

ALLEGATO TECNICO

Estratto ed adattato dalla delibera della G.P. n. 2190 dd. 13/9/02

1. REQUISITI OBBLIGATORI PER LA QUALIFICAZIONE DI “EDIFICIO A BASSO CONSUMO E A BASSO IMPATTO AMBIENTALE”

Per essere qualificata come “edificio a basso consumo e a basso impatto ambientale”, la costruzione deve soddisfare i seguenti requisiti minimi obbligatori:

1.1 CONSUMI ENERGETICI

1.1.1 Coefficiente volumico Cd di progetto dell’edificio $< 70\%$ Cd massimo ammissibile

Il coefficiente di dispersione volumica Cd di progetto va calcolato secondo UNI 10379 e UNI 7357.

Attualmente il Cd massimo ammissibile è quello indicato nel D.M. 30 luglio 1986.

1.1.2 Trasmittanza unitaria media delle pareti opache (U o K) $< 0,6 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$

La trasmittanza va determinata secondo UNI 7357 (Calcolo del fabbisogno termico per riscaldamento degli edifici). Per quanto riguarda le proprietà dei materiali (conduttività termica o resistenza termica), se il produttore non certifica il *valore utile di calcolo per il materiale in opera* (inclusi gli effetti dell’invecchiamento e dell’umidità di costruzione), queste andranno desunte dalla norma UNI 10351 (Materiali da costruzione - valori della conduttività termica e permeabilità al vapore) e/o dalla norma UNI 10355 (Materiali da costruzione - valori della resistenza termica e metodi di calcolo).

1.1.3 Trasmittanza unitaria media dei serramenti (U o K) $< 2,5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$

La trasmittanza media dei serramenti (inclusiva del telaio e delle superfici vetrate) va determinata secondo UNI 10345 (Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Trasmittanza termica dei componenti finestrati - metodo di calcolo).

1.1.4 Indice di consumo energetico per riscaldamento:

L’edificio deve rispettare un *Indice di consumo per riscaldamento* “ I_{en} ” (kWh/mq), stabilito in funzione della volumetria e dei Gradi - Giorno, secondo la tabella sotto riportata:

Tabella 1. Valore massimo di I_{en} in funzione del volume e dei Gradi-giorno.

Gradi-Giorno	Volume lordo riscaldato minore di 1500 mc. (kWh/mq)	Volume lordo riscaldato maggiore di 1500 mc. (kWh/mq)
$GG \leq 3.000$	60	55
$3000 < GG \leq 3500$	70	60
$3500 < GG \leq 4000$	80	65
$GG > 4000$	90	70

L'indice di consumo energetico per riscaldamento I_{en} e il relativo metodo di calcolo sono definiti al paragrafo seguente e nelle Appendici allegate.

1.1.5) Indice di valutazione del fabbisogno energetico per riscaldamento

Per valutare, sin dalla fase di progetto, il fabbisogno di energia per riscaldamento viene utilizzato un *Indice di valutazione del fabbisogno energetico per riscaldamento*.

L'indice di valutazione I_{en} si basa sul rapporto tra il fabbisogno energetico utile stagionale (per mantenere la temperatura di progetto in regime di funzionamento continuo) Q_h e la superficie utile calpestabile degli ambienti riscaldati S_{risc} :

$$I_{en} = \frac{Q_h}{S_{risc}} \quad \left[\text{kJ/m}^2 \text{ o } \text{kWh/m}^2 \right]$$

Il calcolo di Q_h va effettuato secondo le norme UNI 10344 sommando per tutti i mesi compresi nel periodo di riscaldamento (da ottobre a aprile per i Comuni della Provincia di Trento che rientrano tutti nelle zone climatiche E o F) il *fabbisogno energetico utile mensile necessario per garantire la temperatura di progetto in regime di funzionamento continuo* come indicato al punto 13 della norma citata. Gli apporti energetici dovuti alle sorgenti interne (punto 11.1 della norma citata) possono essere considerati nella misura forfettaria di 20 kWh/m² anno.

In alternativa si può utilizzare il metodo semplificato ispirato alla norma europea EN 832 riportato nell'appendice A.

Al fine di semplificare i calcoli necessari, il rispetto dei valori prescritti per *l'indice di valutazione del fabbisogno energetico* si intende assolto qualora le strutture perimetrali ed i componenti dell'edificio osservino i valori dei parametri tecnici riportati nella tabella seguente; resta salva la facoltà del progettista di proporre soluzioni specifiche, nel rispetto dell'indice di consumo.

Nel caso di interventi di manutenzione straordinaria di edifici o di parti di edifici, i valori delle trasmittanze riportate nelle tabelle seguenti rappresentano il limite massimo da assumere come requisito progettuale per le specifiche strutture interessate dagli interventi.

Tabella 2. Valore dei parametri tecnici per il rispetto dell'indice I_{en} – Volume inf. a 1500 mc

EDIFICI CON VOLUME LORDO RISCALDATO MINORE DI 1.500 METRI CUBI						
Gradi-Giorno	Indice di consumo	Trasmittanza pareti (W/mq°C)	Trasmittanza pavimenti	Trasmittanza coperture	Trasmittanza media vetri	Ventilazione forzata con recupero s/n
GG ≤ 3.000	60	0,40	0,40	0,25	1,30	n
3000 < GG ≤ 3500	70	0,35	0,30	0,20	1,30	n
3500 < GG ≤ 4000	80	0,40	0,40	0,20	1,30	s
GG > 4000	90	0,40	0,30	0,20	1,30	s

Tabella 3. Valore dei parametri tecnici per il rispetto dell'indice Ien – Volume sup. a 1500 mc

EDIFICI CON VOLUME LORDO RISCALDATO MAGGIORE DI 1.500 METRI CUBI						
Gradi-Giorno	Indice di consumo	Trasmittanza pareti	Trasmittanza pavimenti	Trasmittanza coperture	Trasmittanza media vetri	Ventilazione forzata con recupero s/n
GG ≤ 3.000	55	0,40	0,35	0,25	1,30	n
3000 < GG ≤ 3500	60	0,30	0,30	0,20	1,30	n
3500 < GG ≤ 4000	65	0,40	0,35	0,20	1,30	s
GG > 4000	70	0,30	0,30	0,20	1,30	s

1.2 EMISSIONI NELL'ATMOSFERA

1.2.1) **Acqua calda sanitaria: l'energia termica non deve provenire da fonte elettrica.**

Non sono installabili tipologie di impianti nei quali la preparazione dell'acqua calda sanitaria sia effettuata mediante impiego dell'elettricità (ad es. mediante scaldabagno elettrico o apparato similare).

1.2.2) **Generatore di calore ad alto rendimento**

Il generatore di calore (caldaia) dovrà essere del tipo a bassa emissione di ossidi di azoto (NOx) e ad altissimo rendimento e a bassa produzione di emissioni secondo quanto previsto dalla Delibera dei criteri approvata con provvedimento della Giunta provinciale n. 2190 del 13/9/2002.

Gli edifici costituiti da più di due unità immobiliari debbono utilizzare un unico impianto centralizzato.

Gli edifici muniti di sistema di ventilazione forzata debbono prevedere un sistema di recupero di calore dall'aria espulsa.

2. REQUISITI FACOLTATIVI : USO DI RISORSE RINNOVABILI

Oltre all'osservanza dei requisiti minimi obbligatori, l'edificio a basso consumo e a basso impatto ambientale può essere caratterizzato dall'impiego di tecnologie per lo sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili e/o da metodologie di progettazione che, impiegate appropriatamente in relazione ai profili d'uso, ne possono ridurre ulteriormente fabbisogni ed emissioni. Si riporta di seguito un elenco non esaustivo delle possibili implementazioni tecnologiche e progettuali:

2.1) UTILIZZO DI PANNELLI SOLARI PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA.

2.2) UTILIZZO DI LEGNAME NELLA REALIZZAZIONE DELLE STRUTTURE DELL'EDIFICIO.

2.3) UTILIZZO DI LEGNA COME COMBUSTIBILE PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA.

2.4) REALIZZAZIONE DI SISTEMI DI RACCOLTA DELL'ACQUA PIOVANA PER L'IRRIGAZIONE DI GIARDINI E ALTRE UTILIZZAZIONI NON POTABILI.

2.5) UTILIZZO DI PANNELLI FOTOVOLTAICI PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA.

2.6) DISPOSITIVI PER L'UTILIZZO DI ACQUA CALDA SANITARIA IN SOSTITUZIONE DI QUELLA RISCALDATA ELETTRICAMENTE NEGLI ELETTRODOMESTICI PER IL LAVAGGIO DI STOVIGLIE E BIANCHERIA.

2.7) IMPIEGO DI TECNICHE BIOCLIMATICHE NELLA COSTRUZIONE DELL'EDIFICIO.

Appendice A

Metodo di calcolo semplificato del fabbisogno energetico utile stagionale Q_h

A.1 Fabbisogno energetico stagionale

Il fabbisogno energetico stagionale Q_h è dato da:

$$Q_h = Q_T + Q_V - \eta_u Q_G \quad [\text{kJ o kWh}]$$

dove:

Q_T è l'energia dispersa per trasmissione attraverso l'involucro;

Q_V l'energia necessaria per la ventilazione;

Q_G è il contributo dovuto agli apporti energetici gratuiti;

η_u il fattore di utilizzo, che tiene conto del comportamento dinamico dell'edificio (inerzia termica delle strutture).

A.2 Energia dispersa per trasmissione attraverso l'involucro:

L'energia dispersa per trasmissione attraverso l'involucro Q_T è data da:

$$Q_T = \frac{Cd \times V \times \text{gradigiorno} \times 86400}{1000} [\text{kJ}]$$

$$Q_T = \frac{Cd \times V \times \text{gradigiorno} \times 24}{1000} [\text{kWh}]$$

dove:

Cd è il coefficiente di dispersione volumica di progetto calcolato secondo UNI 10379 e UNI 7357;

Il numero di *gradi giorno* per il Comune considerato va ricavato dal D.P.R 26 agosto 1993, n.412;

V è il volume lordo degli ambienti riscaldati.

A.3 Energia necessaria per ventilazione:

L'energia necessaria per la ventilazione Q_V (con riferimento imposto al valore di 0,5 vol/h) è data da:

$$Q_V = \frac{\left(\frac{0,5}{3600}\right) \times 1200 \times V_{\text{riscaldato}} \times \text{gradigiorno} \times 86400}{1000} [\text{kJ}]$$

$$Q_V = \frac{0,5 \times 0,34 \times V \times \text{gradigiorno} \times 24}{1000} [\text{kWh}]$$

dove:

Il numero di *gradi giorno* per il Comune considerato va ricavato dal D.P.R 26 agosto 1993, n.412;

V è il volume lordo degli ambienti riscaldati.

e avendo assunto il calore specifico a pressione costante dell'aria $c_p = 1000 \text{ J/(kg K)}$ e la densità dell'aria $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$.

Nel caso sia presente un sistema di ventilazione forzata il calcolo andrà effettuato secondo quanto previsto dalla norma UNI 10344 o EN 832

A.4 Apporti energetici gratuiti:

L'energia dovuta agli apporti energetici gratuiti Q_G è data da:

$$Q_G = Q_S + Q_I$$

dove:

Q_S è il contributo dovuto alla radiazione solare;

Q_I l'apporto di energia dovuto alle sorgenti interne:

$$Q_I = 72 \times S_{risc} \text{ [MJ];}$$

$$Q_I = 20 \times S_{risc} \text{ [kWh];}$$

Per il calcolo del contributo dovuto alla radiazione solare Q_S vengono qui considerati solo i contributi dovuti alla radiazione solare che penetra nella zona riscaldata attraverso i componenti trasparenti (finestre), essendo usualmente trascurabili gli apporti dovuti alle superfici esterne opache (cfr. EN 832 - Annex D).

Nel caso si ritenga che questi apporti siano importanti o vengano utilizzati componenti edilizi speciali (serre solari, etc.) vanno effettuati calcoli più dettagliati come suggerito dalla UNI 10344 Appendice F o EN 832 Annex D.

Il contributo dovuto alla radiazione solare Q_S è dato in generale da:

$$Q_S = 1000 \times \sum_{j=1}^e I_{s,j} \sum_i^v A_{e,ji} \text{ [kJ]} \qquad Q_S = 1000 \times \frac{\sum_{j=1}^e I_{s,j} \sum_i^v A_{e,ji}}{3600} \text{ [kWh]}$$

dove:

$I_{s,j}$ è l'irradiazione solare globale stagionale incidente sulla parete con esposizione j espressa in MJ;

e è il numero di esposizioni;

$A_{s,ji}$ è l'area equivalente della i -esima superficie trasparente (porta, finestra, etc.) con esposizione j ;

v è il numero di pareti con esposizione j ;

A.4.1 Irradiazione solare

L'irradiazione solare globale stagionale I_s , nelle varie direzioni per la provincia di Trento (Lat. 46° 03' Long. 11° 07' Est) può essere desunta dalla tabella seguente (valori in MJ/m²) che riporta i totali per il periodo ottobre-aprile, ricavata dalla norma UNI 10349

Tabella A.1

Irradiazione solare stagionale (ottobre-aprile) per la provincia di Trento (valori in MJ / m²).

N	NO	O	SO	S	SE	E	NE	Orizz. diffusa	Orizz. diretta
586,5	822,5	1475,8	2090,0	2383,3	2090,0	1475,8	822,5	765,0	1161,3

A.4.2 Area equivalente delle superfici trasparenti

L'area equivalente di una superficie trasparente A_s , quale una finestra, viene determinata come segue:

$$A_s = A F_s F_c F_f g \text{ [m}^2\text{]}$$

dove:

A è l'area dell'apertura realizzata nella parete (area lorda del serramento) espressa in m²;

F_S è il fattore di schermatura, compreso tra 0 e 1, che tiene conto di eventuali ostruzioni esterne dovute all'orografia o ad altri elementi;

F_C è il coefficiente di riduzione dovuto a schermi interni e/o esterni (tendaggi o similari);

F_F è il coefficiente di riduzione dovuto al telaio (rapporto tra superficie vetrata netta e superficie totale) che in assenza di dati specifici può essere assunto pari a 0,87;

g è la trasmittanza solare totale media dell'elemento vetrato;

A.4.2.1 Fattore di schermatura

Il fattore di schermatura F_S , secondo EN832, è dato da:

$$F_S = F_O F_{AO} F_{AV}$$

dove:

F_O è il coefficiente di ombreggiatura dovuto ad ostruzioni esterne (es. orografia o fabbricati limitrofi);

F_{AO} è il coefficiente di ombreggiatura dovuto ad aggetti orizzontali sovrastanti l'apertura;

F_{AV} è il coefficiente di ombreggiatura dovuto ad aggetti verticali disposti lateralmente rispetto all'apertura;

Il coefficienti di ombreggiatura stagionali per periodi di riscaldamento compresi tra ottobre ed aprile sono indicati nelle tabelle seguenti. Valori per angoli e orientazione intermedi si possono ottenere per interpolazione

Tabella A2: coefficiente di ombreggiatura F_O per ostruzioni esterne (da EN 832)

Angolo con l'orizzonte	Sud	Est/Ovest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	0,95	1,00
20°	0,83	0,81	0,98
30°	0,61	0,69	0,94
40°	0,45	0,60	0,90

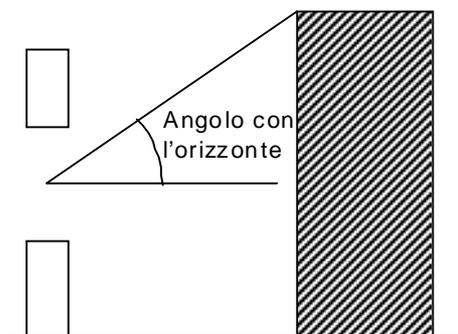


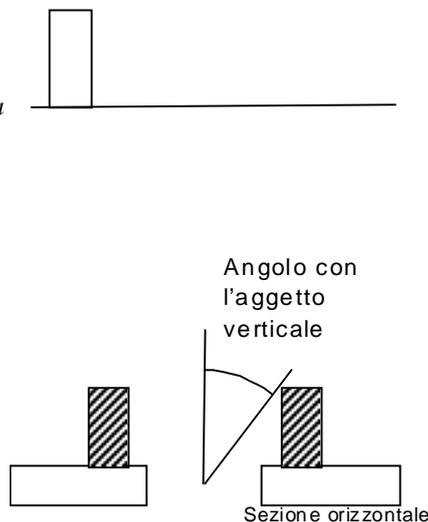
Tabella A3: coefficiente di ombreggiatura F_{AO} per aggetti orizzontali (da EN 832)

Angolo con l'aggetto orizzontale	Sud	Est/Ovest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
30°	0,90	0,89	0,91
45°	0,74	0,76	0,80
60°	0,51	0,58	0,66



Tabella A4: coefficiente di ombreggiatura F_{AV} per aggetti verticali (da EN 832)

Angolo con l'aggetto verticale	Sud	Est/Ovest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
30°	0,94	0,92	1,00
45°	0,84	0,84	1,00
60°	0,72	0,75	1,00



A.4.2.2 Coefficiente di riduzione dovuto a schermi interni o esterni

Per edifici destinati a uso civile abitazione aventi volume inferiore a 1500 m³ si può assumere per il coefficiente di riduzione F_C un valore pari a 0,8 (tende bianche interne)

Negli altri casi il coefficiente di riduzione F_C dovuto a schermi interni e/o esterni (quali tendaggi o similari) può, in assenza di dati forniti dal costruttore, essere desunto dalla tabella seguente:

Tabella A.5 Coefficiente di riduzione F_C dovuto a schermi interno o esterni (da UNI 10344)

Tipo schermatura	Coeff. di assorbimento ottico	Coeff. di trasmissione ottico	Coefficiente di riduzione F_C per schermo interno	Coefficiente di riduzione F_C per schermo esterno
Tende alla veneziana	0,1	0,05	0,25	0,10
		0,10	0,30	0,25
		0,30	0,45	0,35
Tende bianche	0,1	0,50	0,65	0,55
		0,70	0,80	0,75
		0,90	0,95	0,95
Tessuti colorati	0,2	0,10	0,42	0,17
		0,30	0,57	0,37
		0,50	0,77	0,57

I valori indicati in tabella si riferiscono a schermi completamente abbassati. In caso di schermatura parziale va effettuata una media pesata in base alla porzione di superficie effettivamente coperta

A.4.2.3 Trasmittanza solare media

La trasmittanza solare totale media g è il valore medio su tutti gli angoli di incidenza che, mancando dati specifici, può essere assunto pari all'85% del coefficiente di trasmissione solare determinato per il raggio solare perpendicolare alla superficie del vetro.

In assenza di dati forniti dal costruttore la trasmittanza solare totale media del vetro g può essere desunta dalla tabella seguente per alcuni tipi di vetro di uso più comune.

Tabella A.6 Trasmittanza solare totale media g per alcuni tipi di vetro (da UNI 10344)

Tipo di vetro	g
Vetro singolo	0,82
Doppio vetro normale	0,70
Triplo vetro normale	0,60
Vetro singolo selettivo	0,66
Doppio vetro con riv. selettivo pirolitico	0,64
Doppio vetro con riv. selettivo catodico	0,62
Triplo vetro con riv. selettivo pirolitico	0,55
Triplo vetro con riv. selettivo catodico	0,53

A.5 Fattore di utilizzo

Il fattore di utilizzo stagionale degli apporti gratuiti η_u , che tiene conto del comportamento dinamico dell'edificio può essere valutato con la seguente formula semplificata:

$$\eta_u = 1 - 0,3\gamma$$

dove:

γ è il rapporto tra l'energia dovuta gli apporti gratuiti presenti nella zona riscaldata e l'energia dispersa per trasmissione e ventilazione (rapporto guadagni/perdite) ovvero:

$$\gamma = \frac{Q_G}{Q_T + Q_V};$$

Nel caso si ritenga opportuno effettuare un calcolo più accurato (ad es. per edifici con elevata inerzia termica) il fattore di utilizzo va calcolato su base mensile secondo quanto previsto al punto 12 della norma UNI 10344 o, in alternativa secondo il metodo previsto per il calcolo stagionale dalla norma EN 832 riportato in appendice B.

Appendice B

Calcolo del fattore di utilizzo stagionale secondo EN 832

Il fattore di utilizzo stagionale degli apporti gratuiti η_u , che tiene conto del comportamento dinamico dell'edificio (inerzia termica delle strutture), calcolato secondo EN 832 è dato da:

$$\eta_u = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} \quad \text{se } \gamma \neq 1 \qquad \eta_u = \frac{a}{a+1} \quad \text{se } \gamma = 1$$

dove:

γ è il rapporto tra l'energia dovuta agli apporti gratuiti presenti nella zona riscaldata e l'energia dispersa per trasmissione e ventilazione (rapporto guadagni/perdite) ovvero:

$$\gamma = \frac{Q_G}{Q_T + Q_V};$$

a è un parametro numerico legato alla costante di tempo dell'edificio definito come:

$$a = a_0 + \frac{t_c}{t_0};$$

$a_0 = 0,8$ (per calcolo stagionale)

$t_0 = 28$ (per calcolo stagionale)

t_c è la costante di tempo dell'edificio espressa in ore

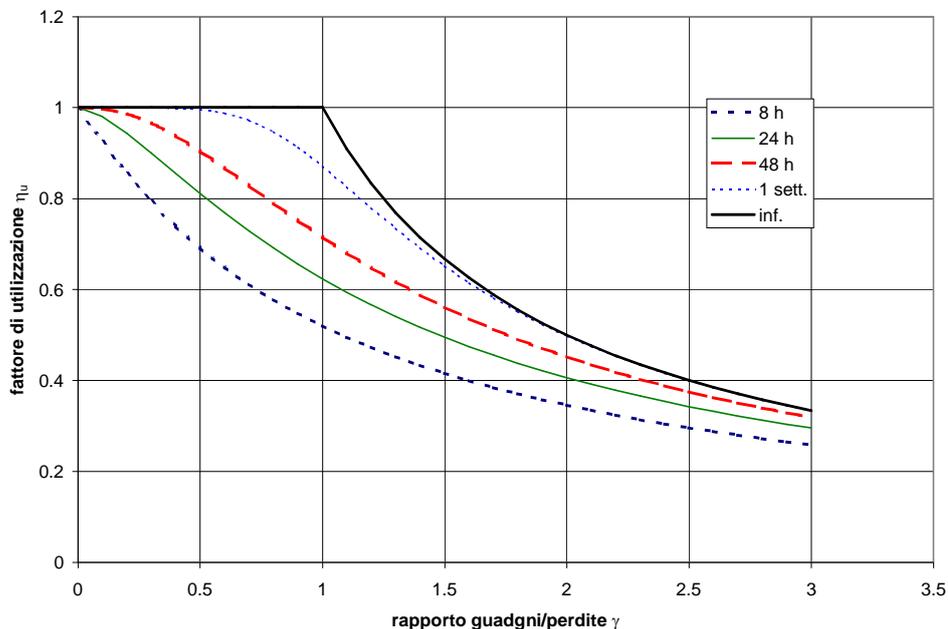


Figura B.1

Andamento del fattore di utilizzazione stagionale al variare del rapporto guadagni/perdite γ per alcuni valori della costante di tempo t_c .

La costante di tempo t_c , che caratterizza l'inerzia termica degli spazi interni riscaldati è definita come:

$$t_c = \frac{C}{(Cd + 0,5 \times 0,34) \times V_{riscaldato}} ;$$

dove:

C è la capacità termica efficace dei componenti edilizi in contatto con la zona riscaldata calcolata come indicato nella norma UNI 10344 o EN832.

Cd è il coefficiente di dispersione volumica di progetto calcolato secondo UNI 10379 e UNI 7357;

$V_{riscaldato}$ è il volume interno netto degli ambienti riscaldati.

Il valore della capacità termica di un edificio è data da:

$$C = A_T c_p M_a ;$$

dove:

A_T è l'area totale dell'involucro che delimita la zona riscaldata comprese le partizioni interne.

c_p è il calore specifico di riferimento per le strutture edilizie assunto pari a 1000 J/(kg K);

M_a è la massa efficace per unità di area (kg/m²) delle strutture edilizie desunta dalla tabella seguente.

Tab. B.1 Massa efficace per unità di area di strutture edilizie con **intonaco a base di malta** (da UNI 10344)

isolamento	pareti esterne	pavimenti	1 piano	2 piani	≥ 3piani
			Massa efficace per unità di area (kg / m ²)		
interno	qualsiasi	tessile	105	105	105
interno	qualsiasi	legno	115	125	135
interno	qualsiasi	piastrelle	125	125	135
assente/esterno	leggere	tessile	125	125	115
assente/esterno	medie/	tessile	135	135	125
assente/esterno	pesanti	tessile	145	135	125
assente/esterno	leggere	legno	145	145	145
assente/esterno	medie	legno	155	155	155
assente/esterno	pesanti	legno	165	165	165
assente/esterno	leggere	piastrelle	145	155	155
assente/esterno	medie	piastrelle	155	165	165
assente/esterno	pesanti	piastrelle	165	165	165

Tab. B.2 Massa efficace per unità di area di strutture edilizie con **intonaco a base di gesso** (da UNI 10344)

isolamento	pareti esterne	pavimenti	1 piano	2 piani	≥ 3piani
			Massa efficace per unità di area (kg / m ²)		
interno	qualsiasi	tessile	75	75	85
interno	qualsiasi	legno	85	95	105
interno	qualsiasi	piastrelle	95	105	115
assente/esterno	leggere	tessile	95	95	95
assente/esterno	medie/	tessile	105	95	95
assente/esterno	pesanti	tessile	105	95	95
assente/esterno	leggere	legno	115	115	115
assente/esterno	medie	legno	115	125	125
assente/esterno	pesanti	legno	115	125	125
assente/esterno	leggere	piastrelle	115	125	135
assente/esterno	medie	piastrelle	135	135	135
assente/esterno	pesanti	piastrelle	135	135	135