i adduttanza termica interna ($\text{W/m}^2\text{C}$)
trasmittanza termica unitaria	K	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}}$	$K = \left(\frac{1}{\alpha_i} + \sum_i \frac{s_i}{\lambda_i} + \sum_j \frac{1}{C_j} + \frac{1}{\alpha_e} \right)^{-1}$ α_i adduttanza termica interna ($\text{W/m}^2\text{C}$) s_i spessore (m) λ_i conduttività termica ($\text{W/m}^{\circ}\text{C}$) C_j conduttanza termica unitaria ($\text{W/m}^2\text{C}$) α_e adduttanza termica esterna ($\text{W/m}^2\text{C}$)
costante di tempo termica (Thermal Time Constant)	TTC	ore	$\text{TTC} = \sum_i \frac{Q_{ai}}{K_i^*}$ $Q_{ai} = \rho_i \cdot s_i \cdot c_i$ $\frac{1}{K_i^*} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{s_{i-1}}{\lambda_{i-1}} + \frac{1}{2} \frac{s_i}{\lambda_i}$ ρ_i massa volumica (kg/m^3) s_i spessore (m) c_i calore massico ($\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C}$) α_e adduttanza termica esterna ($\text{W/m}^2\text{C}$) λ_i conduttività termica ($\text{W/m}^{\circ}\text{C}$)
permeabilità al vapore acqueo	μ	$\frac{\text{kg}}{\text{s mPa}}$	cfr. metodo di Glaser

TAB. 2 - ALCUNI VALORI DEI PARAMETRI QUANTITATIVI CARATTERIZZANTI LE CHIUSURE ESTERNE OPACHE

TIPOLOGIA DI INVOLUCRO	t_{pi} (°) (°C)	K (W/m ² °C)	TTC (h)	CONDENSAZIONE NELLA MASSA (°°)
- parete perimetrale costituita da doppio tavolato in laterizio forato con interposto materiale isolante	18,1	0,51	69	sì
- parete perimetrale in calcestruzzo con isolante dall'esterno	17,7	0,60	169	no
- parete perimetrale in calcestruzzo con isolante dall'interno	17,7	0,60	31	sì
- copertura piana in calcestruzzo e laterizio con isolante dall'interno	18,1	0,56	35	sì
(°) con $(t_i - t_e) = 30^\circ\text{C}$ (°°) verificata con il metodo di Glaser, $t_i = +20^\circ\text{C}$, $\varphi_i = 50\%$, $t_e = -10^\circ\text{C}$, $\varphi_e = 80\%$				

TAB. 3 - RIDUZIONE DELLE DISPERSIONI TERMICHE E CONSEGUENTI RIBASSI DELL'IMPORTO A BASE D'ASTA (REGIONE PIEMONTE - DISCIPLINARE D'APPALTO LEGGE N° 457/78)

<u>DISPERSIONI TERMICHE EFFETTIVE</u> DISPERSIONI TERMICHE AMMISSIBILI	RIDUZIONE VIRTUALE DELL'IMPORTO A BASE D'ASTA
10%	1%
15%	1,8%
20%	3%

FIG. 1 - SCHEDA TECNICA PER INTERVENTI DI ISOLAMENTO TERMICO

ISOLAMENTO TERMICO DI	SCHEDA TECNICA N.																																																																								
DESCRIZIONE DELLE OPERE																																																																									
MODALITA' DI ESECUZIONE																																																																									
PRESTAZIONI DEL MATERIALE ISOLANTE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; padding: 2px;">LIVELLI PRESTAZIONALI:</th> <th colspan="2" style="text-align: left; padding: 2px;">NORME DI ACCETTAZIONE</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%; padding: 2px;">AMMISSIBILI</th> <th style="width: 50%; padding: 2px;">GARANTITI (1)</th> <th style="width: 50%; padding: 2px;">RICHIESTA DI CERTIFICATO</th> <th style="width: 50%; padding: 2px;">NORMATIVA DI RIFERIMENTO</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">CONDUCIBILITA' TERMICA $\frac{[W/m^{\circ}C]}{a \text{ temp. } ^{\circ}C}$ $a \text{ umidità } \%$</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">CALORE SPECIFICO $\frac{[kJ/kg^{\circ}C]}{}$</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">DENSITA' $\frac{[kg/m^3]}{}$</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">TEMPERATURA MASSIMA DI IMPIEGO $\frac{[^{\circ}C]}{}$</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">PERMEABILITA' AL VAPORE ACQUEO $\frac{[g/h m Pa]}{}$</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">ASSORBIMENTO DI ACQUA $\frac{[\% \text{ in }]}{}$</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">CAPILLARITA'</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">COEFFICIENTE DI DILATAZIONE</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">RESISTENZA A COMPRESSIONE $\frac{[kPa]}{}$</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">RESISTENZA A FLESSIONE $\frac{[kPa]}{}$</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">TOLLERANZE DIMENSIONALI $\frac{[mm]}{}$ - lunghezza - larghezza - spessore</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">STABILITA' DIMENSIONALE</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">COMPORTAMENTO AL FUOCO</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">IMPUTRESCIBILITA' E INERZIA CHIMICA</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">TOSSICITA'</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">PERIODO DI GARANZIA DELLE PRESTAZIONI $\frac{[anni]}{}$</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	LIVELLI PRESTAZIONALI:		NORME DI ACCETTAZIONE		AMMISSIBILI	GARANTITI (1)	RICHIESTA DI CERTIFICATO	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	CONDUCIBILITA' TERMICA $\frac{[W/m^{\circ}C]}{a \text{ temp. } ^{\circ}C}$ $a \text{ umidità } \%$				CALORE SPECIFICO $\frac{[kJ/kg^{\circ}C]}{}$				DENSITA' $\frac{[kg/m^3]}{}$				TEMPERATURA MASSIMA DI IMPIEGO $\frac{[^{\circ}C]}{}$				PERMEABILITA' AL VAPORE ACQUEO $\frac{[g/h m Pa]}{}$				ASSORBIMENTO DI ACQUA $\frac{[\% \text{ in }]}{}$				CAPILLARITA'				COEFFICIENTE DI DILATAZIONE				RESISTENZA A COMPRESSIONE $\frac{[kPa]}{}$				RESISTENZA A FLESSIONE $\frac{[kPa]}{}$				TOLLERANZE DIMENSIONALI $\frac{[mm]}{}$ - lunghezza - larghezza - spessore				STABILITA' DIMENSIONALE				COMPORTAMENTO AL FUOCO				IMPUTRESCIBILITA' E INERZIA CHIMICA				TOSSICITA'				PERIODO DI GARANZIA DELLE PRESTAZIONI $\frac{[anni]}{}$			
LIVELLI PRESTAZIONALI:		NORME DI ACCETTAZIONE																																																																							
AMMISSIBILI	GARANTITI (1)	RICHIESTA DI CERTIFICATO	NORMATIVA DI RIFERIMENTO																																																																						
CONDUCIBILITA' TERMICA $\frac{[W/m^{\circ}C]}{a \text{ temp. } ^{\circ}C}$ $a \text{ umidità } \%$																																																																									
CALORE SPECIFICO $\frac{[kJ/kg^{\circ}C]}{}$																																																																									
DENSITA' $\frac{[kg/m^3]}{}$																																																																									
TEMPERATURA MASSIMA DI IMPIEGO $\frac{[^{\circ}C]}{}$																																																																									
PERMEABILITA' AL VAPORE ACQUEO $\frac{[g/h m Pa]}{}$																																																																									
ASSORBIMENTO DI ACQUA $\frac{[\% \text{ in }]}{}$																																																																									
CAPILLARITA'																																																																									
COEFFICIENTE DI DILATAZIONE																																																																									
RESISTENZA A COMPRESSIONE $\frac{[kPa]}{}$																																																																									
RESISTENZA A FLESSIONE $\frac{[kPa]}{}$																																																																									
TOLLERANZE DIMENSIONALI $\frac{[mm]}{}$ - lunghezza - larghezza - spessore																																																																									
STABILITA' DIMENSIONALE																																																																									
COMPORTAMENTO AL FUOCO																																																																									
IMPUTRESCIBILITA' E INERZIA CHIMICA																																																																									
TOSSICITA'																																																																									
PERIODO DI GARANZIA DELLE PRESTAZIONI $\frac{[anni]}{}$																																																																									
<p>NOTE</p> <p>(1) da specificare in sede di offerta</p>																																																																									

FIG. 2 - DECREMENTO DELLA TRASMITTANZA TERMICA UNITARIA K DI UN ELEMENTO DI INVOLUCRO IN FUNZIONE DELLA RESISTENZA TERMICA ADDIZIONALE R_a .

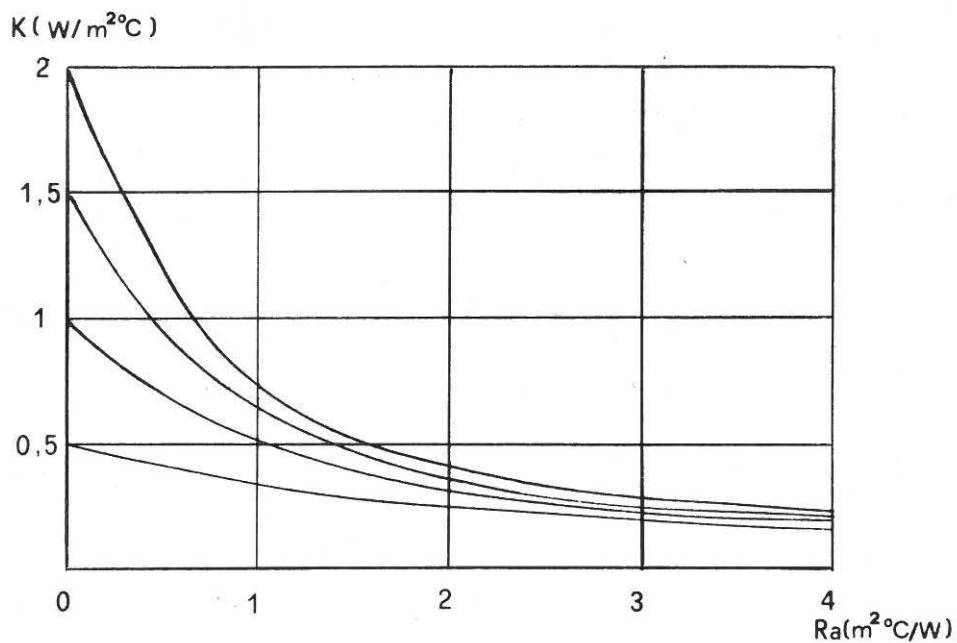






FIG. 3 - EFFICACIA ENERGETICA DI INTERVENTI DI ISOLAMENTO TERMICO

SITUAZIONE ORIGINARIA			
	Elemento di involucro	Superficie (%)	Trasmittanza termica ($W/m^2\text{°C}$)
	parete perimetrale opaca	40	1,3
	parete perimetrale vetrata	12	6,0
	copertura	10	2,2
	orizzontamento inferiore	10	1,9
	altre superfici disperdenti	28	1,2
$K_m = 2,0 W/m^2\text{°C}$			

PROVVEDIMENTI ADOTTABILI E SITUAZIONE CONSEGUENTE			
I n t e r v e n t o		Resistenza termica addizionale ($m^2\text{°C/W}$)	Trasmittanza termica media ($W/m^2\text{°C}$)
	isolamento parete perimetrale opaca	1	1,69
		2	1,61
	isolamento copertura	1	1,83
		2	1,81
	isolamento orizzontamento inferiore	1	1,86
		2	1,83