

## 5. VALUTAZIONI DELLE PRESTAZIONI DELLE CHIUSURE VERTICALI DEI 40 CASI STUDIO

Per comprendere a fondo le dinamiche, nonché, le potenzialità o le criticità, relative all'impiego di tecnologie costruttive reversibili, la tesi si pone l'obiettivo di valutare ed analizzare più attentamente 40 soluzioni di involucro dei 40 casi studio analizzati nel capitolo precedente; si valuteranno dunque le prestazioni dei diversi involucri sotto molteplici aspetti, quindi si effettueranno paragoni tra le diverse tecniche costruttive al fine di trovare, se possibile, quella o quelle soluzioni che possano essere considerate le migliori. I vari aspetti che verranno tenuti in considerazione per la valutazione di queste soluzioni costruttive sono nello specifico:

- la capacità di isolamento termico tradotta nei parametri di trasmittanza termica ;
- l'inerzia termica espressa in sfasamento dell'onda termica e attenuazione;
- l'isolamento acustico degli ambienti interni dall'ambiente esterno;
- la formazione di condense interstiziali all'interno del pacchetto di involucro;
- l'energia incorporata per metro quadro di involucro verticale;
- la CO<sub>2</sub> incorporata per metro quadro di involucro verticale.

Questi sei parametri e le interazioni tra di essi, nonché le loro correlazioni prestazionali, forniranno dati utili per poter valutare con più attenzione le scelte tecnologiche durante le fasi di progettazione nonché di realizzazione di un edificio. Sarà importante capire quali relazioni esistono tra le capacità prestazionali riguardanti l'isolamento termico ed acustico e la quantità di energia utile necessaria per la produzione e la realizzazione di tali soluzioni; la determinazione di connessioni biunivoche tra prestazioni di isolamento e parametri di sostenibilità ambientali, se effettivamente esistono, è fondamentale per una progettazione che vuole essere sostenibile, non soffermandosi dunque esclusivamente su pochi parametri prestazionali dell'involucro.

### 5.1. PROCEDIMENTI DI CALCOLO DEI PARAMETRI PRESTAZIONALI

Ora illustreremo brevemente i vari procedimenti di calcolo che sono stati impiegati per la determinazione dei parametri prestazionali sopra descritti, ma prima occorre fare un'importante premessa: non sapendo con certezza quali materiali siano stati usati per la composizione dell'involucro verticale dei 40 diversi casi studio, non è stato possibile ottenere dei dati perfettamente fedeli all'opera realizzata, e di conseguenza, soprattutto per quel che riguarda i materiali isolanti, i dati prestazionali (sia di isolamento e di sostenibilità ambientale), non possono essere determinati con effettiva rispondenza rispetto al caso studio. Per far fronte a questa criticità si è dovuto ricorrere ad un ulteriore procedimento preventivo. Considerando che i parametri prestazionali, sia di isolamento termico-acustico che relativi all'energia incorporata, sono strettamente connessi alla variabilità delle prestazioni dei materiali isolanti, si è assunto per ogni materiale isolante utilizzato, per le caratteristiche riguardanti la densità e la conducibilità termica, un intervallo delimitato da un valore minimo e da un valore massimo, entro il quale sicuramente la prestazione reale della soluzione tecnologica studiata è collocata. Sappiamo che all'aumentare della densità diminuisce la capacità isolante di un materiale mentre aumentano le prestazioni relative all'inerzia termica e all'isolamento acustico; questo variare di densità porta anche ad un aumento del peso dell'involucro e ne aumenta anche l'energia incorporata. Pertanto è fondamentale delineare un intervallo nel quale collocare una determinata soluzione tecnologica, alla luce dei ragionamenti fatti pocanzi. Quindi è stato necessario elaborare una tabella nella quale inserire i materiali isolanti impiegati e i relativi dati prestazionali. Per determinare un valore medio, che sia indicativo delle prestazioni di una determinata soluzione tecnologica, e che si inserisca in un intervallo determinato dai valori limite dei materiali isolanti, si è dovuto calcolare le prestazioni di due tipologie di involucro per ogni soluzione studiata; questo poiché in un primo calcolo si utilizzano i valori minimi di conducibilità termica e di densità, mentre nel secondo calcolo, si utilizzano i valori massimi di densità e di conducibilità termica. Avremo quindi due stratigrafie identiche ma con diverse prestazioni per ogni caso studio, e quindi si avrà anche un valore medio paragonabile a quelli delle altre soluzioni tecnologiche. Qui di seguito troviamo la tabella con i materiali isolanti impiegati nei

nostri 40 casi studio. I dati relativi alle caratteristiche di densità e conduttività dei materiali isolanti sono tratti dal libro "Praxis. Materiali isolanti." Edizione italiana a cura di De Angelis E., Utet Scienze Tecniche, 2009, mentre per gli indici di energia incorporata e CO<sub>2</sub> emessa si è utilizzata la banca dati inglese ICE.

MATERIALE ISOLANTE	DENSITA' (Kg/mc)	CONDUTTIVITA' (W/mK)	ENERGIA INCORPORATA (MJ/Kg)	CO2 INCORPORATA (KgCO2e/Kg)
Calcestruzzo cellulare	115	0,045	3,25	0,41
Cellulosa in fiocchi	25 - 65	0,037 - 0,041	2,12	0,15
EPS	15 - 30	0,035 - 0,044	88,6	3,29
Fibra di legno	45 - 300	0,038 - 0,052	20	0,98
Lana di canapa	30 - 200	0,039 - 0,050	10,8	0,1
Lana di pecora	15 - 170	0,035 - 0,044	20,9	-
Lana di roccia	25 - 200	0,035 - 0,050	16,8	1,12
Lana di vetro	20 - 200	0,035 - 0,050	28	1,54
Pannelli sottovuoto	150 - 220	0,002 - 0,008	999 (MJ/mq)	n.d.
Poliuretano espanso	15 - 80	0,025 - 0,040	102,1	4,84
XPS	25 - 45	0,025 - 0,040	109,2	4,39

#### 5.1.1. Calcolo delle prestazioni termo-acustiche

Le prestazioni di isolamento termico ed acustico dell'involucro edilizio sono state calcolate tramite l'impiego del software IsoReflex, che utilizza formule matematiche tratte da norme tecniche per elaborare i comportamenti dinamici prestazionali dell'involucro edilizio. Questo software ci permette di calcolare vari parametri prestazionali, tra i quali quelli utili per le nostre valutazioni ed in particolare:

- trasmittanza termica;
- sfasamento e attenuazione;
- isolamento acustico;
- presenza o assenza di condensa interstiziale.

#### 5.1.2. Calcolo energia incorporata e CO<sub>2</sub>eq incorporata

Per valutare la sostenibilità ambientale di un involucro edilizio, possibili indicatori di riferimento sono l'energia e la CO<sub>2</sub> incorporata nei materiali impiegati per la sua realizzazione. Per paragonare diverse soluzioni tecnologiche dal punto di vista ambientale, si è scelto di valutare 1 m<sup>2</sup> di involucro verticale opaco, quantificando le quantità di materiale presenti all'interno e la relativa energia e CO<sub>2</sub> impiegata per la produzione e la messa in opera dei materiali. Per i calcoli effettuati, relativi ai 40 casi studio, mi sono avvalso dei dati provenienti dalla banca dati inglese ICE 2011 (Inventory of Carbon Energy, University of Bath) relativi all'energia incorporata e alla CO<sub>2</sub> equivalente impiegata per la realizzazione dei materiali da costruzione. Per il calcolo di questi due parametri ambientali, il procedimento è molto semplice: una volta calcolate le quantità di materiali presenti in 1 m<sup>2</sup> di involucro verticale, espresse in kilogrammi, e sapendo, grazie alla banca dati, quanta energia o quanta CO<sub>2</sub> equivalente è necessaria per produrre 1 kg di materiale, con una semplice moltiplicazione otteniamo quanta energia e quanta CO<sub>2</sub> sarebbe spesa per 1 m<sup>2</sup> di quell'involucro verticale. Per il nostro confronto è sufficiente calcolare queste quantità per un solo metro quadro di involucro, però, a livello progettuale, sarebbe utile calcolare le reali quantità di

energia e CO<sub>2</sub> spese per la costruzione dell'involucro nella sua interezza in rapporto anche ai volumi e alle superfici di progetto.

## 5.2. GUIDA ALLE SCHEDE DI ANALISI DEGLI INVOLUCRI

Ogni caso studio, come già detto, è stato valutato sotto molteplici aspetti. Tutti i calcoli relativi alle prestazioni degli involucri studiati sono esplicitati e riassunti nelle schede di analisi dell'involucro verticale (CSI-00). Ogni caso studio sarà presentato attraverso due schede: una, riassumerà i risultati prestazionali ottenuti, mentre l'altra riporterà i procedimenti di calcolo principali.

### SCHEDA 1

#### Intestazione:

L'intestazione comprende il titolo della scheda e il suo numero identificativo (CSI-00), caratterizzata da un colore, in questo caso azzurro, che identifica la categoria appartenente come per le schede presentate in precedenza. La bandiera nazionale identifica l'appartenenza geografica dell'edificio.

Di grande importanza sono anche i dati "anagrafici" del progetto (Tipologia, Progettista, Ubicazione, Anno di costruzione e Parametri climatici), che ci forniscono le informazioni necessarie per identificare ed analizzare l'edificio insieme ad un'immagine di identificazione.

#### Stratigrafia dell'involucro verticale e dettaglio costruttivo

La stratigrafia e il dettaglio costruttivo in scala 1:20 descrivono l'involucro verticale opaco; sono descritti i materiali e i relativi spessori riscontrabili del disegno tecnico affiancato.

#### Prestazioni dell'involucro-Risultati sintetici

Questa tabella racchiude tutti i risultati ottenuti relativi alle prestazioni dell'involucro ed è suddivisa in tre parti distinte: a sinistra i risultati prestazionali relativi alla soluzione che impiega il materiale isolante con densità minima, a destra i risultati relativi alla soluzione con il materiale isolante a densità massima. Nella parte centrale i valori medi ottenuti.

**SCHEDA VALUTAZIONE INVOLUCRO VERTICALE - STUDIO N°22 - H-ARQUITECTS**

**DATI DEL PROGETTO:**  
 TIPOLOGIA: RESIDENZE PER STUDENTI  
 PROGETTISTA: H-ARQUITECTS  
 ANNO DI FINE LAVORI: 2011  
 UBICAZIONE: BARCELONA, SPAGNA  
 ALTITUDINE: 60 S.L.M  
 TEMPERATURE MIN MEDIE: 4,4 °C  
 TEMPERATURE MAX MEDIE: 28 °C

**STRATIGRAFIA INVOLUCRO VERTICALE:**  
 STRUTTURA PORTANTE: ACCIAIO  
 TIPOLOGIA INVOLUCRO: SISTEMA S/R, ACCIAIO

**ESTERNO**  
 -LAMIERA DI ALLUMINIO  
 -14mm LASTRA DI CEMENTO CON RETE IN FIBRA DI VETRO  
 -50mm ISOLAMENTO POLIURETANICO ESTRUSO  
 -BARRIERA AL VAPORE  
 -25mm COPPIA LASTRA DI CARTONGESSO

**INTERNO**

**PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO - RISULTATI SINTETICI:**

INDICE PRESTAZIONALE	UNITA	VALORE MINIMO	VALORE MEDIO	VALORE MASSIMO
TRASMITTANZA TERMICA	W/m <sup>2</sup> K	0,303	0,381	0,459
SPARAMENTO TERMICO	ORA/h	2h 18'	2h 20'	2h 21'
ISOLAMENTO ACUSTICO	dB	39	39	39
CONDENSA INTERSTIZIALE	g/g	MAX IN APRILE 5,9		MAX IN MARZO 5,0
ENERGIA INCORPORATA	MWh/m <sup>2</sup> ann	542,92	610,39	676,86
CO <sub>2</sub> INCORPORATA	kgCO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> ann	32,83	35,3	37,77

### SCHEDA 2

La seconda scheda, che racchiude i procedimenti di calcolo, è divisa in due parti, una per la soluzione con il materiale isolante a densità minima, e l'altra per la soluzione con il materiale isolante a densità massima.

#### Calcoli prestazionali -isolamento termico e acustico

Qui troviamo le tabelle relative ai procedimenti di calcolo per i parametri prestazionali di isolamento termico ed acustico, e alle prestazioni termo igrometriche connesse al fenomeno della condensa interstiziale.

#### Indici di sostenibilità ambientale

La tabella evidenziata esplicita i procedimenti di calcolo relativi alla valutazione della sostenibilità ambientale dell'edificio; sono qui calcolate l'energia incorporata (EE) e la CO<sub>2</sub>eq. Incorporata (GWP) racchiuse in un metro quadrato di involucro verticale.

**CALCOLI DELLE PRESTAZIONI DI INVOLUCRO - CSI 22**

**SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MINIMA**

**VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO**

Indice acustico	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> = 39 dB	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia

**CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO**

Indice acustico	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> = 39 dB	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia

**SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MASSIMA**

**VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO**

Indice acustico	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> = 39 dB	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia

**CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO**

Indice acustico	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> = 39 dB	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia



**DATI DEL PROGETTO:**

TIPOLOGIA: RESIDENZA PRIVATA  
 PROGETTISTA: BURD AWARD MURSTON  
 ANNO DI FINE LAVORI: 2006

UBICAZIONE: LONDRA, INGHILTERRA  
 ALTITUDINE: 24m .S.L.M  
 TEMPERATURE MIN MEDIE: 2°C  
 TEMPERATURE MAX MEDIE: 22 °C

CSI-01

CATEGORIA  
 LIGHT-TECH  
 LEGNO

**STRATIGRAFIA INVOLUCRO VERTICALE:**

STRUTTURA PORTANTE:

ACCIAIO-LEGNO

TIPOLOGIA INVOLUCRO :

SISTEMA STRATIFICATO LEGGERO

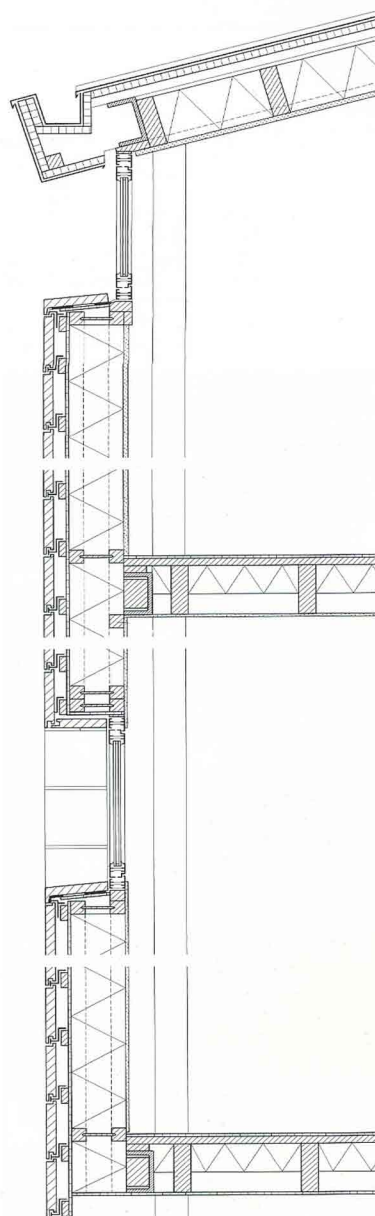
STRUTTURA DI SUPPORTO IN LEGNO

ESTERNO

- 30 MM MATTONELLE IN LATERIZIO
- 40MM SOTTOSTRUTTURA, MONTANTI ORIZZONTALI DI SUPPORTO
- 9MM PANNELLO DI LEGNO PERMEABILE AL VAPORE
- 170MM LANA DI ROCCIA TRA TELAIO DI SUPPORTO IN LEGNO
- 12MM CARTONGESSO

INTERNO

**DETTAGLIO COSTRUTTIVO SCALA 1:20**



**PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO - RISULTATI SINTETICI**

MATERIALE ISOLANTE	DENSITÀ <small>KG/MC</small>	CONDUCIBILITÀ <small>W/MK</small>
LANA DI ROCCIA	25 - 200	0,035 - 0,050

INDICE PRESTAZIONALE	UNITÀ	VALORE MINIMO	VALORE MEDIO	VALORE MASSIMO
TRASMITTANZA TERMICA	<small>w/mqK</small>	0,175	0,206	0,238
SFASAMENTO TERMICO	ORA (h)	4h 18'	6h 20'	8h 47'
ISOLAMENTO ACUSTICO	<small>dB</small>	37	37,5	38
CONDENSA INTERSTIZIALE	<small>g/m²</small>	MAX IN MARZO 3780		MAX IN MARZO 2900
ENERGIA INCORPORATA	<small>MJ/kgm²</small>	412,54	460,59	508,65
CO <sub>2</sub> INCORPORATA	<small>kgCO<sub>2</sub>eq/m²</small>	28,53	31,87	35,21

SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MINIMA.

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

Dati generali	
Spessore:	0,262 m
Massa superficiale:	70,40 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	5,7315 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,1745 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,8139
Sfasamento:	4h 18'

Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
	Superficie esterna			0,0400	
1	VAR	Mattonelle in cotto	0,030	54,00	0,3100
2	INA	Camera debolmente ventilata	0,040	0,04	0,0956
3	VAR	Pannelli di fibre di legno duri	0,009	0,41	0,2368
4	VAR	SEMIRIGIDO LANA ROCCIA LOW	0,170	4,25	4,8571
5	VAR	Cartongesso in lastre	0,013	11,70	0,0619
	Superficie interna			0,1300	



Indici acustici	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> : 37 dB	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia



CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

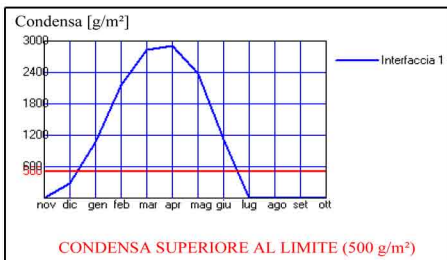
CS 1	Chiusura verticale opaca - Isolamento Low Density										
	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (Kg)	Energia incorporata materiale (MJ/Kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	
	Strato 1	Cartongesso	1x1x0,012	0,012	900	10,8	6,75	72,9	0,39	4,212	
	Strato 2	Lana di roccia	1x1x0,17	0,017	25	0,425	16,8	7,14	1,12	0,476	
	Strato 3	Struttura il legno	(0,06x0,1)x2	0,012	600	7,2	10	72	0,72	5,184	
	Strato 4	Fibra di legno	1x1x0,009	0,009	45	0,405	20	8,1	0,98	0,3969	
	Strato 5	Sottostruttura legno	(4x4x1)x6,6	0,01056	600	6,336	10	63,36	0,72	4,56192	
	Strato 6	Mattonelle in cotto	1x1x0,03/2	0,015	1800	27	7	189	0,5	13,5	
Totale EE pacchetto(MJ/mq) =								412,5	Totale GWP (KgCO <sub>2</sub> e/mq.) =		28,33082

SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MASSIMA.

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

Dati generali	
Spessore:	0,262 m
Massa superficiale:	102,44 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	4,2106 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,2375 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,4958
Sfasamento:	8h 47'

Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
	Superficie esterna			0,0400	
1	VAR	Mattonelle in cotto	0,030	54,00	0,3100
2	INA	Camera debolmente ventilata	0,040	0,04	0,0956
3	VAR	Pannelli di fibre di legno duri	0,009	2,70	0,1731
4	VAR	SEMIRIGIDO LANA ROCCIA HIGH	0,170	34,00	3,4000
5	VAR	Cartongesso in lastre	0,013	11,70	0,0619
	Superficie interna			0,1300	

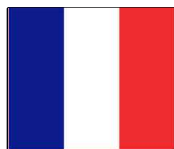


Indici acustici	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> : 38 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani



CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

CS 1	Chiusura verticale opaca - Isolamento High Density										
	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (Kg)	Energia incorporata materiale (MJ/Kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	
	Strato 1	Cartongesso	1x1x0,012	0,012	900	10,8	6,75	72,9	0,39	4,212	
	Strato 2	Lana di roccia	1x1x0,17	0,017	200	3,4	16,8	57,12	1,12	3,808	
	Strato 3	Struttura il legno	(0,06x0,1)x2	0,012	600	7,2	10	72	0,72	5,184	
	Strato 4	Fibra di legno	1x1x0,009	0,009	300	2,7	20	54	0,98	2,646	
	Strato 5	Sottostruttura legno	(4x4x1)x6,6	0,01056	600	6,336	10	63,36	0,72	4,56192	
	Strato 6	Mattonelle in cotto	1x1x0,03/2	0,015	1800	27	7	189	0,5	13,5	
Totale EE pacchetto(MJ/mq) =								508,38	Totale GWP (KgCO <sub>2</sub> e/mq.) =		33,91192



**DATI DEL PROGETTO:**

TIPOLOGIA: RESIDENZA D'ARTISTA  
 PROGETTISTA: R. SCHEWEITZER ARKITEKTEN  
 ANNO DI FINE LAVORI: 1983  
 UBICAZIONE: PARIGI, FRANCIA  
 ALTITUDINE: 109m .s.l.m  
 TEMPERATURE MIN MEDIE: 2°C  
 TEMPERATURE MAX MEDIE: 24 °C

CSI-02

CATEGORIA  
 LIGHT-TECH  
 LEGNO

**STRATIGRAFIA INVOLUCRO VERTICALE:**

STRUTTURA PORTANTE:

LEGNO

TIPOLOGIA INVOLUCRO :

SISTEMA STRATIFICATO LEGGERO

STRUTTURA DI SUPPORTO IN LEGNO

ESTERNO

-100X25MM PANNELLO IN LEGNO CON GIUNTO M/F

-38X142MM TELAIO IN LEGNO CON

-82MM INTERCAPEDINE D'ARIA

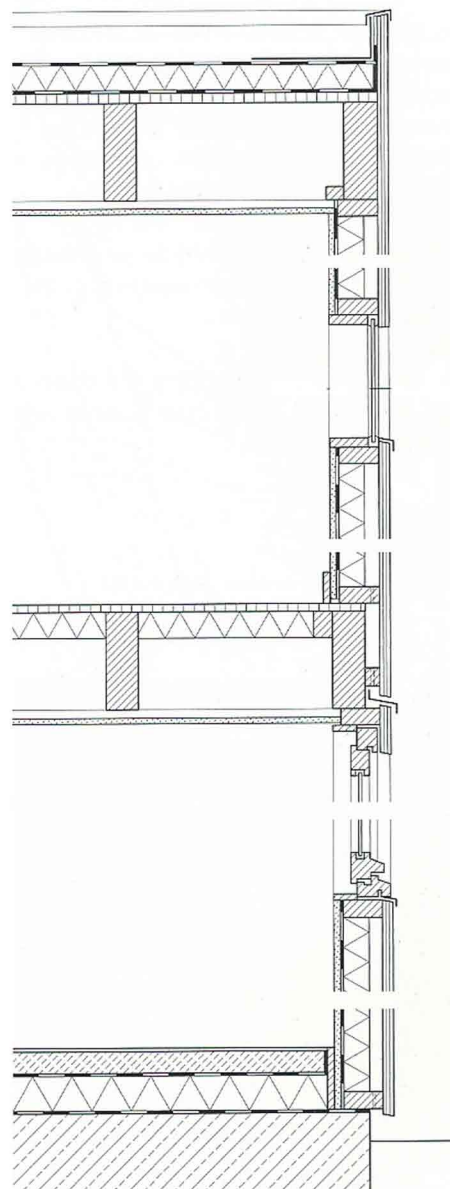
-60MM ISOLAMENTO EPS

-BARRIERA AL VAPORE

-15 MM CARTONGESSO

INTERNO

**DETTAGLIO COSTRUTTIVO SCALA 1:20**



**PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO - RISULTATI SINTETICI**

MATERIALE ISOLANTE	DENSITÀ <small>KG/MC</small>	CONDUCIBILITÀ <small>W/MK</small>
EPS	15 - 30	0,035 - 0,044

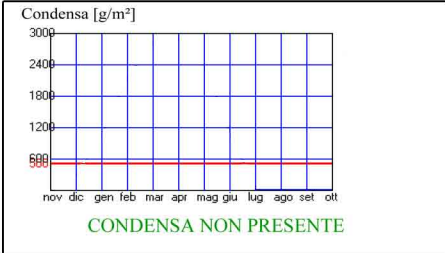
INDICE PRESTAZIONALE	UNITÀ	VALORE MINIMO	VALORE MEDIO	VALORE MASSIMO
TRASMITTANZA TERMICA	$W/m^2k$	0,423	0,459	0,496
SFASAMENTO TERMICO	ORA (h)	2h 34'	2h 35'	2h 37'
ISOLAMENTO ACUSTICO	dB	31	31,5	32
CONDENSA INTERSTIZIALE	$g/m^2$	NESSUNA CONDENSA		NESSUNA CONDENSA
ENERGIA INCORPORATA	$MJ/kgm^2$	436,88	476,75	516,62
CO <sub>2</sub> INCORPORATA	$kgCO_{2eq}/m^2$	27,37	28,85	30,33

SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MINIMA.

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

Dati generali	
Spessore:	0,191 m
Massa superficiale:	37,33 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	2,3652 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,4228 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,9512
Sfasamento:	2h 34'

	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	LEG	Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,025	12,50	0,1786	0,750
2	INA	Camera non ventilata	0,080	0,08	0,1833	0,080
3	VAR	EPS LOW	0,060	0,90	1,7143	3,600
4	IMP	Foglio di Alluminio rivestito 0.05 mm	0,001	1,35	0,0000	850,000
5	VAR	Cartongesso in lastre	0,025	22,50	0,1190	0,200
		Superficie interna			0,1300	



Indici acustici	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> : 31 dB	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia



CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

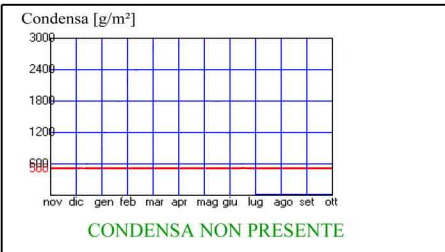
CS 2	Chiusura verticale opaca - Isolamento Low Density									
	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (kg)	Energia incorporata materiale (MJ/kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )
	Strato 1	Cartongesso	1x1x0,012	0,012	900	10,8	6,75	72,9	0,39	4,212
	Strato 2	Foglio di alluminio	1x1x0,00005	0,00005	2700	0,135	155	20,925	9,16	1,2366
	Strato 3	Sottostruttura in legno	(0,038x0,142x1)x1,5+(0,038x0,142x1)x2	0,018886	600	11,3316	10	113,316	0,72	8,158752
	Strato 4	EPS	1x1x0,06	0,06	15	0,9	88,6	79,74	3,29	2,961
	Strato 5	Pannello in legno	1x1x0,025	0,025	600	15	10	150	0,72	10,8
							Totale EE pacchetto(MJ/mq) =	436,881	Totale GWP (kgCO <sub>2</sub> e/mq.) =	27,368352

SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MASSIMA.

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

Dati generali	
Spessore:	0,191 m
Massa superficiale:	38,23 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	2,0145 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,4964 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,9565
Sfasamento:	2h 37'

	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	LEG	Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,025	12,50	0,1786	0,750
2	INA	Camera non ventilata	0,080	0,08	0,1833	0,080
3	VAR	EPS HIGH	0,060	1,80	1,3636	3,600
4	IMP	Foglio di Alluminio rivestito 0.05 mm	0,001	1,35	0,0000	850,000
5	VAR	Cartongesso in lastre	0,025	22,50	0,1190	0,200
		Superficie interna			0,1300	



Indici acustici	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> : 32 dB	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia



CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

CS 2	Chiusura verticale opaca - Isolamento High Density									
	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (kg)	Energia incorporata materiale (MJ/kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )
	Strato 1	Cartongesso	1x1x0,012	0,012	900	10,8	6,75	72,9	0,39	4,212
	Strato 2	Foglio di alluminio	1x1x0,00005	0,00005	2700	0,135	155	20,925	9,16	1,2366
	Strato 3	Sottostruttura in legno	(0,038x0,142x1)x1,5+(0,038x0,142x1)x2	0,018886	600	11,3316	10	113,316	0,72	8,158752
	Strato 4	EPS	1x1x0,06	0,06	30	1,8	88,6	159,48	3,29	5,932
	Strato 5	Pannello in legno	1x1x0,025	0,025	600	15	10	150	0,72	10,8
							Totale EE pacchetto(MJ/mq) =	516,621	Totale GWP (kgCO <sub>2</sub> e/mq.) =	30,329352



**DATI DEL PROGETTO:**

TIPOLOGIA: RESIDENZE  
 PROGETTISTA: FINK & JOCHER ARCHITECTS  
 ANNO DI FINE LAVORI: 1996

UBICAZIONE: REGENSBURG, GERMANIA  
 ALTITUDINE: 326m .s.l.m  
 TEMPERATURE MIN MEDIE: -3,6 °C  
 TEMPERATURE MAX MEDIE: 24,2 °C

CSI-03

CATEGORIA  
 LIGHT-TECH  
 LEGNO

**STRATIGRAFIA INVOLUCRO VERTICALE:**

STRUTTURA PORTANTE:

LEGNO

TIPOLOGIA INVOLUCRO :

SISTEMA STRATIFICATO LEGGERO

STRUTTURA DI SUPPORTO IN LEGNO

ESTERNO

-48x24MM TAVOLE ORIZZONTALI DI LEGNO DI LARICE

-40x20 BATTENTI IN LEGNO

-MEMBRANA IMPERMEABILE

-PANNELLO DI TRUCIOLATO

-60x120MM TELAIO IN LEGNO

-120MM ISOLAMENTO IN LANA DI ROCCIA

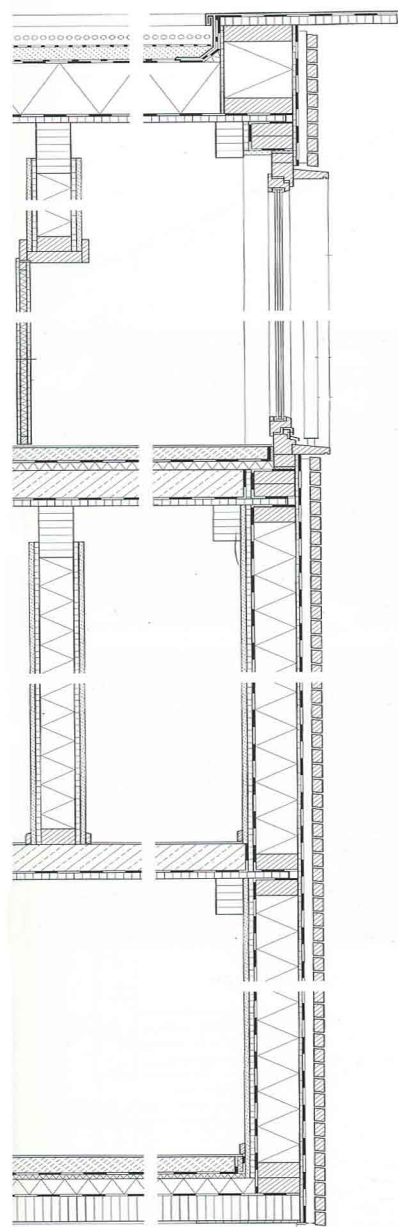
-BARRIERA AL VAPORE LAMINA PLASTICA

-PANNELLO IN TRUCIOLATO

-12.5 CARTONGESSO

INTERNO

**DETTAGLIO COSTRUTTIVO SCALA 1:20**



**PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO - RISULTATI SINTETICI**

MATERIALE ISOLANTE	DENSITÀ <small>KG/MC</small>	CONDUCIBILITÀ <small>W/MK</small>
LANA DI ROCCIA	25 - 200	0,035 - 0,050

INDICE PRESTAZIONALE	UNITÀ	VALORE MINIMO	VALORE MEDIO	VALORE MASSIMO
TRASMITTANZA TERMICA	$w/m^2K$	0,241	0,281	0,321
SFASAMENTO TERMICO	ORA (h)	5h 04'	6h 16'	7h 28'
ISOLAMENTO ACUSTICO	dB	31	33,5	36
CONDENSA INTERSTIZIALE	$g/m^2$	MAX IN MARZO 24,6		MAX IN MARZO 23,3
ENERGIA INCORPORATA	$MJ/kgm^2$	950,86	1 127,26	1 303,66
CO <sub>2</sub> INCORPORATA	$kgCO_2eq/m^2$	47,73	54,35	60,96

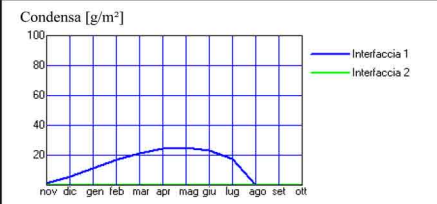


SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MINIMA.

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

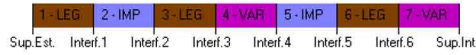
Dati generali	
Spessore:	0,192 m
Massa superficiale:	42,47 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	4,1435 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,2413 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,7368
Sfasamento:	5h 4'

Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
	Superficie esterna			0,0400	
1	LEG Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	0,025	11,25	0,2083	1,500
2	IMP Bitume polimero su PPL sp.3 mm.	0,003	3,00	0,0140	168,000
3	LEG Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,015	6,00	0,1250	0,450
4	VAR SEMIRIGIDO LANA ROCCIA LOW	0,120	3,00	3,4286	0,120
5	IMP Foglio in P.E. sp.1.6 mm.	0,002	1,52	0,0107	80,000
6	LEG Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,015	6,00	0,1250	0,450
7	VAR Cartongesso in lastre	0,013	11,70	0,0619	0,104
	Superficie interna			0,1300	



CONDENSA PRESENTE MA INFERIORE AL LIMITE (500 g/m<sup>2</sup>)

Indici acustici	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> : 31 dB	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia



CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

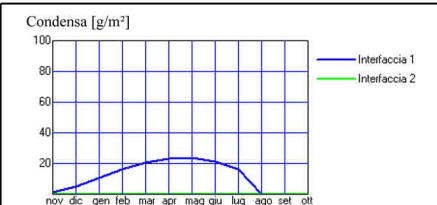
Chiusura verticale opaca - Isolamento Low Density											
CS 3	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (Kg)	Energia incorporata materiale (MJ/kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	
	Strato 1	Tavole di larice	1x1x0,024	0,024	600	14,4	10	144	0,72	10,368	
	Strato 2	Battenti di legno	1x1x(0,02x0,04)	0,0008	600	0,48	10	4,8	0,72	0,3456	
	Strato 3	Guaina bituminosa	1x1x0,003	0,003	1200	3,6	51	153,6	0,98	3,528	
	Strato 4	Pannello truciolato	1x1x0,015	0,015	550	8,25	14,5	119,625	0,86	7,095	
	Strato 5	Sottotruttura in legno	(0,06x0,12x1)+1,5+(0,06x0,12x1)+1,5	0,0216	600	12,96	10	129,6	0,72	9,3312	
	Strato 6	Lana di roccia	1x1x0,12	0,12	25	3	16,8	50,4	0,63	1,89	
	Strato 7	Foglio in polietilene	1x1x0,0016	0,0016	950	1,52	83,1	126,312	2,54	3,8608	
	Strato 8	Pannello truciolato	1x1x0,015	0,015	550	8,25	14,5	119,625	0,86	7,095	
	Strato 9	Cartongesso	1x1x0,012	0,012	900	10,8	6,75	72,9	0,39	4,212	
Totale EE pacchetto(MJ/mq) =								950,862	Totale GWP (kgCO <sub>2</sub> e/mq.) =		47,7256

SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MASSIMA.

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

Dati generali	
Spessore:	0,192 m
Massa superficiale:	63,47 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	3,1149 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,3210 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,5840
Sfasamento:	7h 28'

Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
	Superficie esterna			0,0400	
1	LEG Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	0,025	11,25	0,2083	1,500
2	IMP Bitume polimero su PPL sp.3 mm.	0,003	3,00	0,0140	168,000
3	LEG Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,015	6,00	0,1250	0,450
4	VAR SEMIRIGIDO LANA ROCCIA HIGH	0,120	24,00	2,4000	0,156
5	IMP Foglio in P.E. sp.1.6 mm.	0,002	1,52	0,0107	80,000
6	LEG Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,015	6,00	0,1250	0,450
7	VAR Cartongesso in lastre	0,013	11,70	0,0619	0,104
	Superficie interna			0,1300	



CONDENSA PRESENTE MA INFERIORE AL LIMITE (500 g/m<sup>2</sup>)

Indici acustici	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> : 36 dB	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia



CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

Chiusura verticale opaca - Isolamento High Density											
CS 3	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (Kg)	Energia incorporata materiale (MJ/kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	
	Strato 1	Tavole di larice	1x1x0,024	0,024	600	14,4	10	144	0,72	10,368	
	Strato 2	Battenti di legno	1x1x(0,02x0,04)	0,0008	600	0,48	10	4,8	0,72	0,3456	
	Strato 3	Guaina bituminosa	1x1x0,003	0,003	1200	3,6	51	153,6	0,98	3,528	
	Strato 4	Pannello truciolato	1x1x0,015	0,015	550	8,25	14,5	119,625	0,86	7,095	
	Strato 5	Sottotruttura in legno	(0,06x0,12x1)+1,5+(0,06x0,12x1)+1,5	0,0216	600	12,96	10	129,6	0,72	9,3312	
	Strato 6	Lana di roccia	1x1x0,12	0,12	200	24	16,8	403,2	0,63	15,12	
	Strato 7	Foglio in polietilene	1x1x0,0016	0,0016	950	1,52	83,1	126,312	2,54	3,8608	
	Strato 8	Pannello truciolato	1x1x0,015	0,015	550	8,25	14,5	119,625	0,86	7,095	
	Strato 9	Cartongesso	1x1x0,012	0,012	900	10,8	6,75	72,9	0,39	4,212	
Totale EE pacchetto(MJ/mq) =								1303,662	Totale GWP (kgCO <sub>2</sub> e/mq.) =		60,9556



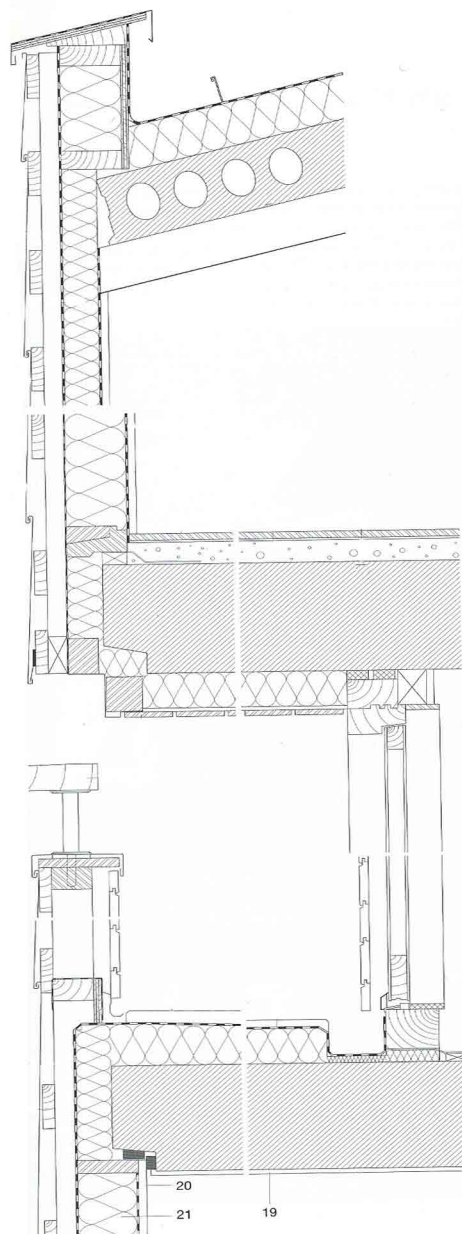
CSI-04

CATEGORIA  
LIGHT-TECH  
LEGNO

DATI DEL PROGETTO:

TIPOLOGIA: RESIDENZE  
 PROGETTISTA: ARCHITEKE CIE  
 ANNO DI FINE LAVORI: 2000  
 UBICAZIONE: AMSTERDAM, PAESI BASSI  
 ALTITUDINE: 2m .S.L.M  
 TEMPERATURE MIN MEDIE: -1°C  
 TEMPERATURE MAX MEDIE: 21,8 °C

DETTAGLIO COSTRUTTIVO SCALA 1:20



STRATIGRAFIA INVOLUCRO VERTICALE:

STRUTTURA PORTANTE:  
 ACCIAIO E CALCESTRUZZO ARMATO  
 TIPOLOGIA INVOLUCRO :  
 SISTEMA STRATIFICATO LEGGERO  
 STRUTTURA DI SUPPORTO IN LEGNO

**ESTERNO**

- 1 MM LAMIERA IN ZINCO TITANIO
- 80MM CAMERA D'ARIA
- 25MM LISTELLI ORIZZONTALI IN LEGNO DI LARICE
- 40MM LISTELLI VERTICALI IN LEGNO DI LARICE
- 4MM GUAINA BITUMINOSA
- 70 MM ISOLAMENTO IN EPS
- 2MM BARRIERA AL VAPORE IN POLITILENE
- 15MM CARTONGESSO

**INTERNO**

PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO - RISULTATI SINTETICI

MATERIALE ISOLANTE	DENSITÀ $\text{kg/m}^3$	CONDUCIBILITÀ $\text{W/mK}$
EPS	15 - 30	0,035 - 0,044

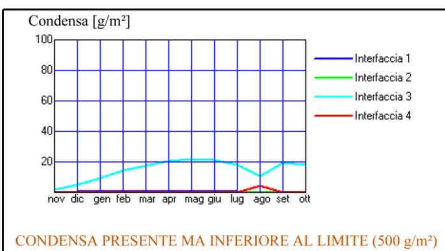
INDICE PRESTAZIONALE	UNITÀ	VALORE MINIMO	VALORE MEDIO	VALORE MASSIMO
TRASMITTANZA TERMICA	$\text{w/m}^2\text{K}$	0,409	0,451	0,492
SFASAMENTO TERMICO	ORA (h)	1h 11'	1h 13'	1h 16'
ISOLAMENTO ACUSTICO	dB	28	28,5	29
CONDENSA INTERSTIZIALE	$\text{g/m}^2$	MAX IN APRILE 21,4		MAX IN APRILE 20,6
ENERGIA INCORPORATA	$\text{MJ/kgm}^2$	718,21	758,07	797,93
CO <sub>2</sub> INCORPORATA	$\text{kgCO}_2\text{eq/m}^2$	30,33	31,81	33,29

SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MINIMA.

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

Dati generali	
Spessore:	0,170 m
Massa superficiale:	25,83 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	2,4419 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,4095 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	1,0094
Sfasamento:	1h 11'

	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	MET	Zinco	0,001	7,10	0,0000	2000,000
2	INA	Camera non ventilata	0,080	0,08	0,1833	0,080
3	IMP	Bitume polimero su PPL sp.4 mm.	0,004	4,00	0,0133	320,000
4	VAR	EPS LOW	0,070	1,05	2,0000	4,200
5	IMP	Foglio in P.E. sp.1.6 mm.	0,002	1,90	0,0133	100,000
6	VAR	Cartongesso in lastre	0,013	11,70	0,0619	0,104
		Superficie interna			0,1300	



Indici acustici	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> : 28 dB	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia



CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

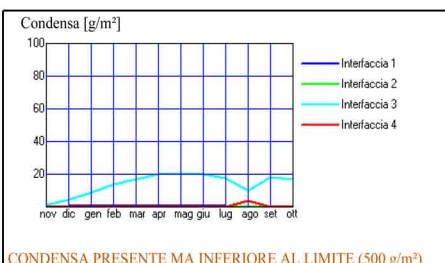
CS 4	Chiusura verticale opaca - Isolamento Low Density									
	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (Kg)	Energia incorporata materiale (MJ/kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )
	Strato 1	Lamiere in zinco titanio	1x1,01x0,0005	0,000505	7140	3,6057	53,1	191,46267	3,09	11,141613
	Strato 2	Listelli orizzontali in legno di larice	(0,025x0,1x1)x3	0,0075	600	4,5	10	45	0,72	3,24
	Strato 3	Listelli verticali in legno di larice	(0,04x0,04x1)x2	0,0032	600	1,92	10	19,2	0,72	1,3824
	Strato 4	Guaina bituminosa	1x1x0,003	0,003	1200	3,6	51	183,6	0,58	3,528
	Strato 5	EPS	1x1x0,06	0,06	15	0,9	88,6	79,74	3,29	2,961
	Strato 6	Foglio in polietilene	1x1x0,0016	0,0016	950	1,52	83,1	126,312	2,54	3,8608
	Strato 7	Cartongesso	1x1x0,012	0,012	900	10,8	6,75	72,9	0,39	4,212
							Totale EE pacchetto(MJ/mq) =	718,21467	Totale GWP (kgCO <sub>2</sub> e/mq) =	30,325813

SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MASSIMA.

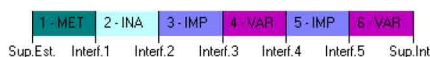
VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

Dati generali	
Spessore:	0,170 m
Massa superficiale:	26,88 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	2,0328 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,4919 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	1,0157
Sfasamento:	1h 16'

	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	MET	Zinco	0,001	7,10	0,0000	2000,000
2	INA	Camera non ventilata	0,080	0,08	0,1833	0,080
3	IMP	Bitume polimero su PPL sp.4 mm.	0,004	4,00	0,0133	320,000
4	VAR	EPS HIGH	0,070	2,10	1,5909	4,200
5	IMP	Foglio in P.E. sp.1.6 mm.	0,002	1,90	0,0133	100,000
6	VAR	Cartongesso in lastre	0,013	11,70	0,0619	0,104
		Superficie interna			0,1300	

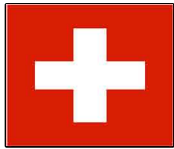


Indici acustici	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> : 29 dB	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia



CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

CS 4	Chiusura verticale opaca - Isolamento High Density									
	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (Kg)	Energia incorporata materiale (MJ/kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )
	Strato 1	Lamiere in zinco titanio	1x1,01x0,0005	0,000505	7140	3,6057	53,1	191,46267	3,09	11,141613
	Strato 2	Listelli orizzontali in legno di larice	(0,025x0,1x1)x3	0,0075	600	4,5	10	45	0,72	3,24
	Strato 3	Listelli verticali in legno di larice	(0,04x0,04x1)x2	0,0032	600	1,92	10	19,2	0,72	1,3824
	Strato 4	Guaina bituminosa	1x1x0,003	0,003	1200	3,6	51	183,6	0,58	3,528
	Strato 5	EPS	1x1x0,06	0,06	30	1,8	88,6	159,48	3,29	5,322
	Strato 6	Foglio in polietilene	1x1x0,0016	0,0016	950	1,52	83,1	126,312	2,54	3,8608
	Strato 7	Cartongesso	1x1x0,012	0,012	900	10,8	6,75	72,9	0,39	4,212
							Totale EE pacchetto(MJ/mq) =	797,95467	Totale GWP (kgCO <sub>2</sub> e/mq) =	33,286813

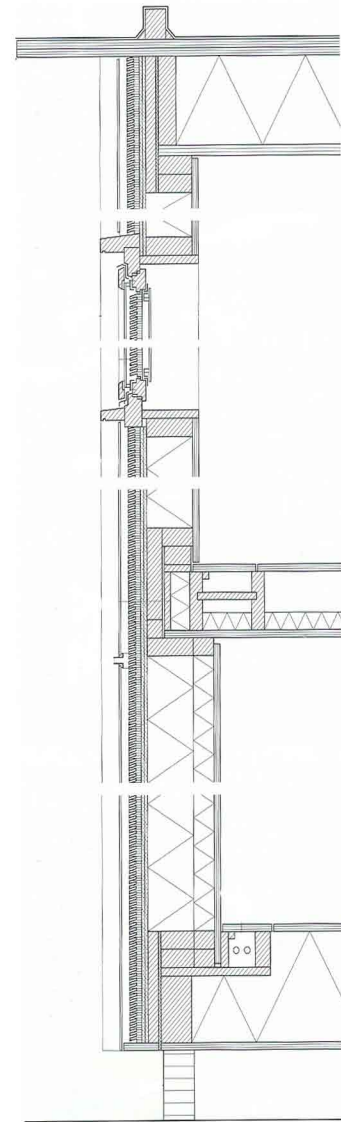


**CSI-05**  
 CATEGORIA  
 LIGHT-TECH  
 LEGNO

DATI DEL PROGETTO:

TIPOLOGIA: RESIDENZA CONCEPT  
 PROGETTISTA: ARCHITEKE  
 ANNO DI FINE LAVORI: 1980  
 UBICAZIONE: WIDHAUS, SVIZZERA  
 ALTITUDINE: 1095m .S.L.M  
 TEMPERATURE MIN MEDIE: -2°C  
 TEMPERATURE MAX MEDIE: 21,8 °C

DETTAGLIO COSTRUTTIVO SCALA 1:20



STRATIGRAFIA INVOLUCRO VERTICALE:

STRUTTURA PORTANTE:

LEGNO

TIPOLOGIA INVOLUCRO :

SISTEMA STRATIFICATO LEGGERO

STRUTTURA DI SUPPORTO IN LEGNO

ESTERNO

- 6 MM VETRO TEMPRATO DI SICUREZZA SELETTIVO
- 30 MM CAVITÀ D'ARIA
- 40 MM ASSORBITORE, PEPITE A GRANA FINE DI LEGNO
- 25 MM CARTONGESSO
- 170 MM ISOLAMENTO DI CELLULOSA IN FIOCCHI
- 25 MM COMPENSATO A TRE STRATI DI LARICE

INTERNO

PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO - RISULTATI SINTETICI

MATERIALE ISOLANTE	DENSITÀ <small>KG/MC</small>	CONDUCIBILITÀ <small>W/MK</small>
CELLULOSA IN FIOCCHI	25 - 65	0,037 - 0,041

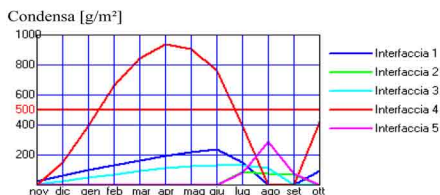
INDICE PRESTAZIONALE	UNITÀ	VALORE MINIMO	VALORE MEDIO	VALORE MASSIMO
TRASMITTANZA TERMICA	$w/m^2K$	0,181	0,189	0,197
SFASAMENTO TERMICO	ORA (h)	8h 53'	10h 00'	11h 08'
ISOLAMENTO ACUSTICO	dB	36	36,5	37
CONDENSA INTERSTIZIALE	$g/m^2$	MAX IN MARZO 936,9		MAX IN MARZO 891,3
ENERGIA INCORPORATA	$MJ/kgm^2$	942,99	950,19	957,40
CO <sub>2</sub> INCORPORATA	$KgCO_2eq/m^2$	63,62	64,03	64,44

SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MINIMA.

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

Dati generali	
Spessore:	0,296 m
Massa superficiale:	81,78 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	5,5372 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,1806 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,4908
Sfasamento:	8h 53'

Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
	Superficie esterna			0,0400	
1	VAR	Vetro da finestre	0,006	15,00	0,0060
2	INA	Camera non ventilata	0,030	0,03	0,1833
3	LEG	Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,040	20,00	0,2857
4	VAR	Cartongesso in lastre	0,025	22,50	0,1190
5	VAR	FIOCCHI DI CELLULOSA LOW	0,170	4,25	4,5946
6	LEG	Pannelli di fibre di legno duri ed extraduri	0,025	20,00	0,1786
	Superficie interna			0,1300	



CONDENSA SUPERIORE AL LIMITE (500 g/m<sup>2</sup>)

Indici acustici	
Formula utilizzata	
R <sub>w</sub> : 36 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani



CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

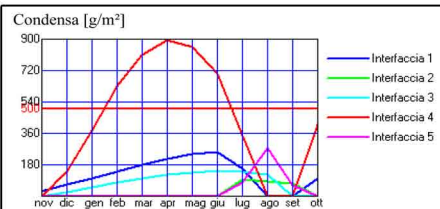
Chiusura verticale opaca - Isolamento Low Density											
CS 5	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (Kg)	Energia incorporata materiale (MJ/Kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	
	Strato 1	Vetro temprato	1x1x0,006	0,006	2500	15	15	225	0,91	13,65	
	Strato 2	Assorbitore pepite di legno	1x1x0,04	0,04	600	24	10	240	0,72	17,28	
	Strato 3	Cartongesso	1x1x0,025	0,025	900	22,5	6,75	151,875	0,39	8,775	
	Strato 4	Sottotruttura in legno	(0,06x0,12x1)x1,5+(0,06x0,12x1)x1,5	0,0216	600	12,96	10	129,6	0,72	9,3312	
	Strato 5	Fiocchi di cellulosa	1x1x0,17	0,17	25	4,25	2,12	9,01	0,15	0,6375	
	Strato 6	Compensato	1x1x0,025	0,025	500	12,5	15	187,5	1,1	13,75	
Totale EE pacchetto(MJ/mq) =								942,985	Totale GWP (kgCO <sub>2</sub> e/mq.) =		63,4237

SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MASSIMA.

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

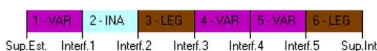
Dati generali	
Spessore:	0,296 m
Massa superficiale:	88,58 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	5,0890 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,1965 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,3723
Sfasamento:	11h 8'

Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
	Superficie esterna			0,0400	
1	VAR	Vetro da finestre	0,006	15,00	0,0060
2	INA	Camera non ventilata	0,030	0,03	0,1833
3	LEG	Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,040	20,00	0,2857
4	VAR	Cartongesso in lastre	0,025	22,50	0,1190
5	VAR	FIOCCHI DI CELLULOSA HIGH	0,170	11,05	4,1463
6	LEG	Pannelli di fibre di legno duri ed extraduri	0,025	20,00	0,1786
	Superficie interna			0,1300	



CONDENSA SUPERIORE AL LIMITE (500 g/m<sup>2</sup>)

Indici acustici	
Formula utilizzata	
R <sub>w</sub> : 37 dB	Formule proposte da rapporto tecnico UNI - Laboratori Italiani



CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

Chiusura verticale opaca - Isolamento High Density											
CS 5	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (Kg)	Energia incorporata materiale (MJ/Kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	
	Strato 1	Vetro temprato	1x1x0,006	0,006	2500	15	15	225	0,91	13,65	
	Strato 2	Assorbitore pepite di legno	1x1x0,04	0,04	600	24	10	240	0,72	17,28	
	Strato 3	Cartongesso	1x1x0,025	0,025	900	22,5	6,75	151,875	0,39	8,775	
	Strato 4	Sottotruttura in legno	(0,06x0,12x1)x1,5+(0,06x0,12x1)x1,5	0,0216	600	12,96	10	129,6	0,72	9,3312	
	Strato 5	Fiocchi di cellulosa	1x1x0,17	0,17	65	11,05	2,12	23,426	0,15	1,6575	
	Strato 6	Compensato	1x1x0,025	0,025	500	12,5	15	187,5	1,1	13,75	
Totale EE pacchetto(MJ/mq) =								957,402	Totale GWP (kgCO <sub>2</sub> e/mq.) =		64,4437



**DATI DEL PROGETTO:**

TIPOLOGIA: RESIDENZA PRIVATA  
 PROGETTISTA: N.BIENEFELD ARCHITEKTEN  
 ANNO DI FINE LAVORI: 1998  
 UBICAZIONE: NEUEDORF, GERMANIA  
 ALTITUDINE: 32-66m .s.l.m  
 TEMPERATURE MIN MEDIE: -3,4°C  
 TEMPERATURE MAX MEDIE: 23,6 °C

CSI-06

CATEGORIA  
 LIGHT-TECH  
 LEGNO

**STRATIGRAFIA INVOLUCRO VERTICALE:**

STRUTTURA PORTANTE:

LEGNO

TIPOLOGIA INVOLUCRO :

SISTEMA STRATIFICATO LEGGERO

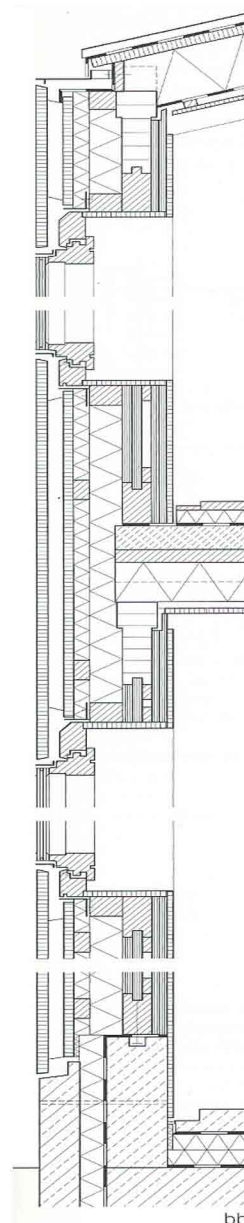
STRUTTURA DI SUPPORTO IN LEGNO

**ESTERNO**

- 48x24MM TAVOLE ORIZZONTALI DI LEGNO
- 40x20 MONTANTI
- MEMBRANA IMPERMEABILE
- 15MM PANNELLO DI TRUCIOLATO
- 120MM ISOLAMENTO IN LANA DI ROCCIA TRA
- 60x120MM TELAIO IN LEGNO
- BARRIERA AL VAPORE
- LAMINA PLASTICA
- 15 MM PANNELLO IN TRUCIOLATO
- 80x60MM MONTANTI
- 12.5 CARTONGESSO

**INTERNO**

**DETTAGLIO COSTRUTTIVO SCALA 1:20**



**PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO - RISULTATI SINTETICI**

MATERIALE ISOLANTE	DENSITÀ $\text{kg}/\text{m}^3$	CONDUCIBILITÀ $\text{w}/\text{mK}$
LANA DI ROCCIA	25 - 200	0,035 - 0,050

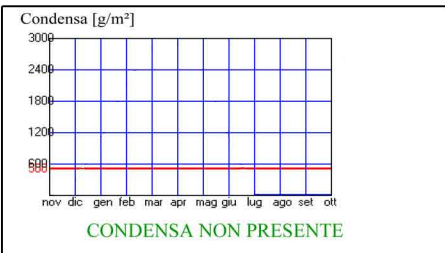
INDICE PRESTAZIONALE	UNITÀ	VALORE MINIMO	VALORE MEDIO	VALORE MASSIMO
TRASMITTANZA TERMICA	$\text{w}/\text{m}^2\text{K}$	0,231	0,267	0,303
SFASAMENTO TERMICO	ORA (h)	5h 11'	6h 26'	7h 34'
ISOLAMENTO ACUSTICO	dB	33	34,5	36
CONDENSA INTERSTIZIALE	$\text{g}/\text{m}^2$	NON PRESENTE		NON PRESENTE
ENERGIA INCORPORATA	$\text{MJ}/\text{kgm}^2$	1070,82	1247,22	1423,62
CO <sub>2</sub> INCORPORATA	$\text{kgCO}_2\text{eq}/\text{m}^2$	56,05	62,67	69,28

SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MINIMA.

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

Dati generali	
Spessore:	0,233 m
Massa superficiale:	43,86 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	4,3278 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,2311 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,7591
Sfasamento:	5h 11'

Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
	Superficie esterna			0,0400	
1	LEG Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	0,025	11,25	0,2083	1,500
2	INA Camera non ventilata	0,040	0,04	0,1833	0,040
3	IMP Bitume polimero su PPL sp.3 mm.	0,003	3,00	0,0150	180,000
4	LEG Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,015	6,00	0,1250	0,450
5	VAR SEMIRIGIDO LANA ROCCIA LOW	0,120	3,00	3,4286	0,120
6	IMP Foglio di Alluminio rivestito 0.05 mm	0,001	1,35	0,0000	850,000
7	IMP Foglio in P.E. sp.1.6 mm.	0,002	1,52	0,0107	80,000
8	LEG Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,015	6,00	0,1250	0,450
9	VAR Cartongesso in lastre	0,013	11,70	0,0619	0,104
	Superficie interna			0,1300	



Indici acustici	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> :	33 dB
	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia

1-LEG 2-INA 3-IMP 4-LEG 5-VAR 6-IMP 7-IMP 8-LEG 9-VAR  
 Sup.Est. Interf.1 Interf.2 Interf.3 Interf.4 Interf.5 Interf.6 Interf.7 Interf.8 Sup.Int.

CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

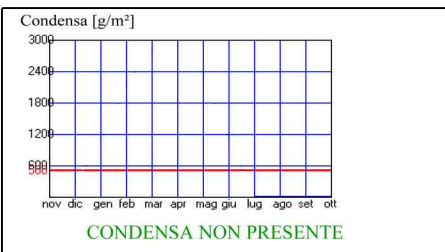
CS 6	Chiusura verticale opaca - Isolamento Low Density										
	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (Kg)	Energia incorporata materiale (MJ/Kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	
	Strato 1	Tavole di larice	1x1x0,024	0,024	600	14,4	10	144	0,72	10,368	
	Strato 2	Listelli orizzontali in legno	(0,04+0,02x1)x3	0,0024	600	1,44	10	14,4	0,72	1,0368	
	Strato 3	Guaina bituminosa	1x1x0,003	0,003	1200	3,6	51	183,6	0,98	3,528	
	Strato 4	Pannello truciolato	1x1x0,015	0,015	350	8,25	14,5	119,625	0,86	7,095	
	Strato 5	Sottotruttura in legno	(0,06+0,12x1x1,5)+(0,06+0,12x1x1,5)	0,0216	600	12,96	10	129,6	0,72	9,3312	
	Strato 6	Lana di roccia	1x1x0,12	0,12	25	3	16,8	50,4	0,63	1,89	
	Strato 7	Foglio di alluminio	1x1x0,00005	0,00005	2700	0,135	155	20,925	9,16	1,2366	
	Strato 8	Foglio in polietilene	1x1x0,0016	0,0016	950	1,52	83,1	126,312	2,54	3,8608	
	Strato 9	Pannello truciolato	1x1x0,015	0,015	350	8,25	14,5	119,625	0,86	7,095	
	Strato 10	Listelli orizzontali in legno	(0,08+0,06x1)x3	0,0144	600	8,64	10	86,4	0,72	6,2208	
	Strato 11	Cartongesso	1x1x0,0125	0,0125	900	11,25	6,75	75,9375	0,39	4,3875	
Totale EE pacchetto(MJ/mq) =									1070,8245	Totale GWP (kgCO <sub>2</sub> e/mq.) =	56,0497

SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MASSIMA.

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

Dati generali	
Spessore:	0,233 m
Massa superficiale:	64,86 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	3,2992 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,3031 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,6096
Sfasamento:	7h 34'

Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
	Superficie esterna			0,0400	
1	LEG Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	0,025	11,25	0,2083	1,500
2	INA Camera non ventilata	0,040	0,04	0,1833	0,040
3	IMP Bitume polimero su PPL sp.3 mm.	0,003	3,00	0,0150	180,000
4	LEG Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,015	6,00	0,1250	0,450
5	VAR SEMIRIGIDO LANA ROCCIA HIGH	0,120	24,00	2,4000	0,156
6	IMP Foglio di Alluminio rivestito 0.05 mm	0,001	1,35	0,0000	850,000
7	IMP Foglio in P.E. sp.1.6 mm.	0,002	1,52	0,0107	80,000
8	LEG Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,015	6,00	0,1250	0,450
9	VAR Cartongesso in lastre	0,013	11,70	0,0619	0,104
	Superficie interna			0,1300	



Indici acustici	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> :	36 dB
	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia

1-LEG 2-INA 3-IMP 4-LEG 5-VAR 6-IMP 7-IMP 8-LEG 9-VAR  
 Sup.Est. Interf.1 Interf.2 Interf.3 Interf.4 Interf.5 Interf.6 Interf.7 Interf.8 Sup.Int.

CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

CS 6	Chiusura verticale opaca - Isolamento High Density										
	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (Kg)	Energia incorporata materiale (MJ/Kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	
	Strato 1	Tavole di larice	1x1x0,024	0,024	600	14,4	10	144	0,72	10,368	
	Strato 2	Listelli orizzontali in legno	(0,04+0,02x1)x3	0,0024	600	1,44	10	14,4	0,72	1,0368	
	Strato 3	Guaina bituminosa	1x1x0,003	0,003	1200	3,6	51	183,6	0,98	3,528	
	Strato 4	Pannello truciolato	1x1x0,015	0,015	350	8,25	14,5	119,625	0,86	7,095	
	Strato 5	Sottotruttura in legno	(0,06+0,12x1x1,5)+(0,06+0,12x1x1,5)	0,0216	600	12,96	10	129,6	0,72	9,3312	
	Strato 6	Lana di roccia	1x1x0,12	0,12	200	24	16,8	403,2	0,63	15,12	
	Strato 7	Foglio di alluminio	1x1x0,00005	0,00005	2700	0,135	155	20,925	9,16	1,2366	
	Strato 8	Foglio in polietilene	1x1x0,0016	0,0016	950	1,52	83,1	126,312	2,54	3,8608	
	Strato 9	Pannello truciolato	1x1x0,015	0,015	350	8,25	14,5	119,625	0,86	7,095	
	Strato 10	Listelli orizzontali in legno	(0,08+0,06x1)x3	0,0144	600	8,64	10	86,4	0,72	6,2208	
	Strato 11	Cartongesso	1x1x0,0125	0,0125	900	11,25	6,75	75,9375	0,39	4,3875	
Totale EE pacchetto(MJ/mq) =									1423,6245	Totale GWP (kgCO <sub>2</sub> e/mq.) =	69,2797



CSI-07

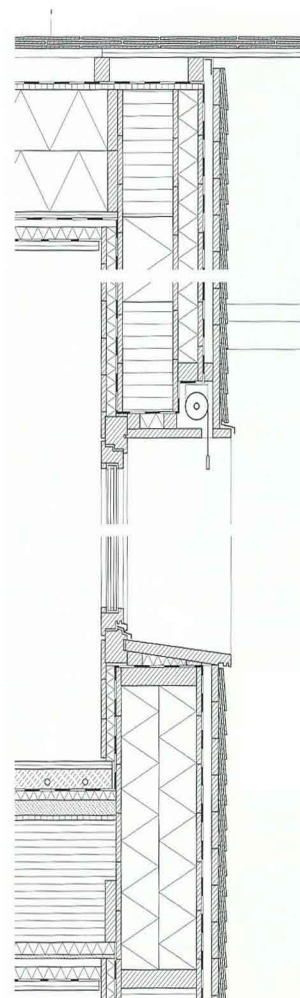
CATEGORIA  
LIGHT-TECH  
LEGNO

DATI DEL PROGETTO:

TIPOLOGIA: SCUOLA MATERNA  
PROGETTISTA: B. BADER ARCHITEKT  
ANNO DI FINE LAVORI: 2009

UBICAZIONE: BIZAU, AUSTRIA  
ALTITUDINE: 681m .s.l.m  
TEMPERATURE MIN MEDIE: -5,2°C  
TEMPERATURE MAX MEDIE: 24,7 °C

DETTAGLIO COSTRUTTIVO SCALA 1:20



STRATIGRAFIA INVOLUCRO VERTICALE:

STRUTTURA PORTANTE:

LEGNO

TIPOLOGIA INVOLUCRO :

SISTEMA STRATIFICATO LEGGERO

STRUTTURA DI SUPPORTO IN LEGNO

ESTERNO

- 30 MM ASSI DI ABETE
- 27 MM PANNELLO DI LEGNO PER POSA SCANDOLE
- 40 MM INTERCAPEDINE AREATA
- STRATO ANTIVENTO
- 20 MM PANNELLO DI LEGNO
- 300 MM ISOLAMENTO IN FIOCCHI DI DI CELLULOSA
- 20 MM PANNELLO DI LEGNO
- BARRIERA AL VAPORE
- 40 MM ISOLAMENTO IN LANA DI PECORA
- 20 MM PANNELLI IN ABETE

INTERNO

PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO - RISULTATI SINTETICI

MATERIALE ISOLANTE	DENSITÀ <small>KG/MC</small>	CONDUCIBILITÀ <small>W/MK</small>
CELLULOSA IN FIOCCHI	25 - 65	0,037 - 0,041
LANA DI PECORA	15 - 170	0,035 - 0,044

INDICE PRESTAZIONALE	UNITÀ	VALORE MINIMO	VALORE MEDIO	VALORE MASSIMO
TRASMITTANZA TERMICA	$w/m^2K$	0,093	0,097	0,102
SFASAMENTO TERMICO	ORA (h)	18h 32'	20h 55'	23h 19'
ISOLAMENTO ACUSTICO	dB	38	38	38
CONDENSA INTERSTIZIALE	$g/m^2$	NON PRESENTE		NON PRESENTE
ENERGIA INCORPORATA	$MJ/kgm^2$	1138,47	1215,98	1293,49
CO <sub>2</sub> INCORPORATA	$kgCO_{2eq}/m^2$	80,31	81,21	82,11

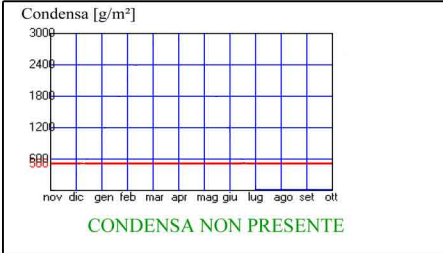


SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MINIMA.

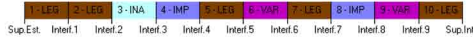
VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

Dati generali	
Spessore:	0,528 m
Massa superficiale:	75,74 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	10,8103 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,0925 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,0735
Sfasamento:	18h 32'

	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	LEG	Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	0,057	25,65	0,4750	3,420
2	LEG	Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,027	10,80	0,2250	0,810
3	INA	Camera non ventilata	0,040	0,04	0,1833	0,040
4	IMP	Cartone catramato	0,003	4,80	0,0060	15,000
5	LEG	Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,020	8,00	0,1667	0,600
6	VAR	<b>FIOCCHI DI CELLULOSA LOW</b>	0,300	7,50	8,1081	0,300
7	LEG	Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,020	8,00	0,1667	0,600
8	IMP	Foglio di Alluminio rivestito 0.05 mm	0,001	1,35	0,0000	850,000
9	VAR	<b>LANA DI PECORA LOW</b>	0,040	0,60	1,1429	0,040
10	LEG	Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	0,020	9,00	0,1667	1,200
		Superficie interna			0,1300	



Indici acustici	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> :	38 dB
	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia



CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

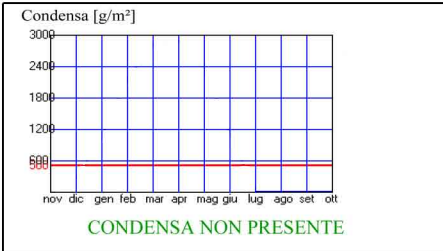
Chiusura verticale opaca - Isolamento Low Density											
CS 7	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (Kg)	Energia incorporata materiale (MJ/Kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	
	Strato 1	Tavole di abete	1x1x0,03	0,03	600	18	10	180	0,72	12,96	
	Strato 2	Pannello di legno	1x1x0,027	0,027	600	16,2	10	162	0,71	11,502	
	Strato 3	Carta antivento	1x1x0,0005	0,0005	250	0,125	24,8	3,1	1,29	0,16125	
	Strato 4	Pannello di legno	1x1x0,02	0,02	600	12	10	120	0,71	8,52	
	Strato 5	Sottotruttura in legno	(0,06x0,3x1)x1,5+(0,06x0,3x1)x1,5	0,054	600	32,4	10	324	0,72	23,328	
	Strato 6	Fiocchi di cellulosa	1x1x0,3	0,3	25	7,5	2,12	15,9	0,15	1,125	
	Strato 7	Pannello di legno	1x1x0,02	0,02	600	12	10	120	0,71	8,52	
	Strato 8	Foglio di alluminio	1x1x0,00005	0,00005	2700	0,135	155	20,925	9,16	1,2366	
	Strato 9	Lana di pecora	1x1x0,04	0,04	15	0,6	20,9	12,54	0	0	
	Strato 10	Pannello di abete	1x1x0,03	0,03	600	18	10	180	0,72	12,96	
Totale EE pacchetto(MJ/mq) =									1138,465	Totale GWP (kgCO <sub>2</sub> e/mq.) =	80,31285

SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MASSIMA.

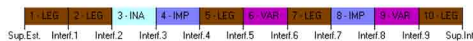
VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

Dati generali	
Spessore:	0,528 m
Massa superficiale:	93,94 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	9,7855 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,1022 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,0302
Sfasamento:	23h 19'

	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	LEG	Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	0,057	25,65	0,4750	3,420
2	LEG	Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,027	10,80	0,2250	0,810
3	INA	Camera non ventilata	0,040	0,04	0,1833	0,040
4	IMP	Cartone catramato	0,003	4,80	0,0060	15,000
5	LEG	Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,020	8,00	0,1667	0,600
6	VAR	<b>FIOCCHI DI CELLULOSA HIGH</b>	0,300	19,50	7,3171	0,300
7	LEG	Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,020	8,00	0,1667	0,600
8	IMP	Foglio di Alluminio rivestito 0.05 mm	0,001	1,35	0,0000	850,000
9	VAR	<b>LANA DI PECORA HIGH</b>	0,040	6,80	0,9091	0,040
10	LEG	Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	0,020	9,00	0,1667	1,200
		Superficie interna			0,1300	



Indici acustici	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> :	38 dB
	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia



CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

Chiusura verticale opaca - Isolamento High Density											
CS 7	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (Kg)	Energia incorporata materiale (MJ/Kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	
	Strato 1	Tavole di abete	1x1x0,03	0,03	600	18	10	180	0,72	12,96	
	Strato 2	Pannello di legno	1x1x0,027	0,027	600	16,2	10	162	0,71	11,502	
	Strato 3	Carta antivento	1x1x0,0005	0,0005	250	0,125	24,8	3,1	1,29	0,16125	
	Strato 4	Pannello di legno	1x1x0,02	0,02	600	12	10	120	0,71	8,52	
	Strato 5	Sottotruttura in legno	(0,06x0,3x1)x1,5+(0,06x0,3x1)x1,5	0,054	600	32,4	10	324	0,72	23,328	
	Strato 6	Fiocchi di cellulosa	1x1x0,3	0,3	65	19,5	2,12	41,34	0,15	2,925	
	Strato 7	Pannello di legno	1x1x0,02	0,02	600	12	10	120	0,71	8,52	
	Strato 8	Foglio di alluminio	1x1x0,00005	0,00005	2700	0,135	155	20,925	9,16	1,2366	
	Strato 9	Lana di pecora	1x1x0,04	0,04	170	6,8	20,9	142,12	0	0	
	Strato 10	Pannello di abete	1x1x0,03	0,03	600	18	10	180	0,72	12,96	
Totale EE pacchetto(MJ/mq) =									1293,485	Totale GWP (kgCO <sub>2</sub> e/mq.) =	82,11285

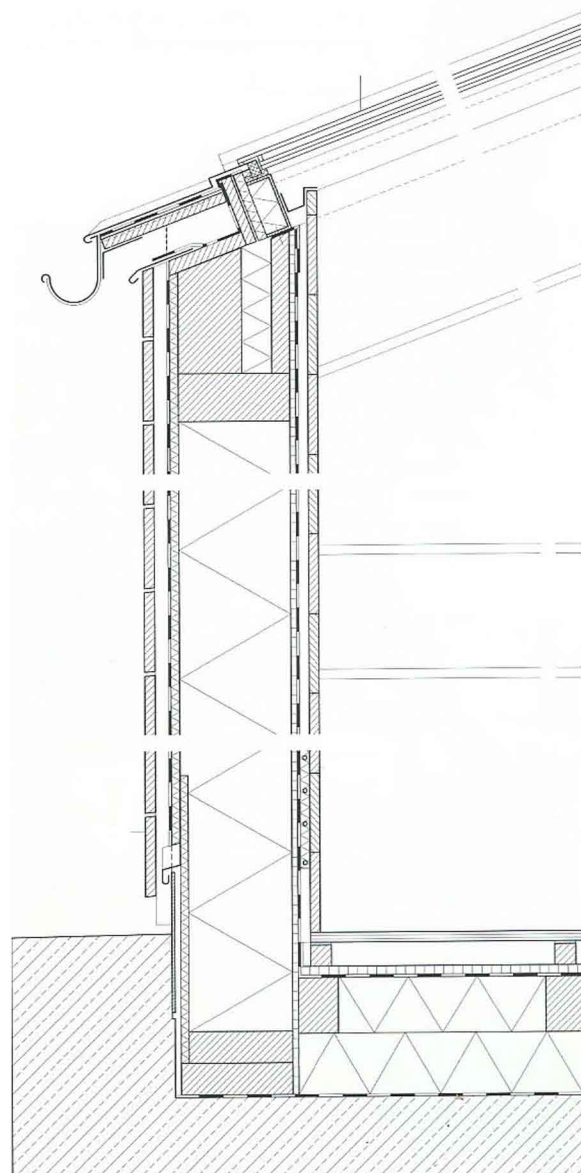


**DATI DEL PROGETTO:**

TIPOLOGIA: ATELIER PERSONALE  
 PROGETTISTA: VALERIO OLGIATI  
 ANNO DI FINE LAVORI: 2008  
 UBICAZIONE: FLIMS, SVIZZERA  
 ALTITUDINE: 1070m .S.L.M  
 TEMPERATURE MIN MEDIE: -3,7°C  
 TEMPERATURE MAX MEDIE: 23,1 °C

**CSI-08**  
 CATEGORIA  
 LIGHT-TECH  
 LEGNO

**DETTAGLIO COSTRUTTIVO SCALA 1:20**



**STRATIGRAFIA INVOLUCRO VERTICALE:**

STRUTTURA PORTANTE:  
 LEGNO E CALCESTRUZZO ARMATO  
 TIPOLOGIA INVOLUCRO :  
 SISTEMA STRATIFICATO LEGGERO  
 STRUTTURA DI SUPPORTO IN LEGNO

**ESTERNO**

- 26 MM PANNELLO DI ABETE
- 40 MM INTERCAPEDINE AREATA
- GUAINA IMPERMEABILE
- 22 MM PANNELLO DI FIBRA DI LEGNO
- 280 MM ISOLAMENTO DI CELLULOSA IN FIOCCHI
- 15 MM PANNELLO OSB
- BARRIERA AL VAPORE
- 30 MM SISTEMA PER RISCALDAMENTO A PARETE RADIANTE
- 26MM PANNELLI IN ABETE

**INTERNO**

**PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO - RISULTATI SINTETICI**

MATERIALE ISOLANTE	DENSITÀ <small>KG/MC</small>	CONDUCIBILITÀ <small>W/MK</small>
CELLULOSA IN FIOCCHI	25 - 65	0,037 - 0,041

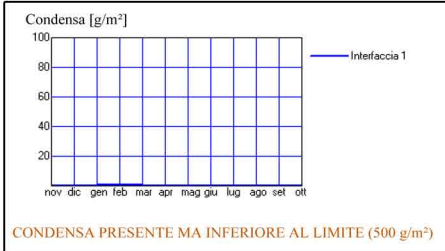
INDICE PRESTAZIONALE	UNITÀ	VALORE MINIMO	VALORE MEDIO	VALORE MASSIMO
TRASMITTANZA TERMICA	$w/m^2K$	0,104	0,109	0,115
SFASAMENTO TERMICO	ORA (h)	11h 26'	14h 07'	16h 49'
ISOLAMENTO ACUSTICO	dB	34	35,5	37
CONDENSA INTERSTIZIALE	$g/m^2$	MAX IN FEBBRAIO 4,0		MAX IN GENNAIO 3,0
ENERGIA INCORPORATA	$MJ/kgm^2$	990,38	1059,2	1128,02
CO <sub>2</sub> INCORPORATA	$kgCO_2eq/m^2$	60,13	63,78	67,43

SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MINIMA.

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

Dati generali	
Spessore:	0,432 m
Massa superficiale:	43,33 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	9,6303 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,1038 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,3626
Sfasamento:	11h 26'

	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	LEG	Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	0,025	11,25	0,2083	1,500
2	INA	Camera non ventilata	0,040	0,04	0,1833	0,040
3	IMP	Bitume polimero su PPL sp.3 mm.	0,003	3,00	0,0150	180,000
4	VAR	Pannelli di fibre di legno duri ed extraduri	0,022	0,99	0,5789	0,220
5	VAR	FIOCCHI DI CELLULOSA LOW	0,300	7,50	8,1081	0,300
6	LEG	Pannelli di particelle pressati	0,015	7,50	0,1500	0,750
7	IMP	Foglio di Alluminio rivestito 0.05 mm	0,001	1,35	0,0000	850,000
8	LEG	Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	0,026	11,70	0,2167	1,560
		Superficie interna			0,1300	



Indici acustici	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> : 34 dB	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia



CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

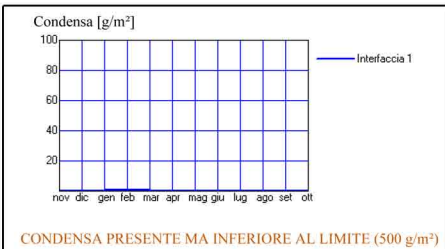
CS 8	Chiusura verticale opaca - Isolamento Low Density										
	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (Kg)	Energia incorporata materiale (MJ/Kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	
	Strato 1	Pannello di abete	1x1x0,027	0,027	600	16,2	10	162	0,72	11,664	
	Strato 2	Guaina bituminosa	1x1x0,003	0,003	1200	3,6	51	183,6	0,98	3,528	
	Strato 3	Pannello in fibra di legno	1x1x0,022	0,022	45	0,99	20	19,8	0,98	0,9702	
	Strato 4	Fiocchi di cellulosa	1x1x0,3	0,3	25	7,5	2,12	15,9	0,15	1,125	
	Strato 5	Sottotruttura in legno	(0,06x0,28x1)x1,5+(0,06x0,28x1)x1,5	0,0504	600	30,24	10	302,4	0,72	21,7728	
	Strato 6	Pannello OSB	1x1x0,15	0,15	550	8,25	15	123,75	0,99	8,1675	
	Strato 7	Foglio di alluminio	1x1x0,00005	0,00005	2700	0,135	155	20,925	9,16	1,2366	
	Strato 8	Pannello di abete	1x1x0,027	0,027	600	16,2	10	162	0,72	11,664	
Totale EE pacchetto(MJ/mq) =								990,375	Totale GWP (kgCO <sub>2</sub> e/mq.) =		60,1281

SOLUZIONE CON IMPIEGO DEGLI ISOLANTI CON DENSITÀ MASSIMA.

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO

Dati generali	
Spessore:	0,432 m
Massa superficiale:	60,94 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	8,6834 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,1152 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,1398
Sfasamento:	16h 49'

	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	LEG	Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	0,025	11,25	0,2083	1,500
2	INA	Camera non ventilata	0,040	0,04	0,1833	0,040
3	IMP	Bitume polimero su PPL sp.3 mm.	0,003	3,00	0,0150	180,000
4	VAR	FIBRA LEGNO HIGH	0,022	6,60	0,4231	0,440
5	VAR	Pannelli di fibre di legno duri ed extraduri	0,300	19,50	7,3171	0,300
6	LEG	Pannelli di particelle pressati	0,015	7,50	0,1500	0,750
7	IMP	Foglio di Alluminio rivestito 0.05 mm	0,001	1,35	0,0000	850,000
8	LEG	Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	0,026	11,70	0,2167	1,560
		Superficie interna			0,1300	



Indici acustici	Formula utilizzata
R <sub>w</sub> : 37 dB	Pareti doppie - Formula ricavata da bibliografia



CALCOLO ENERGIA INCORPORATA E CO<sub>2</sub> INCORPORATA IN 1 MQ DI INVOLUCRO ESTERNO

CS 8	Chiusura verticale opaca - Isolamento High Density										
	Strato o elemento	Descrizione strato	Calcolo volume (m)	Volume dello strato (m <sup>3</sup> )	Densità materiale (kg/m <sup>3</sup> )	Quantità di materiale (Kg)	Energia incorporata materiale (MJ/Kg) da tab ICE	Energia incorporata per elemento (MJ/m <sup>2</sup> )	Gwp materiale (kg CO <sub>2</sub> e/kg) da tab ICE	Gwp elemento (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	
	Strato 1	Pannello di abete	1x1x0,027	0,027	600	16,2	10	162	0,72	11,664	
	Strato 2	Guaina bituminosa	1x1x0,003	0,003	1200	3,6	51	183,6	0,98	3,528	
	Strato 3	Pannello in fibra di legno	1x1x0,022	0,022	300	6,6	20	132	0,98	6,468	
	Strato 4	Fiocchi di cellulosa	1x1x0,3	0,3	65	19,5	2,12	41,34	0,15	2,925	
	Strato 5	Sottotruttura in legno	(0,06x0,28x1)x1,5+(0,06x0,28x1)x1,5	0,0504	600	30,24	10	302,4	0,72	21,7728	
	Strato 6	Pannello OSB	1x1x0,15	0,15	550	8,25	15	123,75	0,99	8,1675	
	Strato 7	Foglio di alluminio	1x1x0,00005	0,00005	2700	0,135	155	20,925	9,16	1,2366	
	Strato 8	Pannello di abete	1x1x0,027	0,027	600	16,2	10	162	0,72	11,664	
Totale EE pacchetto(MJ/mq) =								1128,015	Totale GWP (kgCO <sub>2</sub> e/mq.) =		67,4259



**DATI DEL PROGETTO:**

TIPOLOGIA: CASA UNIFAMILIARE  
 PROGETTISTA: BURNAZZI & FELTRIN  
 ANNO DI FINE LAVORI: 2009

UBICAZIONE: TRENTO, ITALIA  
 ALTITUDINE: 194m .s.l.m  
 TEMPERATURE MIN MEDIE: -1,8°C  
 TEMPERATURE MAX MEDIE: 28,2 °C

CSI-09

CATEGORIA  
 LIGHT-TECH  
 LEGNO

**STRATIGRAFIA INVOLUCRO VERTICALE:**

**STRUTTURA PORTANTE:**

ACCIAIO

**TIPOLOGIA INVOLUCRO :**

SISTEMA STRATIFICATO LEGGERO

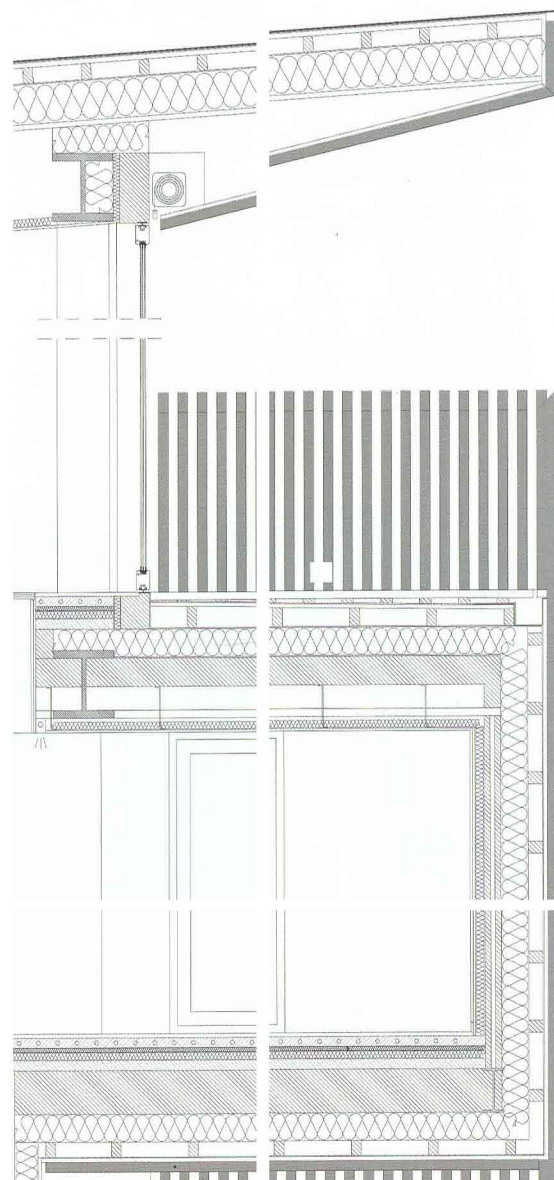
STRUTTURA DI SUPPORTO IN LEGNO

**ESTERNO**

- 50 MM LISTELLI IN LEGNO DI LARICE
- 20 MM PANNELLO MULTISTRATO IN LARICE
- BARRIERA ANTIVENTO
- CAMERA D'ARIA
- 140 MM ISOLAMENTO IN FIBRA DI LEGNO
- 85 MM PANNELLO PREFABBRICATO MULTISTRATO IN LARICE
- 20 MM TIRANTE DI ACCIAIO
- 50 MM ISOLAMENTO IN LANA DI ROCCIA
- 25 MM DOPPIA LASTRA DI CARTONGESSO

**INTERNO**

**DETTAGLIO COSTRUTTIVO SCALA 1:20**



**PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO - RISULTATI SINTETICI**

MATERIALE ISOLANTE	DENSITÀ Kg/MC	CONDUCIBILITÀ W/MK
LANA DI ROCCIA	25 - 200	0,035 - 0,050
FIBRA DI LEGNO	45 - 300	0,038 - 0,052

INDICE PRESTAZIONALE	UNITÀ	VALORE MINIMO	VALORE MEDIO	VALORE MASSIMO
TRASMITTANZA TERMICA	w/m²K	0,146	0,165	0,184
SFASAMENTO TERMICO	ORA (h)	16h 51'	20h 15'	23h 30'
ISOLAMENTO ACUSTICO	dB	39	40,5	42
CONDENSA INTERSTIZIALE	g/m²	MAX IN MARZO 391,4		MAX IN MARZO 276,3
ENERGIA INCORPORATA	MJ/kgm²	1511,43	1686,93	1862,43
CO <sub>2</sub> INCORPORATA	kgCO <sub>2</sub> eq/m²	99,85	107,61	115,36