

Costruzioni in legno: tecnologie, risparmio energetico, sicurezza sismica

Il risparmio energetico
nell'edificio di legno

Günther Gantioler

TBZ Centro di Fisica Edile, Bolzano

Bologna, 26 maggio 2011

In collaborazione con
promo_legno e ASSOLEGNO

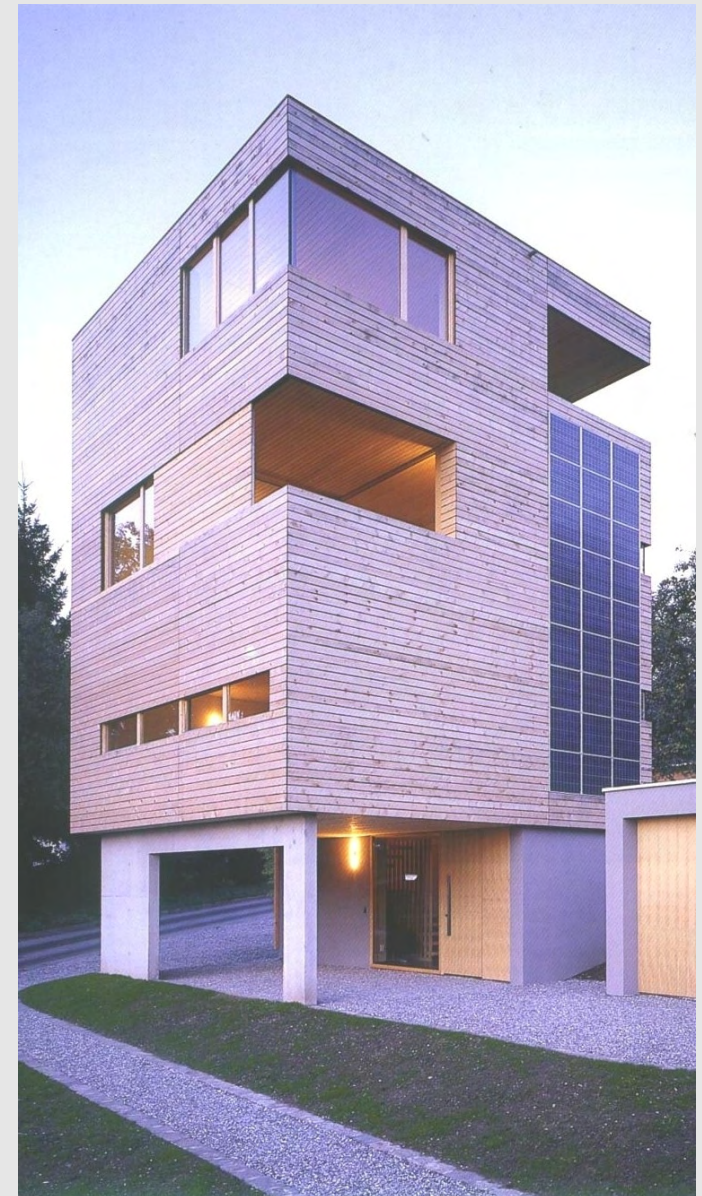
CNA Costruzioni



Emilia Romagna

LA FISICA TECNICA DEGLI EDIFICI IN LEGNO

Bologna 26 maggio 2011



- Esempi di edifici in legno a basso consumo energetico
- Prestazione invernale
- Prestazione estiva
- Diffusione al vapore e tenuta all'aria
- Prestazione acustica

Esempi

**architettura =
livello energetico?**





Architetto: Arch. Köllensperger / Controllo tenuta all'aria: Günther Gantioler

CBC 6 litri Marchetti, Germignaga (VA), 2006



CBC 1,3 litri Casa passiva Innerhofer, Meltina (BZ), 2006



Architetto: Dr.Arch.Gruber Thomas / Progetto energetico: TBZ, Gantioler Günther



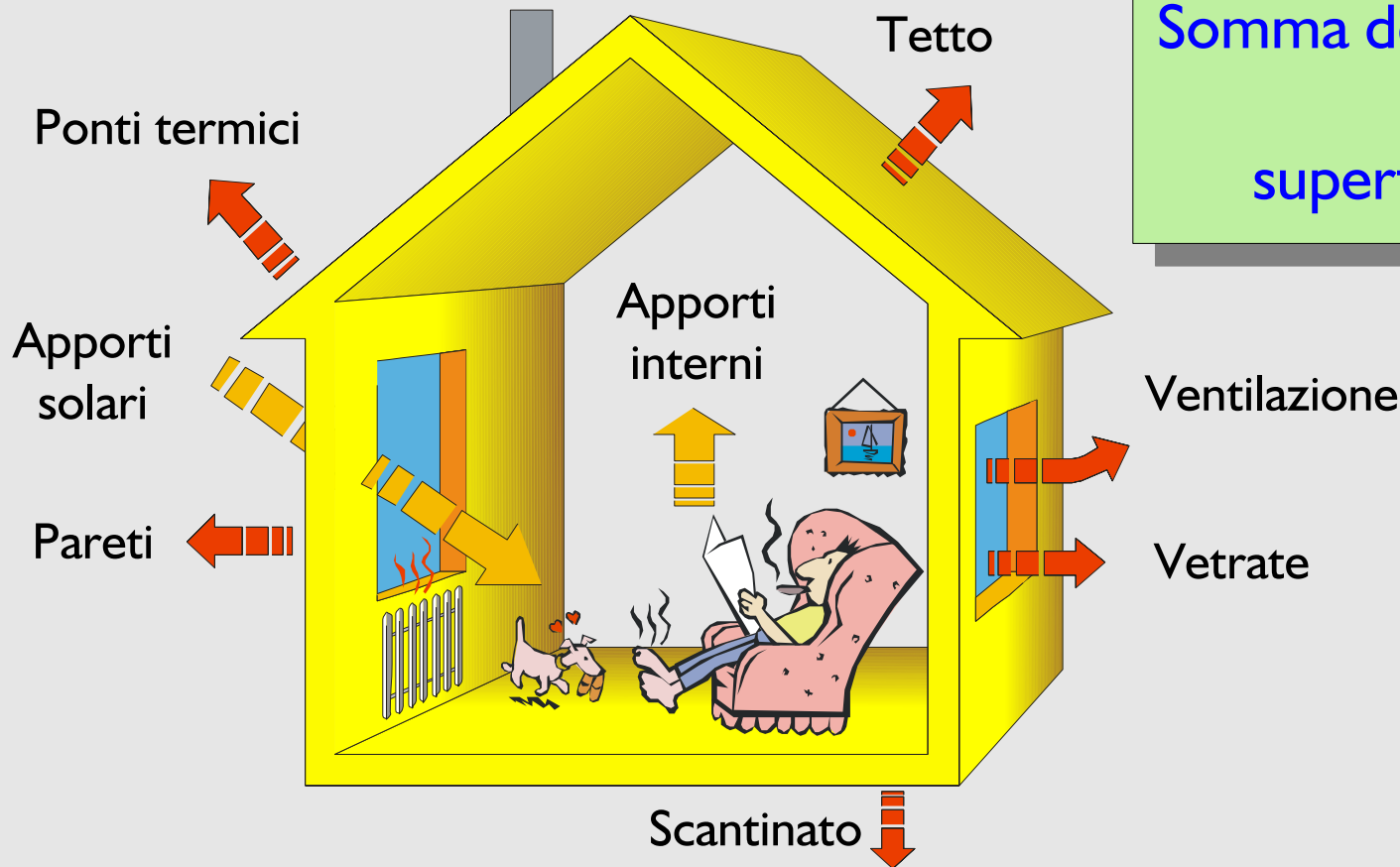
Progettazione:



Progettazione:



Progettazione: Arch. Gabriele Borghetti

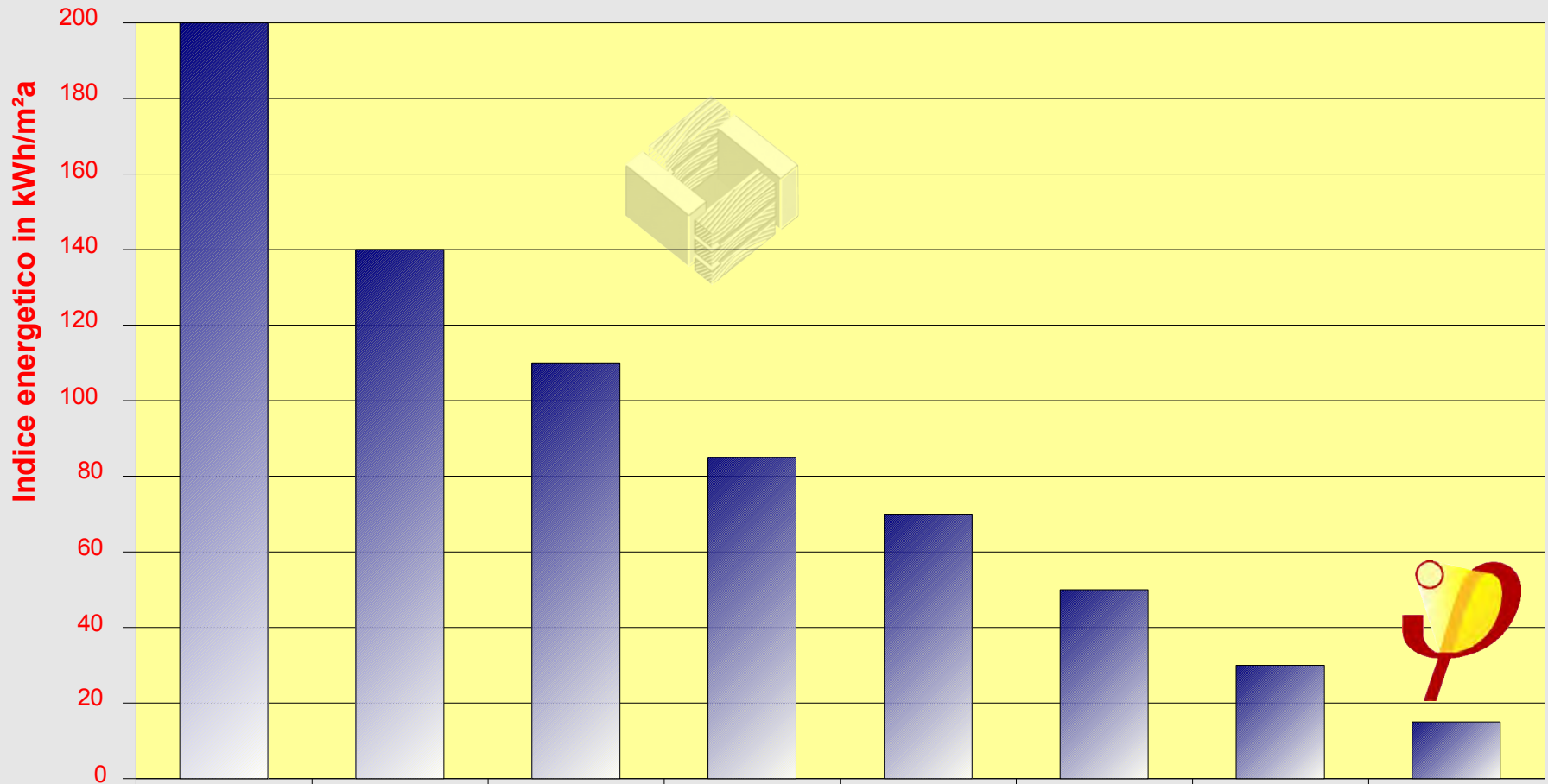


IE involucro:
Somma dei flussi energetici
diviso
superficie o volume



INVERNO: somma negativa = perdita
ESTATE: somma positiva = apporto

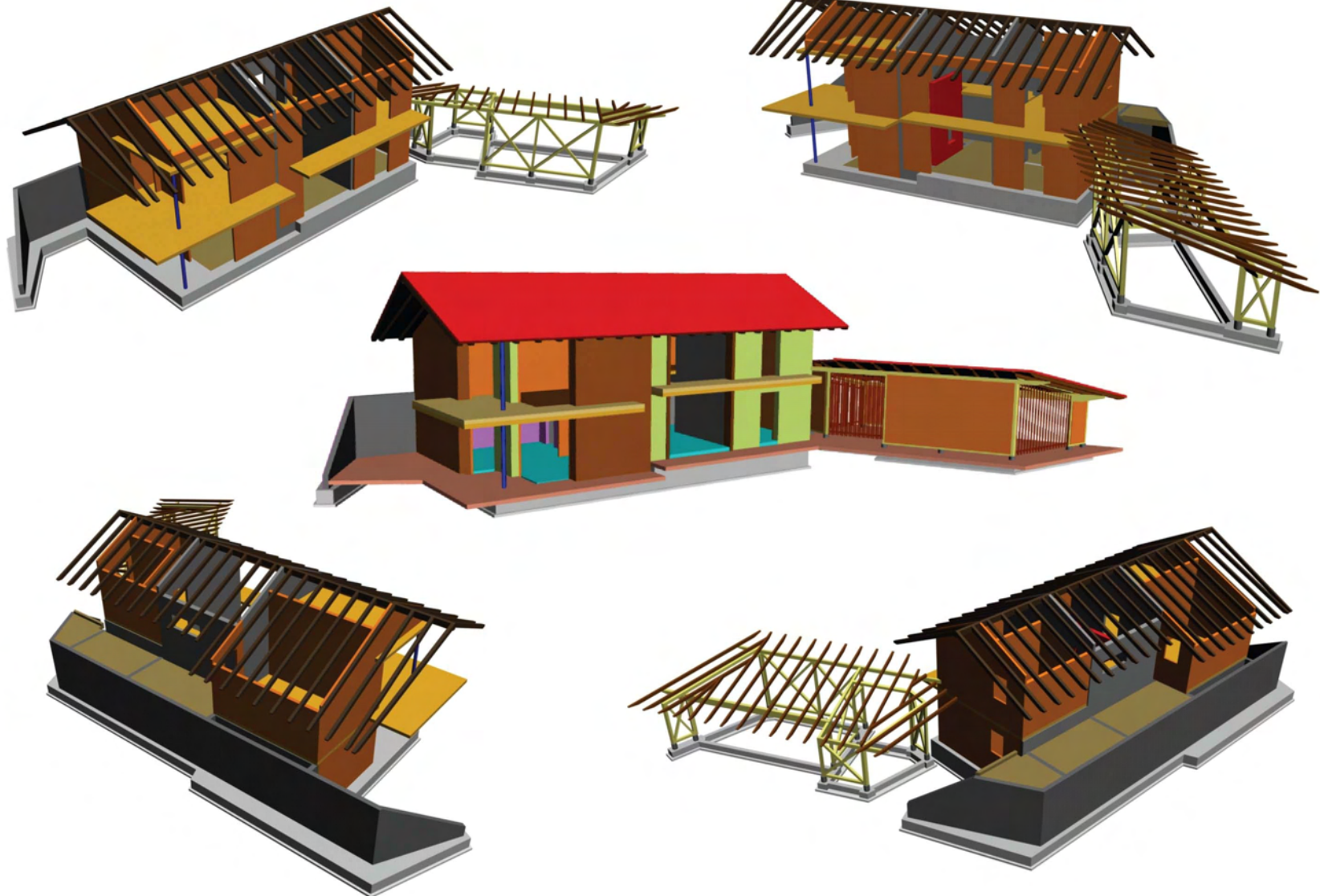
Livelli di prestazione termica di involucri



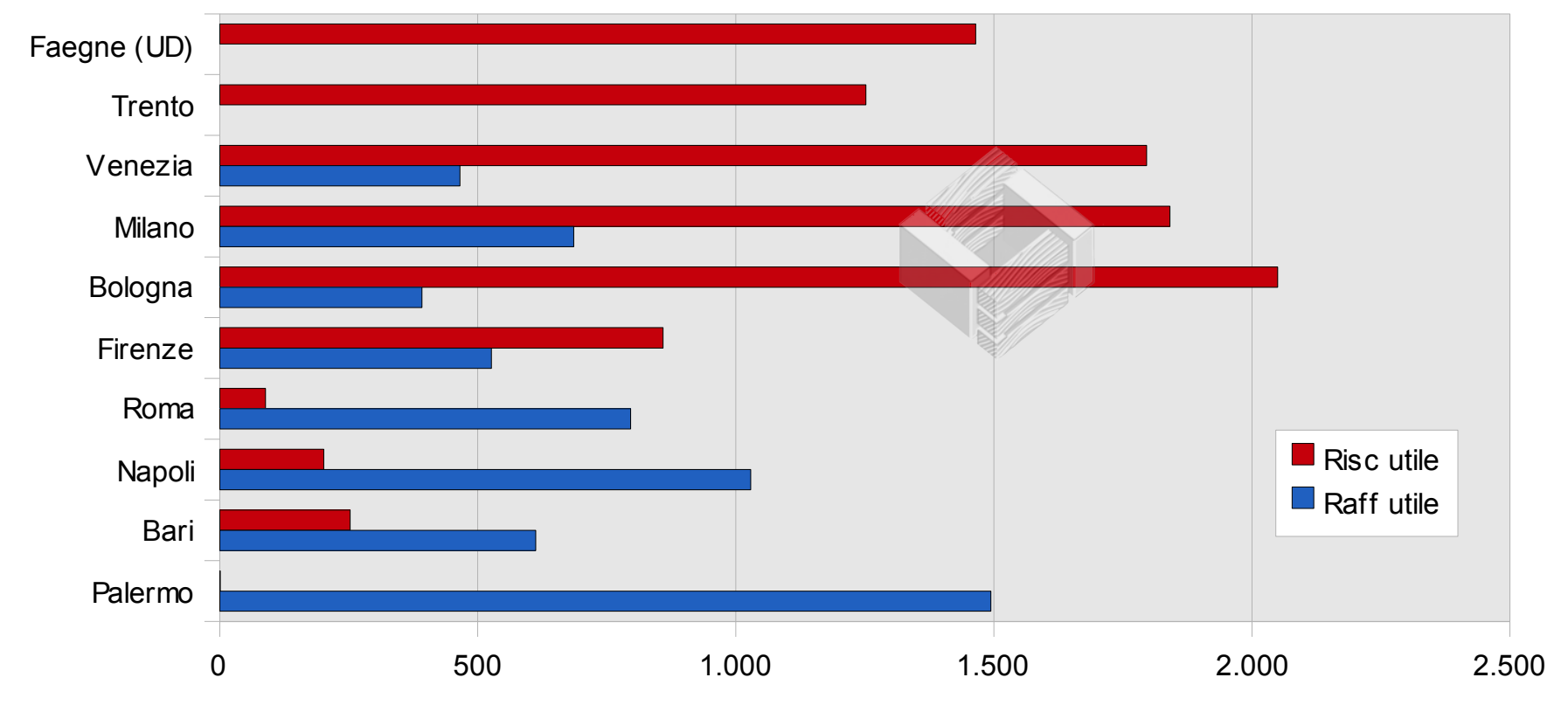
IE _{Calore}	>160	160	120	90	70	50	30	15
	Classe G	Classe F	Classe E	Classe D	Classe C	Classe B	Classe A	Casa passiva

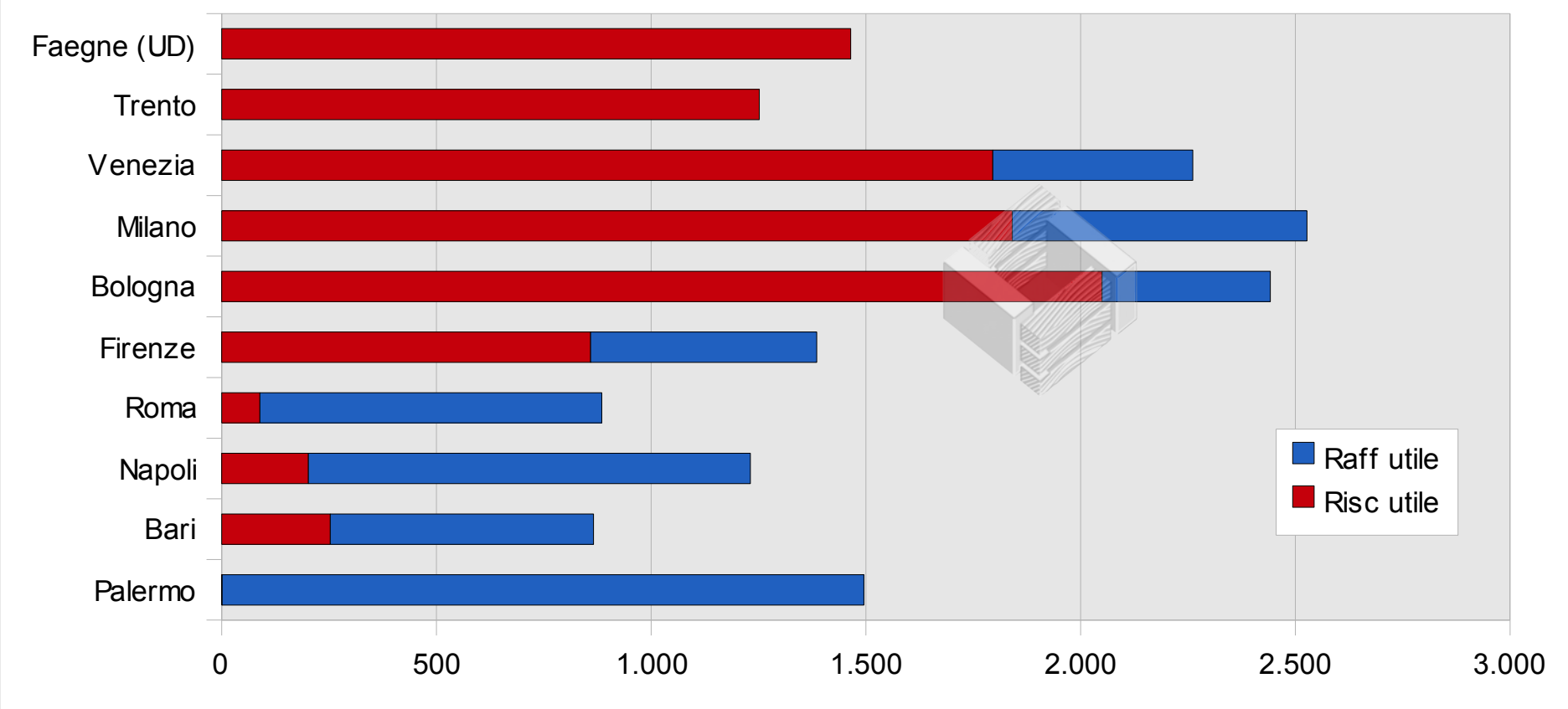
Energia persa dell'involucro (invernale + estivo) senza perdita degli impianti e fabbisogno energetico per acqua calda sanitaria

Edificio passivo Fagagna; Arch. Boz Andrea

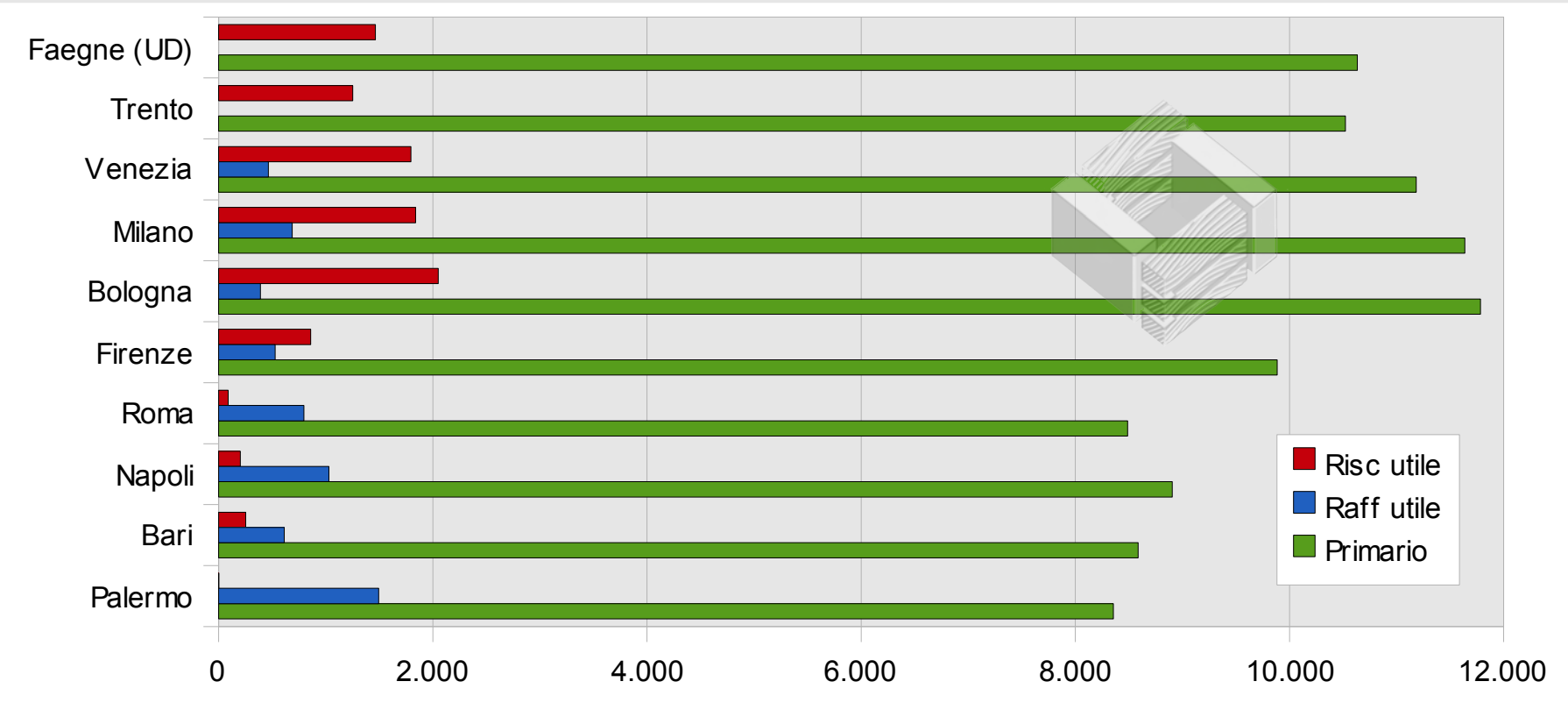


EPE a confronto con IEi



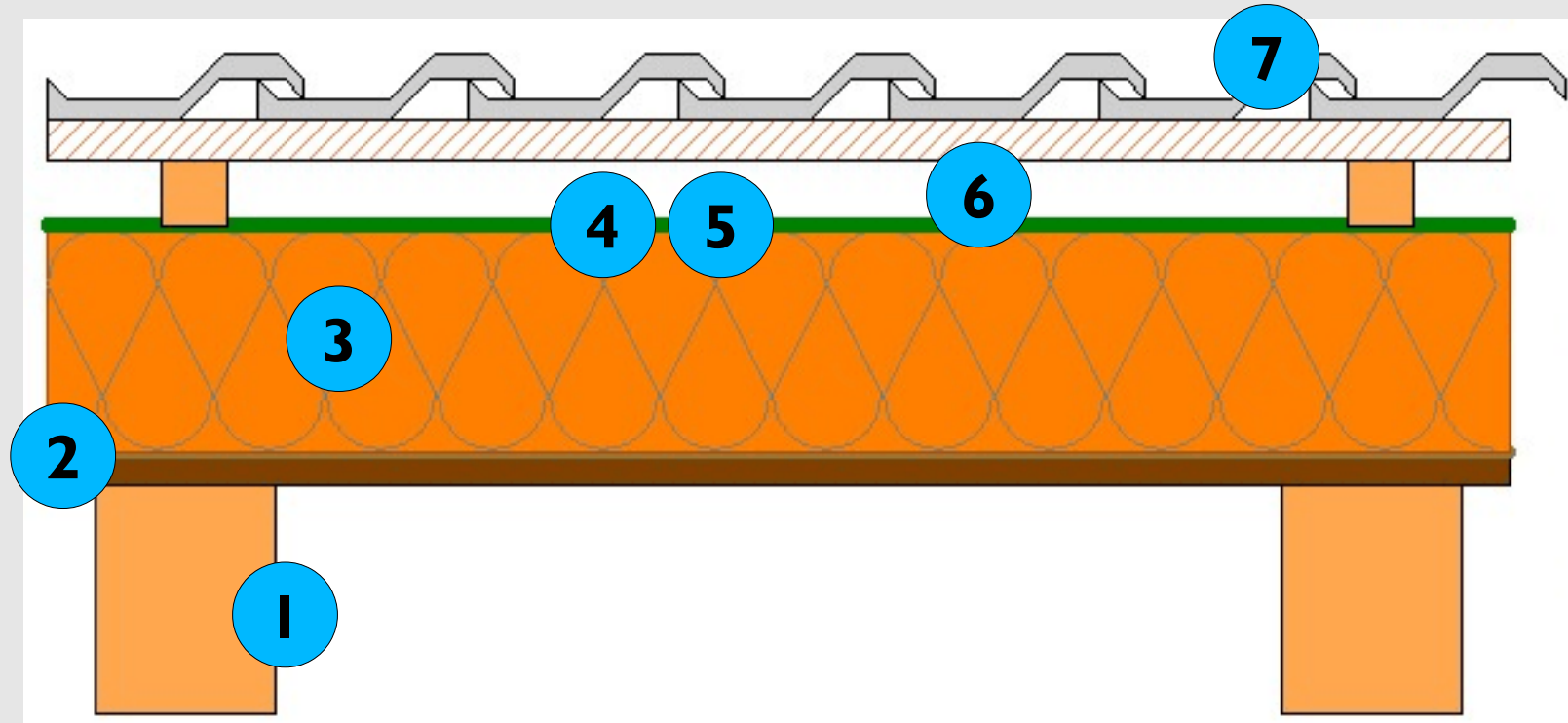


E_{Pe}/ a confronto con E_{Ptot}



Prestazione invernale

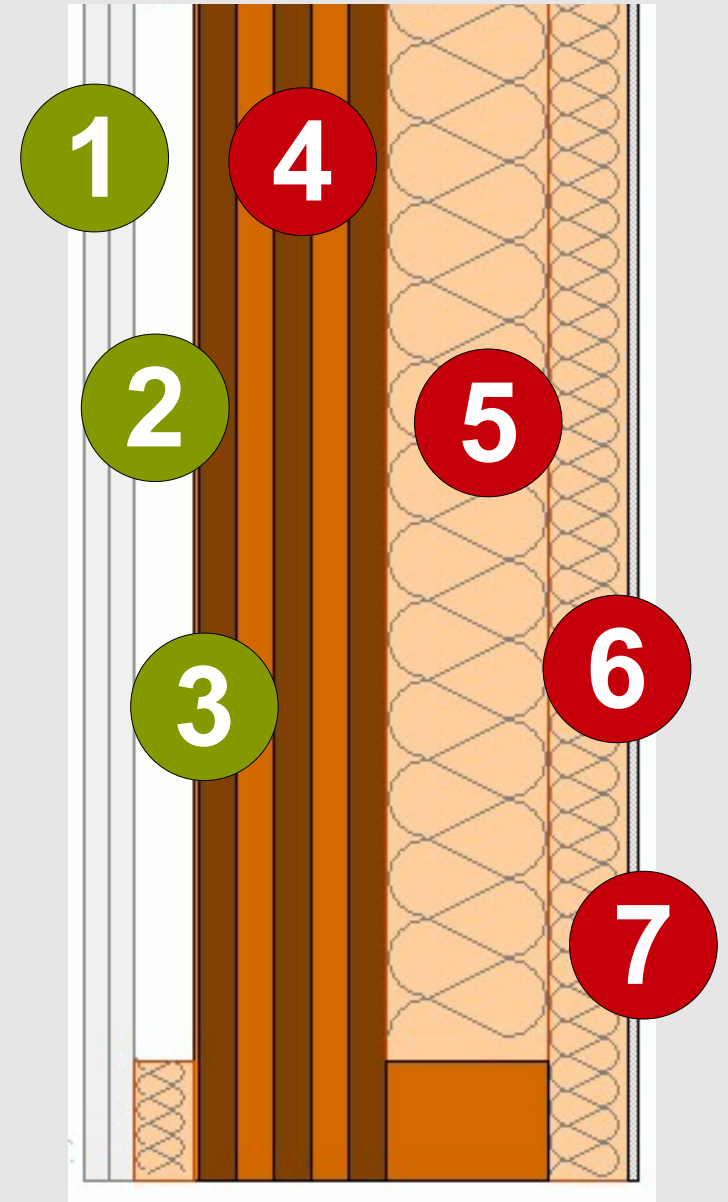
1. Struttura portante (orditura in legno, X-Lam, ...)
2. **Tenuta all'aria** | elemento freno al vapore
3. Coibentazione contro freddo, caldo e rumore
4. **Tenuta al vento** | elemento traspirante
5. Secondo strato impermeabilizzante (sicurezza + allarme)
6. Ventilazione per asciugare la coibentazione, l'orditura e la copertura e per ridurre il passaggio di calore
7. Copertura (tegole, pietre, legno, lamiera, ...)
primo strato impermeabilizzante



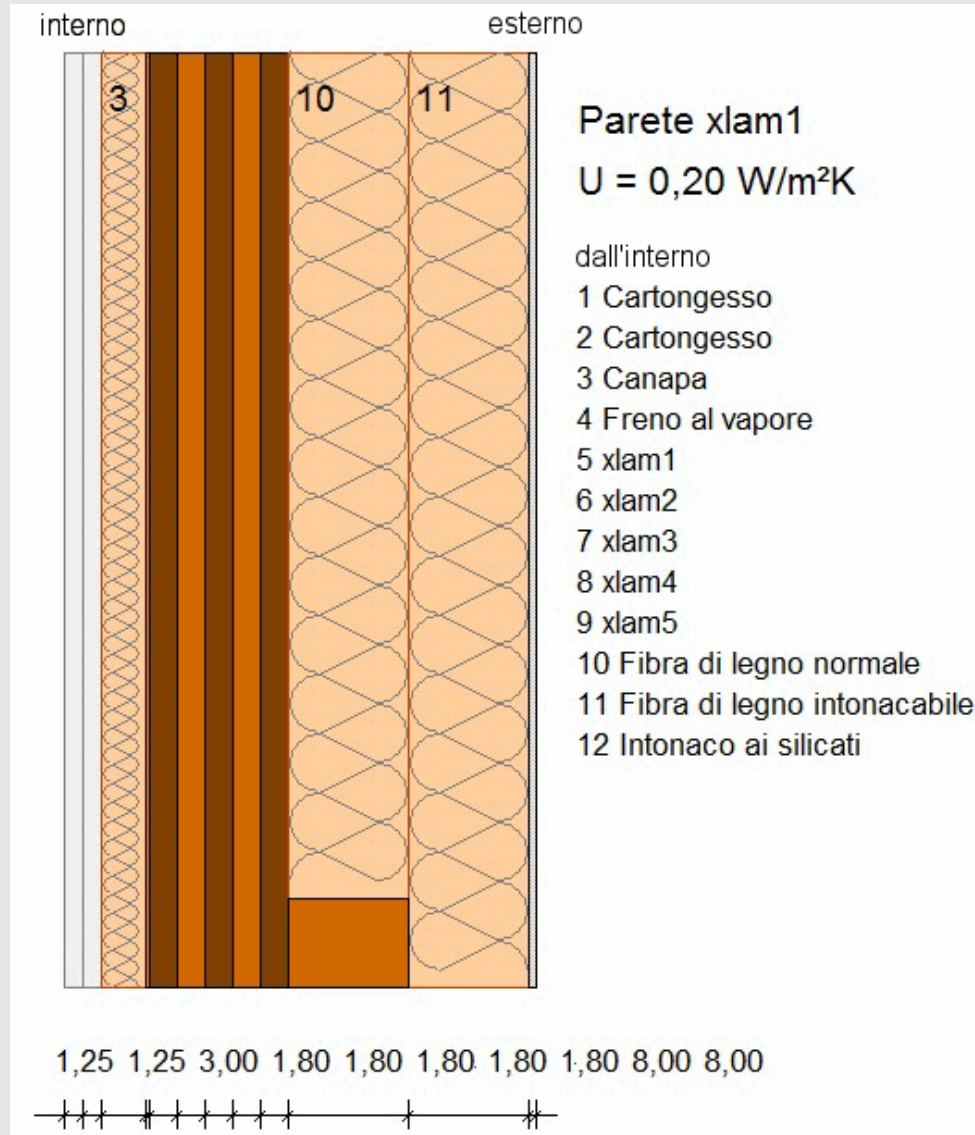
- | | |
|--------------------|---------------------------------|
| 1. Struttura | 5. 2° strato impermeabilizzante |
| 2. Tenuta all'aria | 6. Ventilazione |
| 3. Coibentazione | 7. Copertura 1° strato imperm. |
| 4. Tenuta al vento | |

1. Rivestimento interno (volano termo-igrometrico)
2. Strato d'installazione
3. **Tenuta all'aria** | elemento freno al vapore
4. Struttura portante
5. Coibentazione contro freddo, caldo e rumore
6. **Tenuta al vento** | elemento traspirante
7. Rivestimento esterno (protezione pioggia)

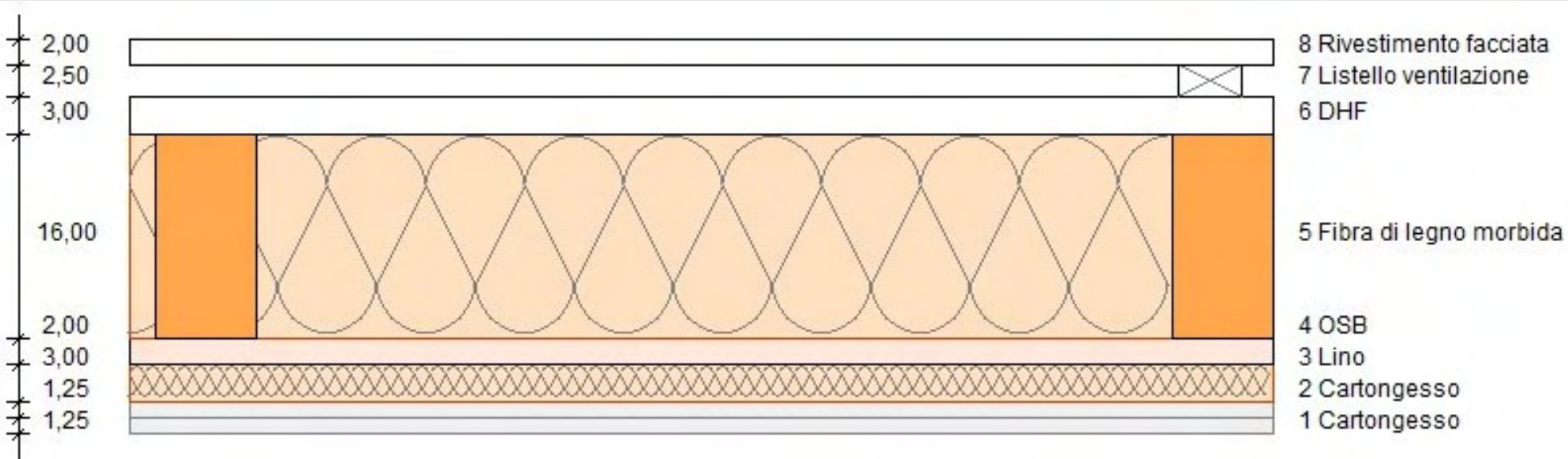
1. Rivestimento interno
2. Intercapedine di installazione
3. Strato tenuta all'aria / freno al vapore
4. X-Lam strutturale
5. Coibentazione termica
6. Tenuta al vento traspirante
7. Rivestimento esterno



Sezione verticale



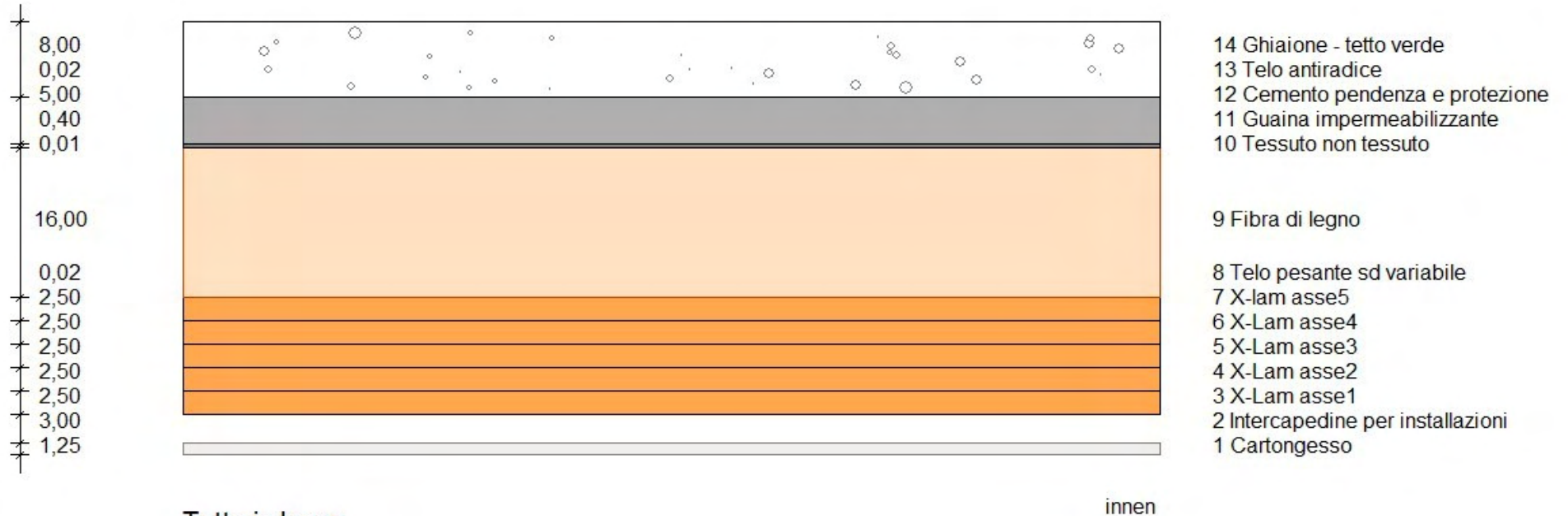
Sezione orizzontale



Parete a telaio
 $U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$

innen

Tetto piano in legno

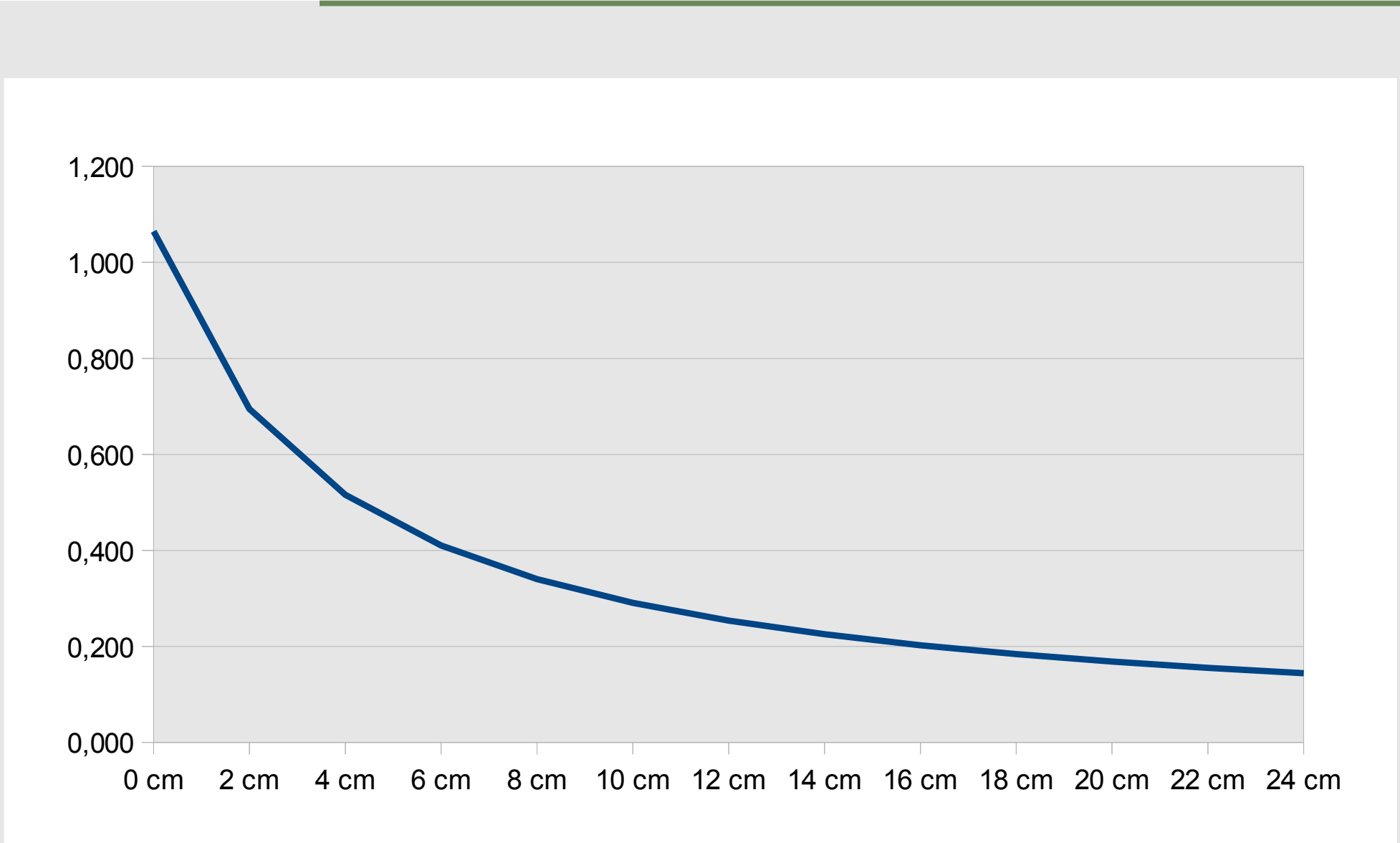


Tetto in legno
 $U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$

Trasmittanza U	0,185 W/m ² K
U dinamico	0,010 W/m ² K
Capacità termica interna	8,06 Wh/m ² K
Riduzione ampiezza	100%
Spostamento fase	23 ore

1. La protezione invernale dipende dalla combinazione tra luogo, orientamento, progetto architettonico e prestazione degli singoli elementi
2. La prestazione invernale di singoli elementi viene descritta dalla trasmittanza, che dipende soprattutto dalla coibentazione.
3. Aumentando lo spessore del coibente, si riesce a raggiungere ogni livello energetico desiderato

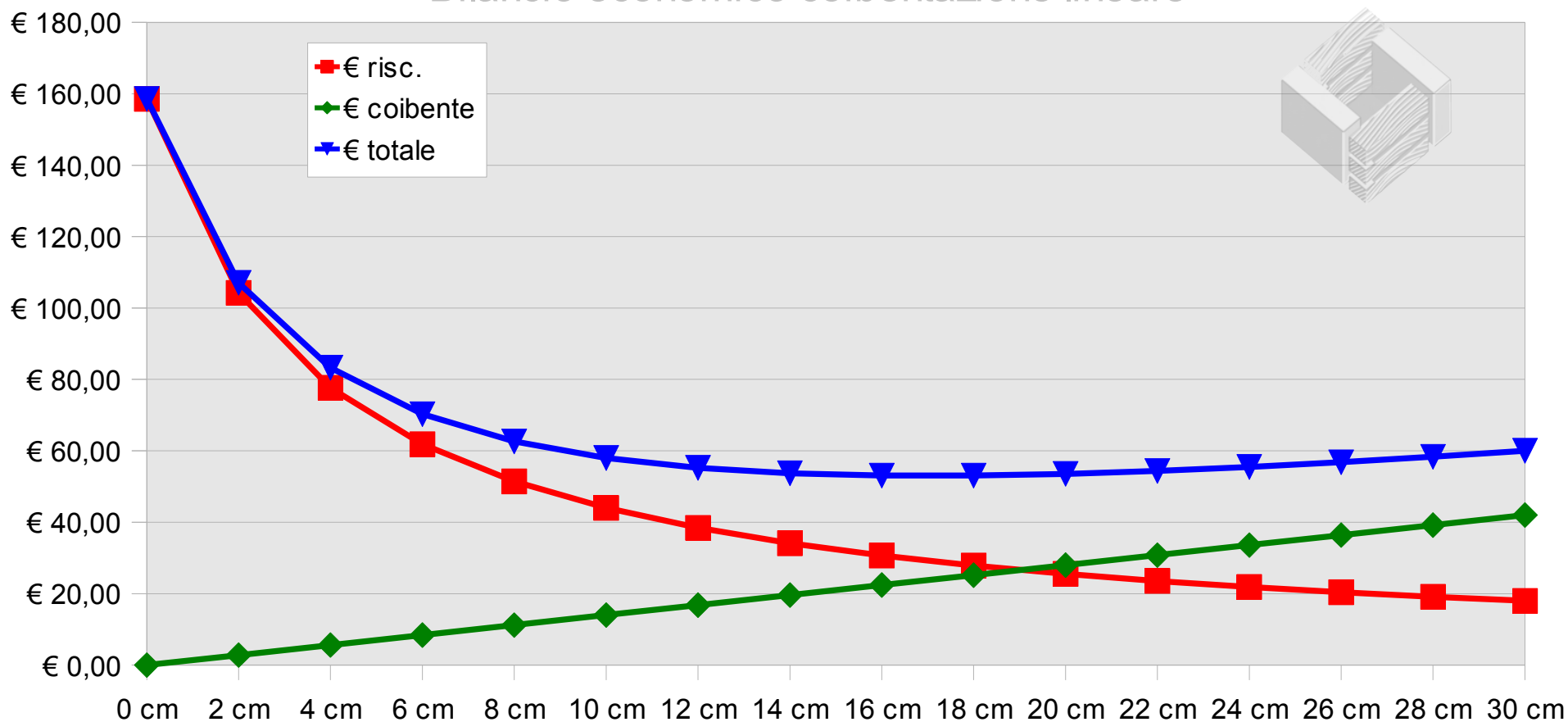
Coibente su X-Lam da 10 cm



Valore attuale: parete X-Lam con cappotto a Torino

Calcolo VAN lineare statico							Torino
Spessore	0 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm
€ risc.	€ 158,56	€ 68,87	€ 43,99	€ 32,32	€ 25,54	€ 21,11	€ 17,99
€ coibente	€ 0,00	€ 7,00	€ 14,00	€ 21,00	€ 28,00	€ 35,00	€ 42,00
€ totale	€ 158,56	€ 75,87	€ 57,99	€ 53,32	€ 53,54	€ 56,11	€ 59,99

Bilancio economico coibentazione lineare



Prestazione estiva

DPR 59/09 legge „massa“: province coinvolte

Regione/Provincia	I Mmax	Regione/Provincia	I Mmax	Regione/Provincia	I Mmax	Regione/Provincia	I Mmax
Abruzzo		Lazio		Piemonte		Toscana	
Chieti	306 W/m ²	Frosinone	300 W/m ²	Alessandria	262 W/m ²	Arezzo	267 W/m ²
L'Aquila	273 W/m ²	Latina	316 W/m ²	Asti	260 W/m ²	Firenze	296 W/m ²
Pescara	302 W/m ²	Rieti	270 W/m ²	Biella		Grosseto	314 W/m ²
Teramo	297 W/m ²	Roma	314 W/m ²	Cuneo	235 W/m ²	Livorno	303 W/m ²
Basilicata		Viterbo	287 W/m ²	Novara	281 W/m ²	Lucca	286 W/m ²
Matera	307 W/m ²	Liguria		Torino	272 W/m ²	Massa-Carrara	294 W/m ²
Potenza	301 W/m ²	Genova	287 W/m ²	Verbanò Susic Ossola		Pisa	301 W/m ²
Calabria		Imperia	306 W/m ²	Vercelli	282 W/m ²	Pistoia	266 W/m ²
Catanzaro	317 W/m ²	La Spezia	299 W/m ²	Puglia		Prato	
Cosenza	334 W/m ²	Savona	274 W/m ²	Bari	331 W/m ²	Siena	282 W/m ²
Crotone		Lombardia		Barletta-Andria-Trani		Trentino-Alto Adige	
Reggio Calabria	318 W/m ²	Bergamo	259 W/m ²	Brindisi	317 W/m ²	Bolzano/Bozen	260 W/m ²
Vibo Valentia		Brescia	282 W/m ²	Foggia	308 W/m ²	Trento	285 W/m ²
Campania		Como	256 W/m ²	Lecce	315 W/m ²	Umbria	
Avellino	311 W/m ²	Cremona	289 W/m ²	Taranto	325 W/m ²	Perugia	295 W/m ²
Benevento	306 W/m ²	Lecco		Sardegna		Terni	278 W/m ²
Caserta	301 W/m ²	Lodi		Cagliari	316 W/m ²	Valle d'Aosta	
Napoli	315 W/m ²	Mantova	286 W/m ²	Carbonia-Iglesias		Aosta	243 W/m ²
Salerno	275 W/m ²	Milano	278 W/m ²	Medio Campidano		Veneto	
Emilia-Romagna		Monza e Brianza		Nuoro	324 W/m ²	Belluno	253 W/m ²
Bologna	296 W/m ²	Pavia	287 W/m ²	Ogliastra		Padova	249 W/m ²
Ferrara	277 W/m ²	Sondrio	259 W/m ²	Olbia-Tempio		Rovigo	300 W/m ²
Forlì-Cesena	308 W/m ²	Varese	255 W/m ²	Oristano	319 W/m ²	Treviso	284 W/m ²
Modena	289 W/m ²	Marche		Sassari	325 W/m ²	Venezia	314 W/m ²
Parma	304 W/m ²	Ancona	301 W/m ²	Sicilia		Verona	250 W/m ²
Piacenza	295 W/m ²	Ascoli Piceno	296 W/m ²	Agrigento	343 W/m ²	Vicenza	256 W/m ²
Ravenna	293 W/m ²	Fermo'		Caltanissetta	326 W/m ²		
Reggio Emilia	294 W/m ²	Macerata	294 W/m ²	Catania	326 W/m ²		
Rimini		Pesaro e Urbino	294 W/m ²	Enna	331 W/m ²		
Friuli-Venezia Giulia		Molise		Messina	315 W/m ²		
Gorizia	266 W/m ²	Campobasso	307 W/m ²	Palermo	323 W/m ²		
Pordenone	255 W/m ²	Isernia	292 W/m ²	Ragusa	309 W/m ²		
Trieste	270 W/m ²			Siracusa	323 W/m ²		
Udine	255 W/m ²			Trapani	334 W/m ²		

Se $I_{max} > 290 \text{ W/m}^2$:

- Massa superficiale $> 230 \text{ kg/m}^2$

○

- Trasmittanza periodica $U_{din} = Y_{ie} > Y_{ie,limite}$

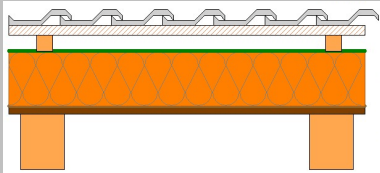
$$Y_{ie,limite \text{ parete}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Y_{ie,limite \text{ tetto}} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$$

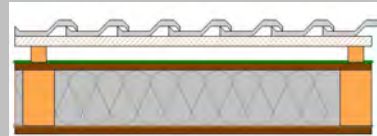
- *[Sistema alternativo Heindl]*

Tetto X-Lam a confronto ($U_{din} < 0,20$)

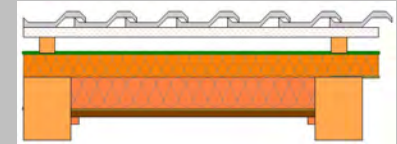
A: $U_{din} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$



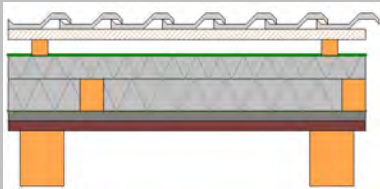
B: $U_{din} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$



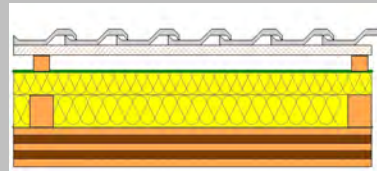
C: $U_{din} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$



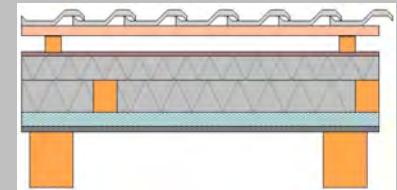
D: $U_{din} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$



E: $U_{din} = 0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$



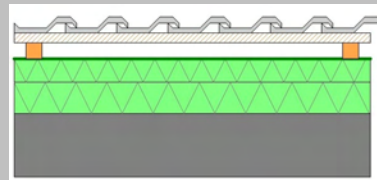
F: $U_{din} = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$



G: $U_{din} = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$



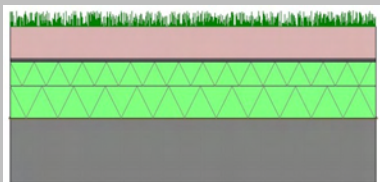
H: $U_{din} = 0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$



I: $U_{din} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$



J: $U_{din} = 0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$



K

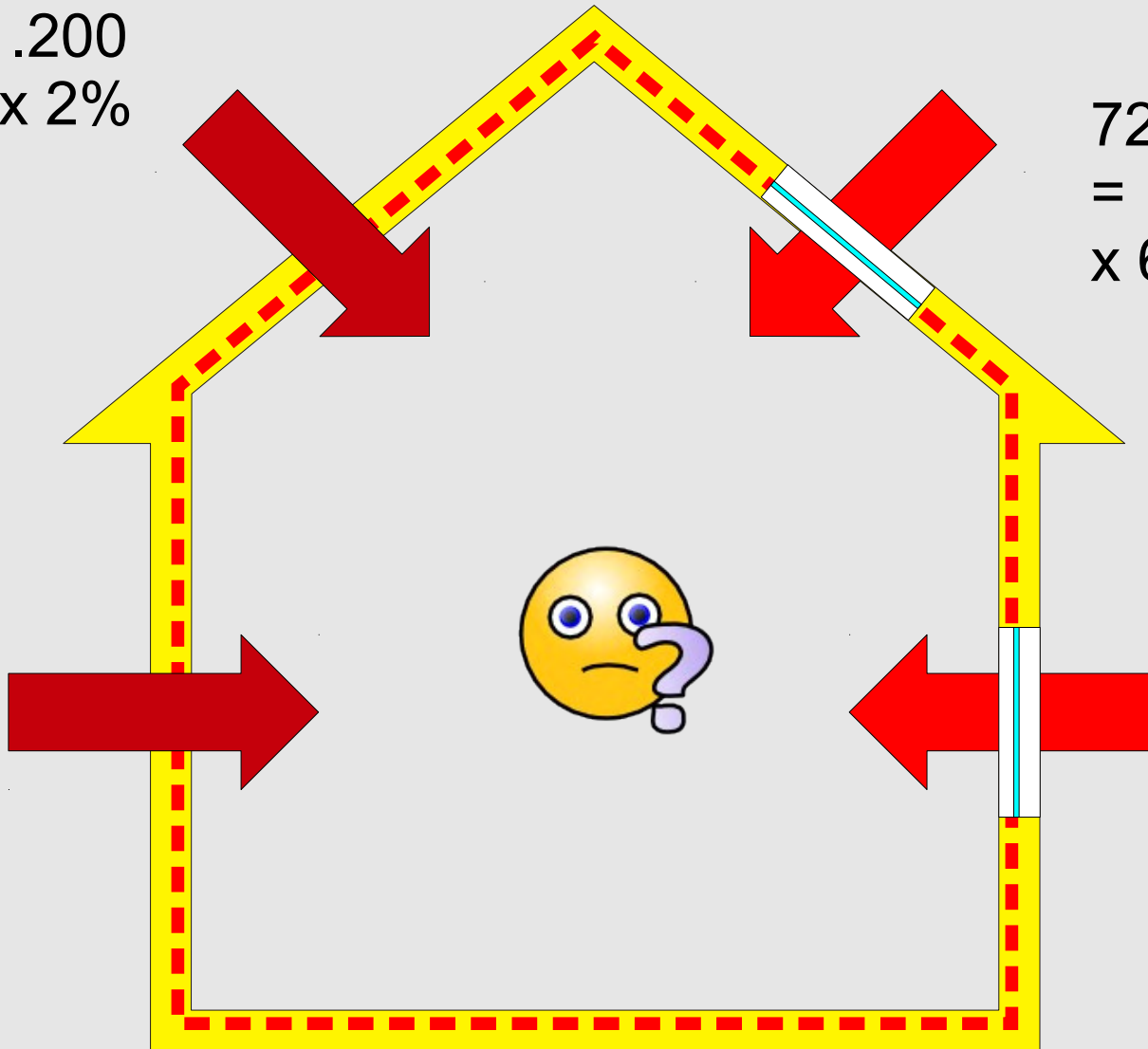


L

DPR 59/09 decreto attuativo 192/05: limite agli elementi singoli

24 W/m^2
 $= 1.200$
 $\text{W} \times 2\%$

720 W/m^2
 $= 1.200 \text{ W}$
 $\times 60\%$



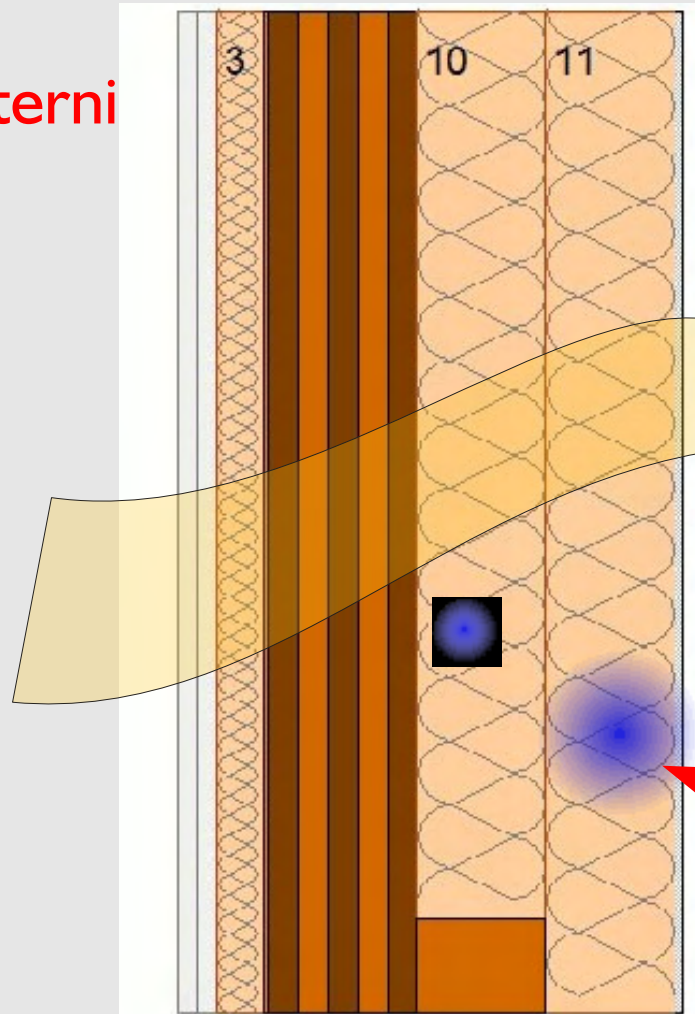
Condense interstiziali

Le condense interstiziali

20°C interni

Inverno:
temperatura esterna -5°C

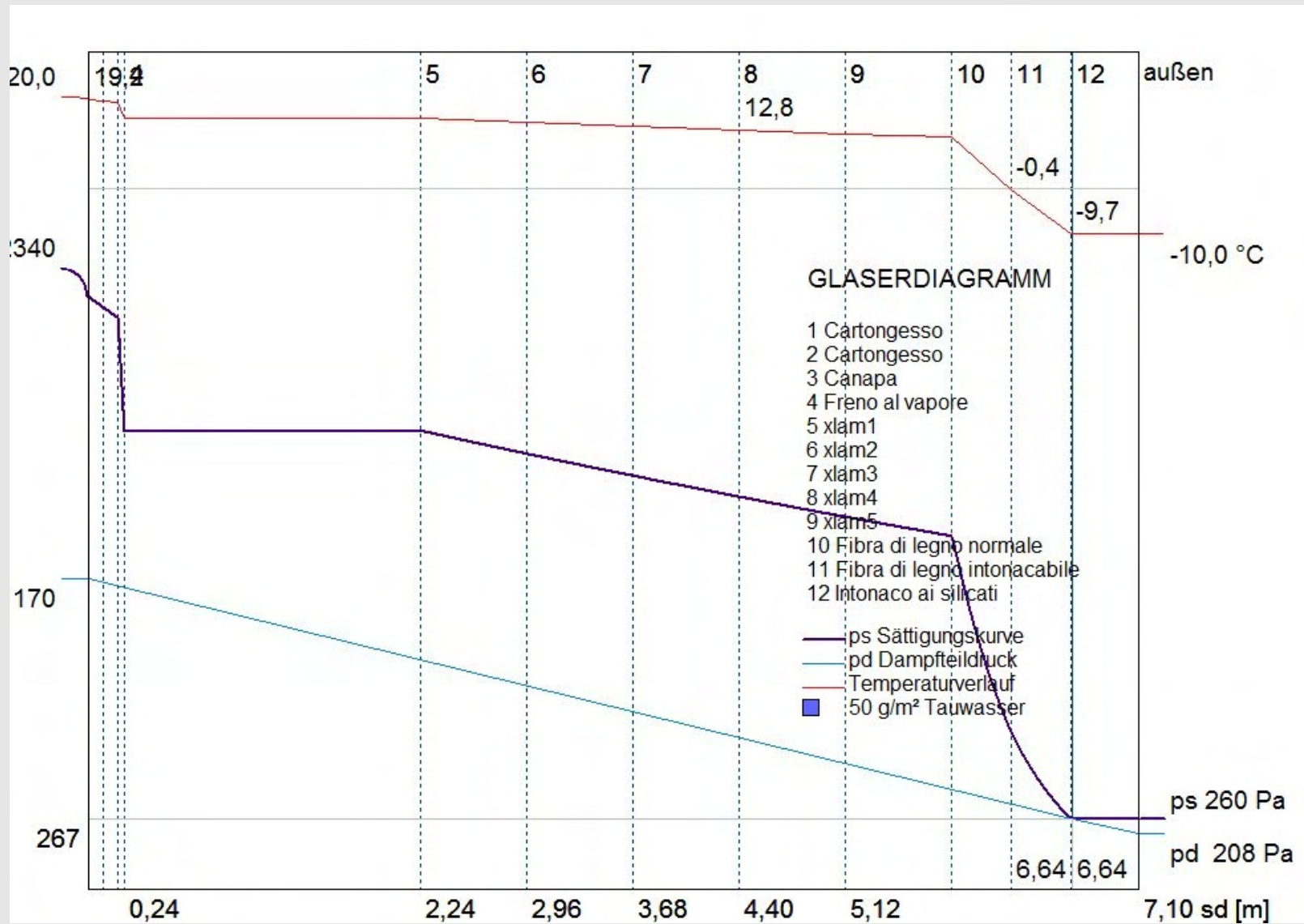
1. aria umida
calda con 20°C



3. al punto di
rugiada si forma
la condensa

2. nel passaggio si raffredda
e comincia a salire
l'umidità relativa

Parete X-Lam 1: condense





Si misura il valore

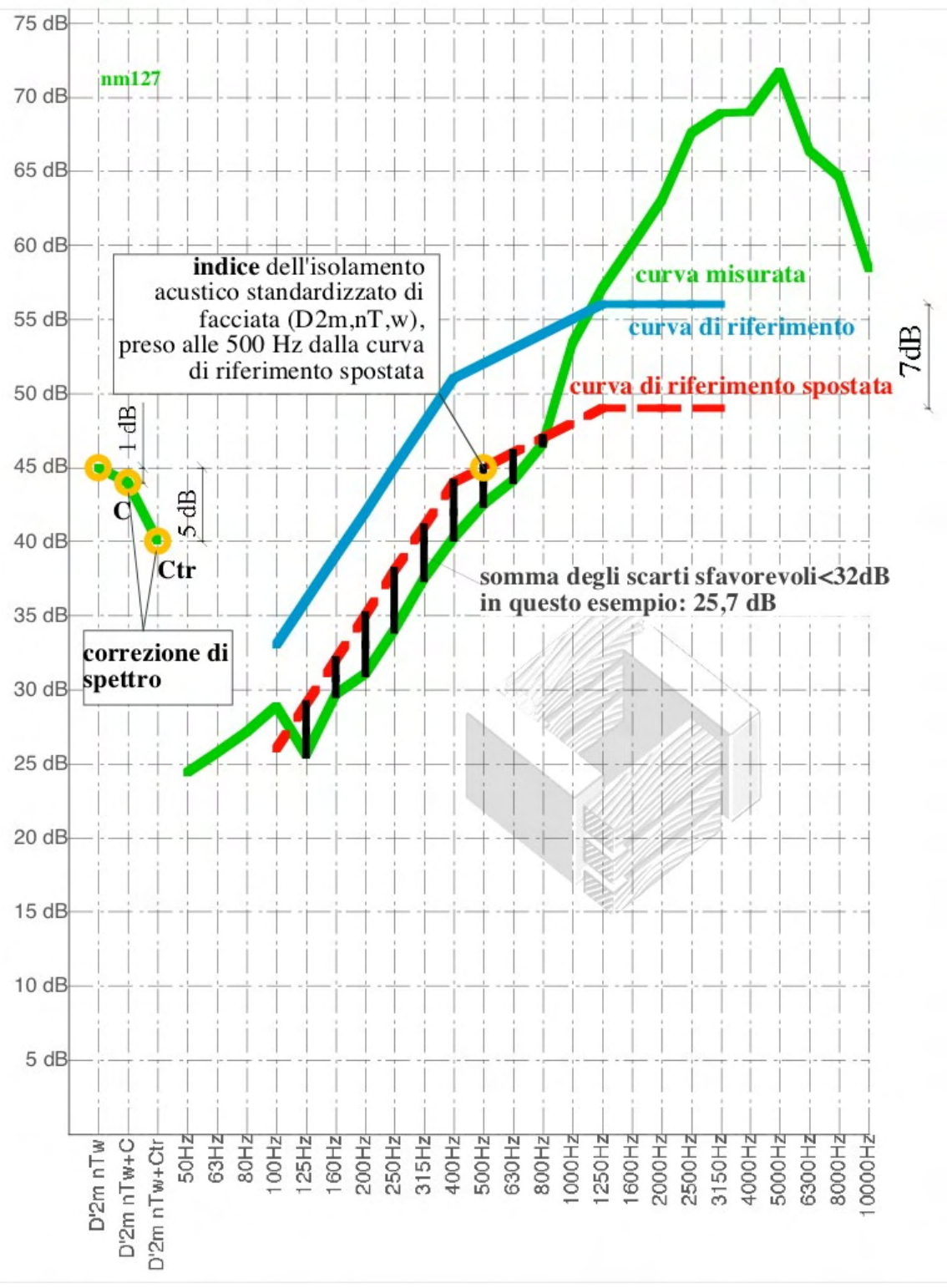
n50

per definire la tenuta
all'aria di un'edificio.

UNI EN 13829: 2003

Prestazione acustica

Cat	Destinazione	R'_w	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw}
A	Edifici adibiti a residenza e assimilabili	≥ 50	≥ 40	≤ 63
B	Edifici adibiti ad uffici e assimilabili	≥ 50	≥ 42	≤ 55
C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili	≥ 50	≥ 40	≤ 63
D	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	≥ 55	≥ 45	≤ 58
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	≥ 50	≥ 48	≤ 58
F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili	≥ 50	≥ 42	≤ 55
G	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili	≥ 50	≥ 42	≤ 55

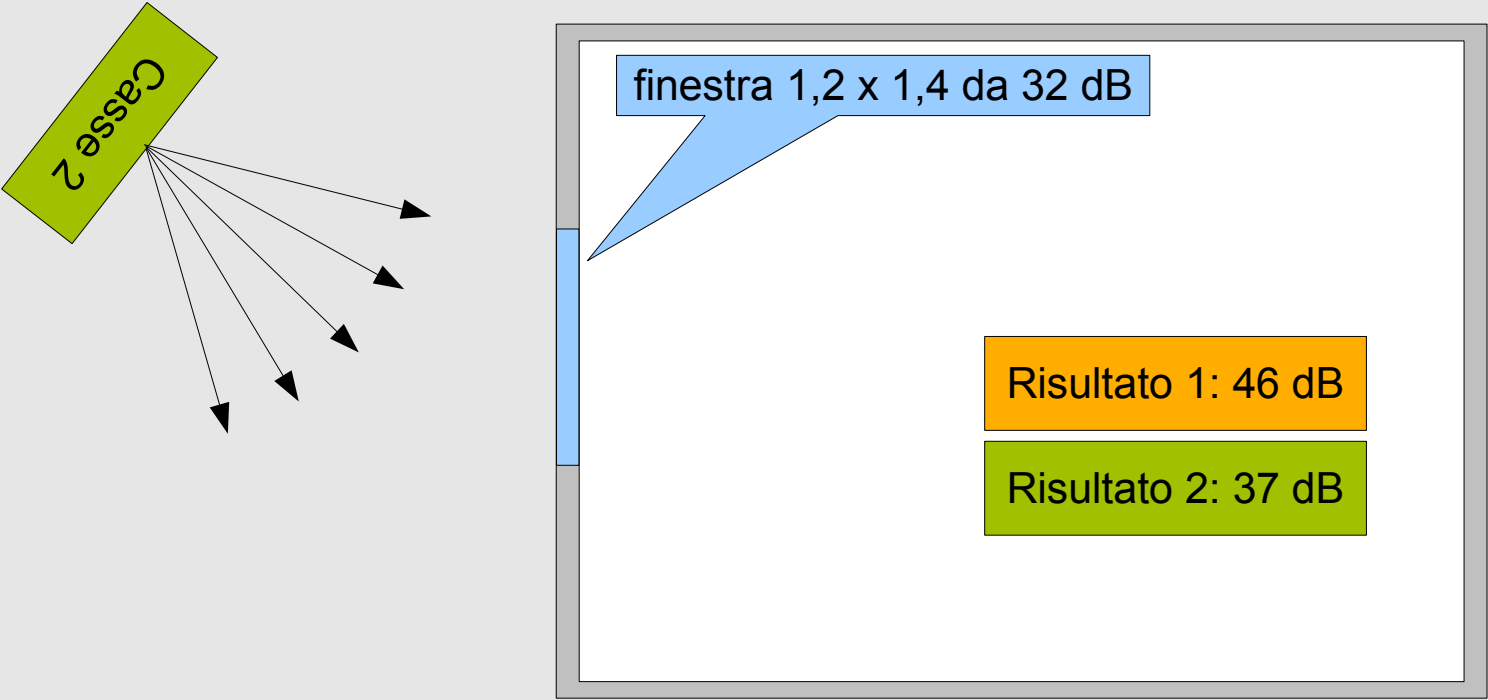


I punti seguenti riassumono in modo generale elementi da considerare per elementi in X-Lam

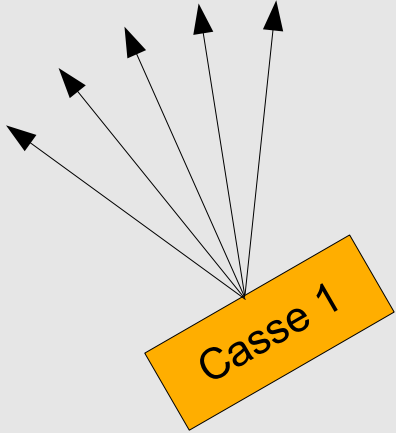
- Il principio massa-molla-massa funziona anche con i pannelli X-Lam sia in parete che tetto che solaio.
- Masse aggiuntive sono importanti per ridurre il passaggio di rumore a frequenze basse (p.e. traffico, aerei, ...) e al calpestio.
- Coibentazioni leggeri-rigidi (polistirene espanso, polistirene estruso, ...) hanno bisogno di masse aggiuntive.
- Le aperture, come crepe o imperfezioni di lavoro che aprono fughe aperte verso l'esterno (mancanza di tenuta all'aria) indeboliscono l'isolamento acustico, specie se l'aria passa attraverso superfici acusticamente non assorbenti. Per esempio, i materiali fibrosi, in questo caso sono più adatti dei materiali rigidi, perché assorbono il rumore.

- Anche tutte le altre aperture come le finestre e tubi influiscono molto sul risultato complessivo. L'elemento più debole influisce di più. Economicamente conviene minimizzare le differenze di isolamento acustico nella facciata.
- Elementi che passano dall'interno all'esterno (travetti, travi, ...) conducono molto rumore all'interno. Termicamente e acusticamente è meglio una soluzione con elementi esterni attaccati.

Attenzione: In cantiere spesso succedono situazioni non previste, per cui è importantissimo non prevedere di rimanere a ridosso del limite di legge. Si consiglia di lasciarsi un margine sicurezza di almeno 5 dB.



Limite di legge: $D_{2m,nT,w} < 40 \text{ dB}$





Günther Gantioler

TBZ - Centro di Fisica Edile

Bolzano-Modena-Gravina-Barcelona

Via Maso della Pieve 60a, I-39100 Bolzano

Tel: 0471 251701 Fax: 0471 252621

Web: www.tbz.bz Email: info@tbz.bz



FISICA TECNICA CERTIFICAZIONI MISURE CORSI