

# USO INNOVATIVO DEL CARTONE PER LA CORREZIONE ACUSTICA E L'INSONORIZZAZIONE

## Esempi di manufatti acustici in cartone

Irene Vannucchi, Simone Secchi



# LA RACCOLTA DIFFERENZIATA DI CARTA E CARTONE IN ITALIA

RACCOLTA COPLESSIVA DI MACERO:  
6,3 milioni di t/anno



CONSUMO DI MACERO NELLE CARTIERE  
ITALIANE:  
3,1 milioni di t/anno

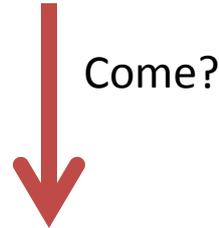


**IL 51 % DEL MACERO ESCE DAL  
CICLO DI RECUPERO NAZIONALE**



## OBIETTIVI GENERALI

- Trovare **nuovi canali di sbocco** per il macero proveniente da riciclo



- Integrazione tra mercato delle **materie prime seconde** e settori strategici come quello **edilizio**



**OGGETTO DELLA RICERCA:** *studio di possibili varianti ai prodotti a base cellulosica già esistenti sul mercato allo scopo di migliorarne le prestazioni fonoisolanti e fonoassorbenti per la correzione acustica degli ambienti interni.*

# COSTRUIRE CON IL CARTONE, UN PROBLEMA DI IMMAGINE:



E' attaccabile dagli insetti...



É poco resistente...



È un materiale povero...



È un materiale usa e getta...



Si bagna ...

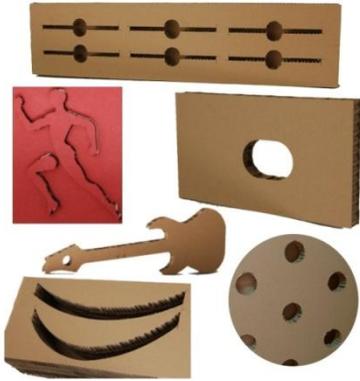


Prende fuoco...

# LA FORZA DEL CARTONE:



È leggero e più resistente di quanto si creda...



È adatto a molteplici lavorazioni...



È economico...



È maneggevole...



È ecologico...

# LA FORZA DEL CARTONE:

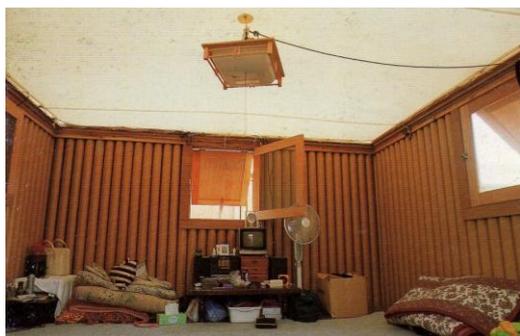


Stimola la creatività...

# SHIGERU BAN



Rifugi in cartone per i terremotati di Kobe (1995)



Padiglione del Giappone all'EXPO di Hannover (2000)



Auditorium a L' Aquila (2011)

# ALTRI ESEMPI DI ARCHITETTURA E DESIGN IN CARTONE



Cottrel&Vermeulen:  
Westborough School



Lucense:  
Negozi Azienda  
Manas

Martti Kalliala e  
Esa Ruskeepää:  
Mafoombey  
Acoustic Space



Frank O. Gehry:  
Wiggly Side Chair



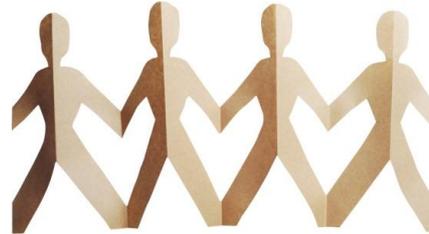
Joost van Bleiswijk: Ufficio in cartone



# IL CARTONE PER TUTTI



PRODOTTO DI NICCHIA



OTTICA DELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE



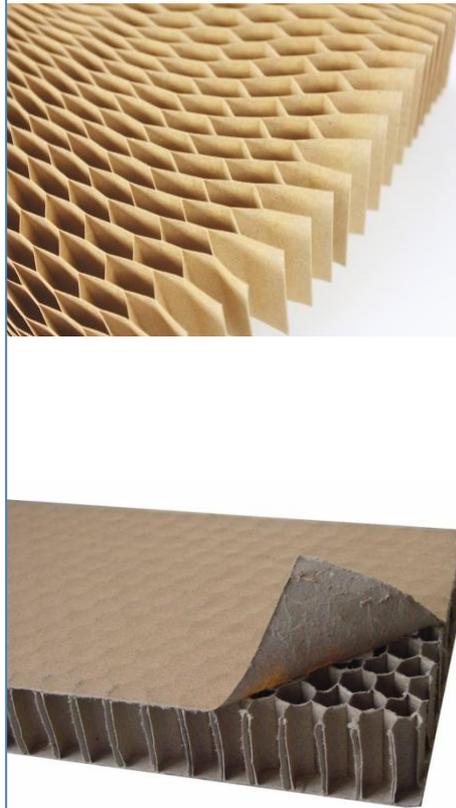
➤ **STESURA DI UN ABACO DEI PRODOTTI IN CARTONE RICICLATO  
IN COMMERCIO**

# I PRODOTTI IN CARTA E CARTONE RICICLATI

## CARTONE ONDULATO



## CARTONE A NIDO D'APE



## FIBRA DI CELLULOSA



## TUBI DI CARTONE



# LA SCHEDATURA DEI PRODOTTI

## DATI SULL'AZIENDA

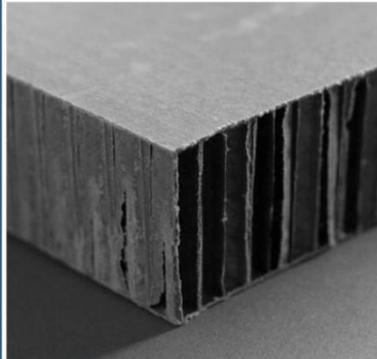
### DITTA PRODUTTRICE

Bui Giordano snc  
di Bui A. & D.  
Via delle Industrie 6  
24034 Cisano Bergamasco (BG) – Italy

### REPERIBILITA'

Telefono: (+39) 035 782751  
Fax: (+39) 035 4381542  
Mail: [info@giordanobui.com](mailto:info@giordanobui.com)  
Web: [www.giordanobui.com](http://www.giordanobui.com)

## HONEYCOMB PANNELLI



## INDICAZIONE DELLA CATEGORIA E DESCRIZIONE SINTETICA

### DESCRIZIONE PRODOTTO

Honeycomb pannelli è un pannello costituito da un'anima di nido d'ape in cartone riciclato rivestito con due copertine di cartoncino riciclato o kraftliner. Le copertine di carta possono avere delle grammature che vanno da 230 gr/m<sup>2</sup> a 500 gr/m<sup>2</sup>.

### COMPOSIZIONE

Materiale riciclato post-consumo:

## ELEMENTI PRESENTI E RELATIVE PERCENTUALI

100% carta.

### TIPO DI FORNITURA

- Pannelli
- Dimensioni
- Spessore

## TIPOLOGIA E DIMENSIONE

larghezza da 700 a 3500 mm;  
lunghezza da 1250 a 1600 mm  
da 8 a 100 mm

### CARATTERISTICHE QUALITATIVE

Lucentezza	matte
Trasparenza	opaco
Texture	poroso
Durezza	rigido
Temperatura al tatto	caldo
Colorazione	naturale

## VARIABILI A SECONDA DELLA CATEGORIA DI PRODOTTO

### CARATTERISTICHE TECNICHE

Peso:	
spessore 10 mm:	1 kg/m <sup>2</sup>
spessore 20 mm:	2 kg/m <sup>2</sup>
spessore 30 mm:	3 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza alla compressione	5 kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza al fuoco	Classe 1

### LAVORABILITÀ

Può essere tagliato, piegato, fresato, fustato.

## COMUNI LAVORAZIONI EFFETTUATE DALL'AZIENDA SUL PRODOTTO

### PRINCIPALI APPLICAZIONI

- Imballaggio
- Pareti divisorie
- Pavimentazioni
- Esposizioni
- Arredamento e design

## ELENCO DEGLI AMBITI IN CUI È NORMALMENTE IMPIEGATO IL PRODOTTO

### INFORMAZIONI AMBIENTALI

Riciclabile al 100%.

## DATI SULLA RICICLABILITÀ'

### PREZZO INDICATIVO

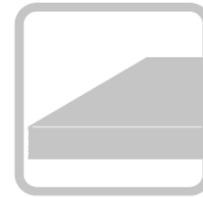
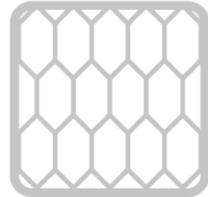
Spessore da 8 a 13 mm: 7,80 €/m<sup>2</sup> (normale); 9,95 €/m<sup>2</sup> (ignifugo)  
Spessore da 14 a 18 mm: 8,41 €/m<sup>2</sup> (normale); 11,21 €/m<sup>2</sup> (ignifugo)  
Spessore da 19 a 24 mm: 9,00 €/m<sup>2</sup> (normale); 12,42 €/m<sup>2</sup> (ignifugo)  
Spessore da 25 a 30 mm: 9,61 €/m<sup>2</sup> (normale); 13,69 €/m<sup>2</sup> (ignifugo)  
Spessore da 31 a 35 mm: 10,06 €/m<sup>2</sup> (normale); 14,67 €/m<sup>2</sup> (ignifugo)  
Spessore da 36 a 40 mm: 10,65 €/m<sup>2</sup> (normale); 15,95 €/m<sup>2</sup> (ignifugo)  
Spessore da 41 a 45 mm: 11,21 €/m<sup>2</sup> (normale); 17,19 €/m<sup>2</sup> (ignifugo)  
Spessore da 46 a 50 mm: 11,65 €/m<sup>2</sup> (normale); 18,20 €/m<sup>2</sup> (ignifugo)

## SE PERVENUTO

## CARATTERIZZAZIONE ESTETICA

# IDEE PER LO SVILUPPO DI NUOVI PRODOTTI

- ✓ Studiato il mercato attuale dei prodotti a base di carta e cartone riciclati;



- ✓ Studiati i meccanismi del fonoassorbimento e fonoisolamento;



**PROGETTAZIONE DI NUOVI PRODOTTI**

## LE SCHEDE DEI PRODOTTI

Sono stati progettati 10 nuovi prodotti (per un totale di 24 varianti), suddivisi nelle seguenti categorie:

- **Elementi a soffitto** con proprietà fonoassorbenti.
- **Elementi divisorii interni** con proprietà principalmente fonoassorbenti.
- **Rivestimenti a parete** con proprietà fonoisolanti e fonoassorbenti.
- **Soluzioni a pavimento** per abbassare il livello di rumore da calpestio.

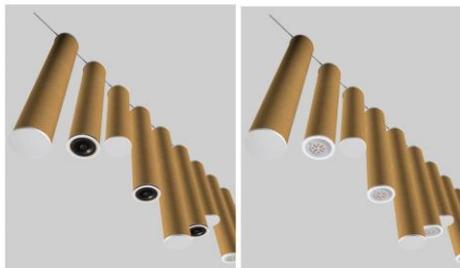
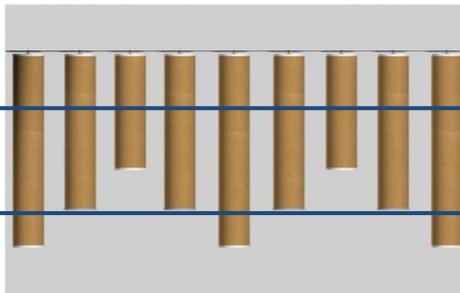
Ogni tipologia di prodotto può presentare una, due o quattro varianti, indicate in progressione con le lettere A, B, C, D.

# LE SCHEDE DEI PRODOTTI

Elementi fonoassorbenti a soffitto costituiti da:

- Tubi di cartone (diametro interno 150 mm, spessore 5 mm, altezza 60 cm). La trama della foratura è di tipo romboidale con distanza tra fori uguale a 13 mm, il diametro dei fori è di 4 mm). I tubi sono chiusi superiormente e inferiormente da appositi tubi in gomma.
- Fibra di cellulosa in fiocchi Ekofiber, insufflata all'interno del tubo a varie densità.

Gli elementi baffle, rispetto ai controsoffitti acustici, hanno il vantaggio di esporre all'ambiente una maggiore superficie assorbente, condizione che influisce positivamente sul valore del coefficiente di assorbimento acustico. I tubi forati e riempiti di materiale assorbente ricreano un sistema affine ai risonatori acustici. I tubi sono forati a tutto tondo in modo da offrire la maggiore superficie possibile ed aumentare, così, l'assorbimento. Poiché gli elementi sono indipendenti tra di loro, la libertà compositiva è massima. Si può, inoltre, pensare all'integrazione di questi baffles con dispositivi altoparlanti o con dispositivi illuminanti come faretto LED.



1A

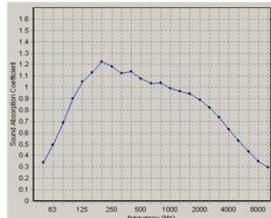
- Fibra di cellulosa in fiocchi, densità 50 kg.

1B

- Fibra di cellulosa in fiocchi, densità 40 kg.

COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO STIMATO:  $\alpha_w = 0,80$  (LM)

125	250	500	1K	2K	4K	8K
1,00	1,15	1,10	1,00	0,90	0,65	0,30



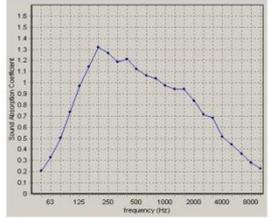
POTERE FONOISOLANTE A TRASMISSIONE DIRETTA STIMATO:  
nd

PESO DELL'ELEMENTO:  
Ø interno 15 cm, spessore 5 mm, altezza 60 cm: 2 kg (7 kg/m<sup>2</sup>)

COSTO DELL'ELEMENTO:  
Ø interno 15 cm, spessore 5 mm, altezza 60 cm: 2,25 € (7,5 €/m<sup>2</sup>)

COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO STIMATO:  $\alpha_w = 0,70$  (LM)

125	250	500	1K	2K	4K	8K
0,95	1,25	1,15	1,00	0,85	0,75	0,30



POTERE FONOISOLANTE A TRASMISSIONE DIRETTA STIMATO:  
nd

PESO DELL'ELEMENTO:  
Ø interno 15 cm, spessore 5 mm, altezza 60 cm: 1,9 kg (6,3 kg/m<sup>2</sup>)

COSTO DELL'ELEMENTO:  
Ø interno 15 cm, spessore 5 mm, altezza 60 cm: 2,25 € (7,5 €/m<sup>2</sup>)

Numero identificativo della soluzione

Tipi di elementi utilizzati

Descrizione sintetica del prodotto

Possibili varianti

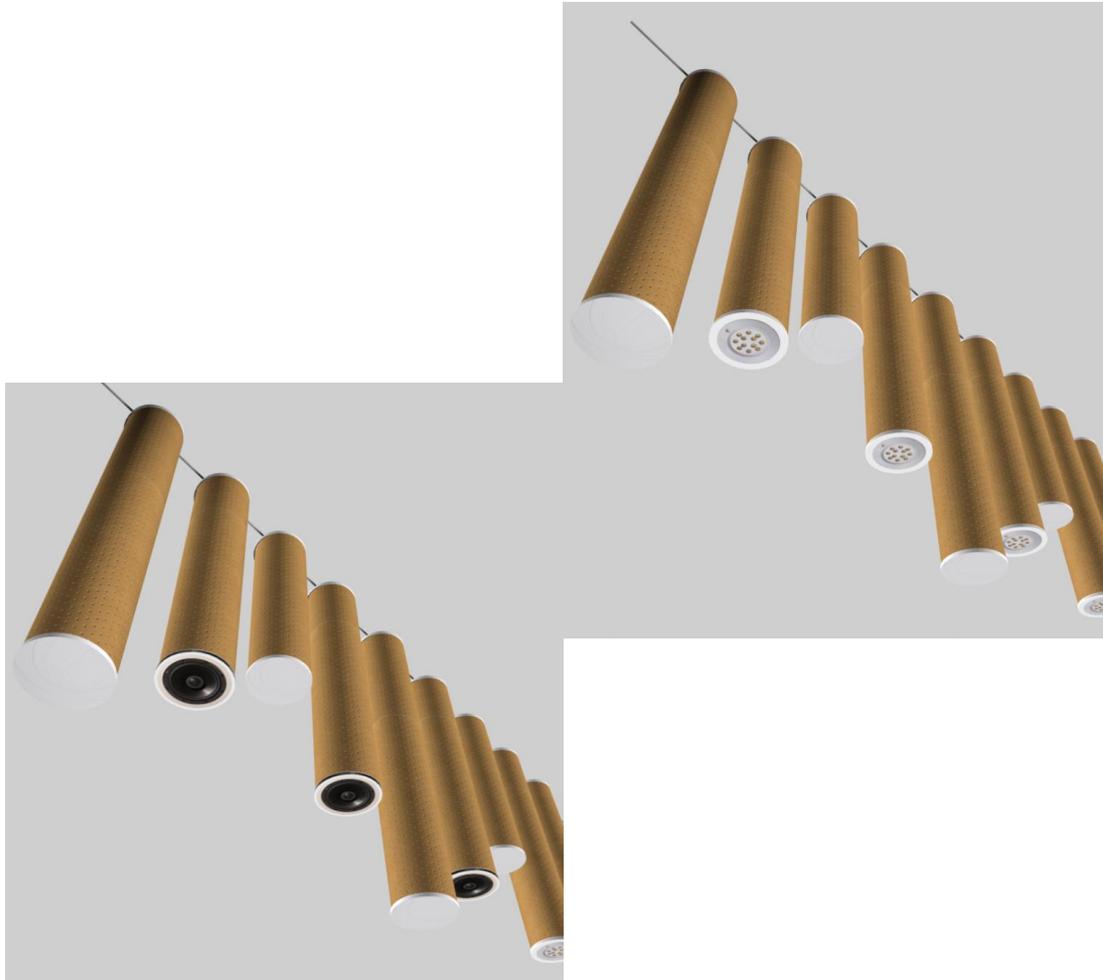
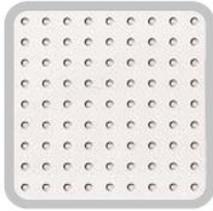
Coefficiente di assorbimento  $\alpha_w$  stimato

Prestazione fonoisolante

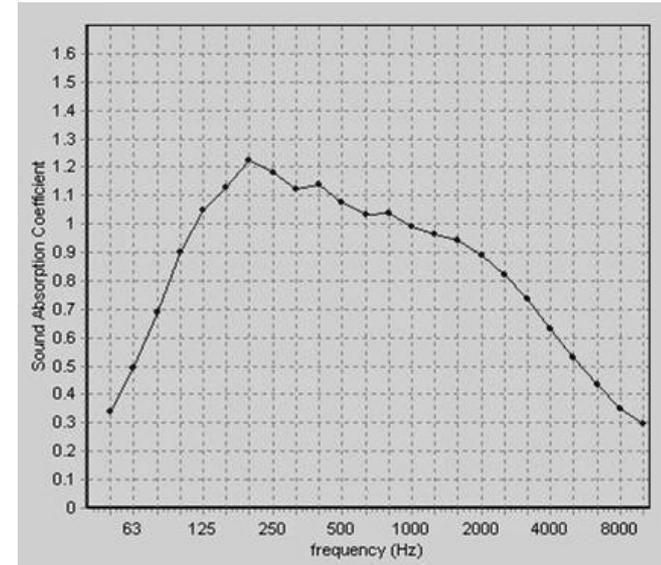
Peso indicativo dell'elemento

Costo dell'elemento (solo materiali)

# BAFFLES CILINDRICI DI CARTONE

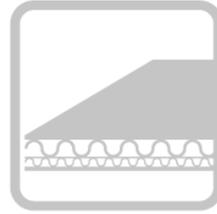


COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO  
STIMATO:  $\alpha_w = 0,80$  (LM)

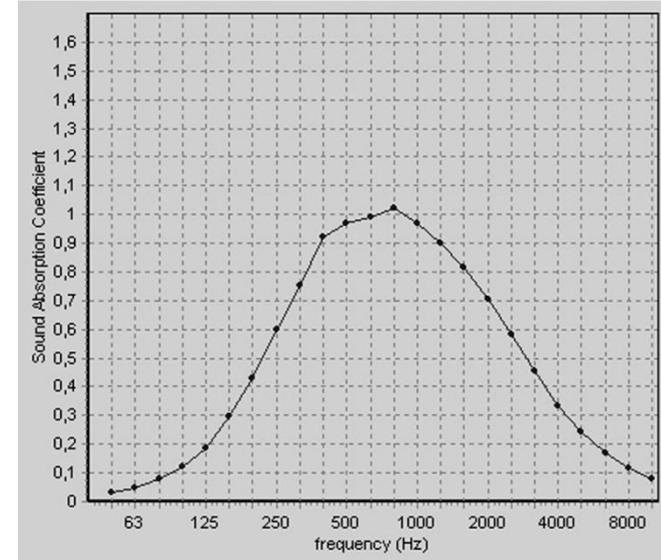


Hz	125	250	500	1K	2K	4K	8K
$\alpha_w$	1,00	1,15	1,10	1,00	0,90	0,65	0,35

# CONTROSOFFITTO IN CARTONE ONDULATO

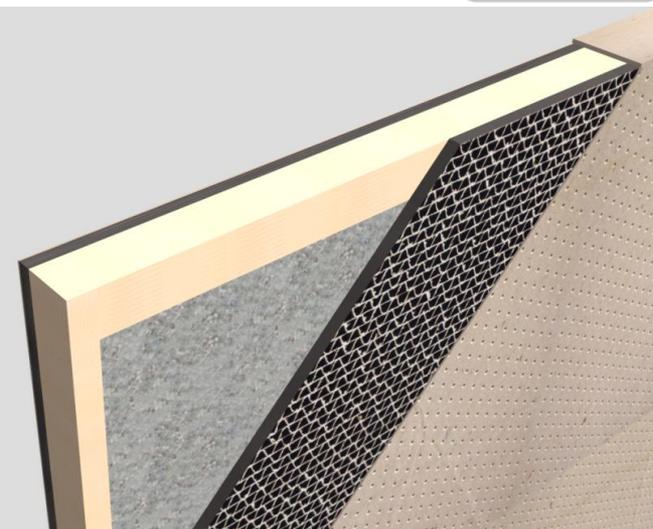
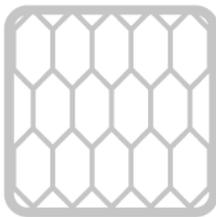


COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO  
STIMATO:  $\alpha_w = 0,55$  (LM)

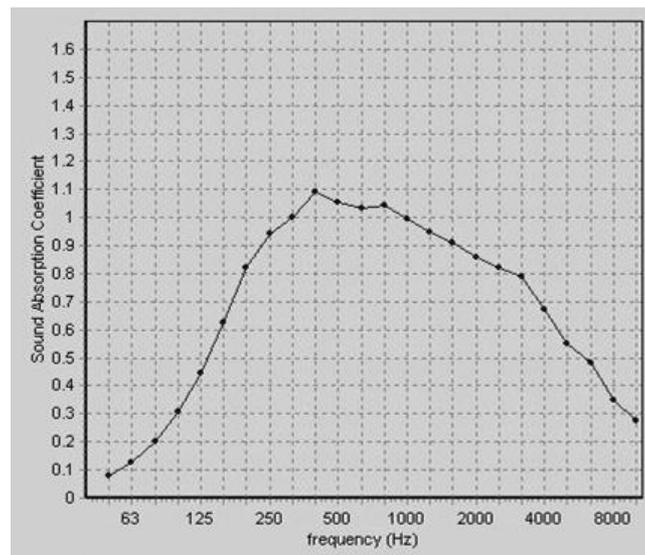


Hz	125	250	500	1K	2K	4K	8K
$\alpha_w$	0,20	0,60	0,95	0,95	0,85	0,35	0,10

# PANNELLO SANDWICH IN CARTONE ALVEOLARE E FIBRA DI CELLULOSA



COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO  
STIMATO:  $\alpha_w = 0,85$  (L)



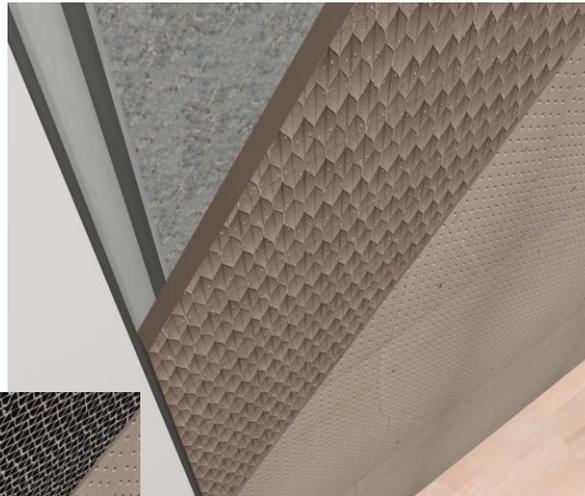
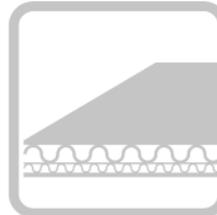
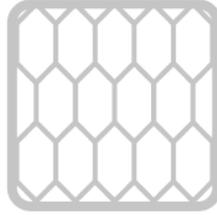
Hz	125	250	500	1K	2K	4K	8K
$\alpha_w$	0,45	0,90	1,05	1,00	0,85	0,65	0,35

## L'ESEMPIO TEDESCCO

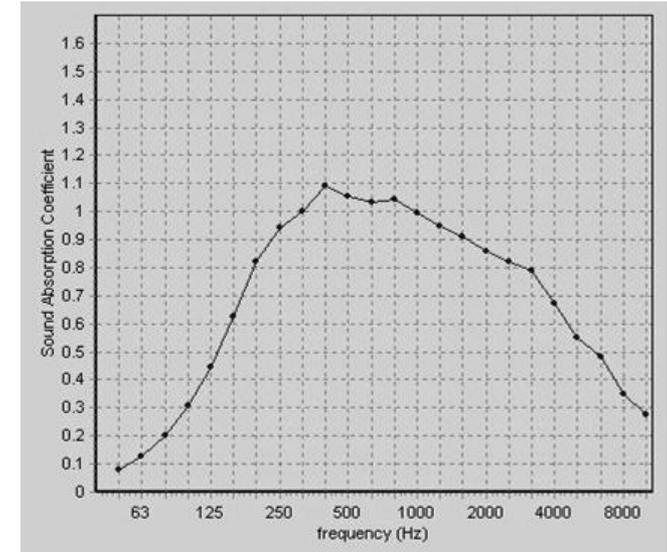


Acoustic Lightboard della Richter Furniertechnik

# CONTRO-PARETE IN CARTONE ALVEOLARE E FIBRA DI CELLULOSA



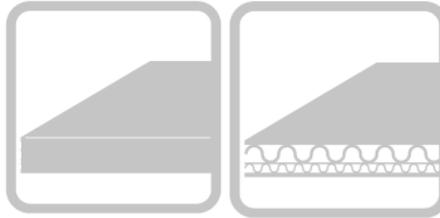
COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO  
STIMATO:  $\alpha_w = 0,85$  (L)



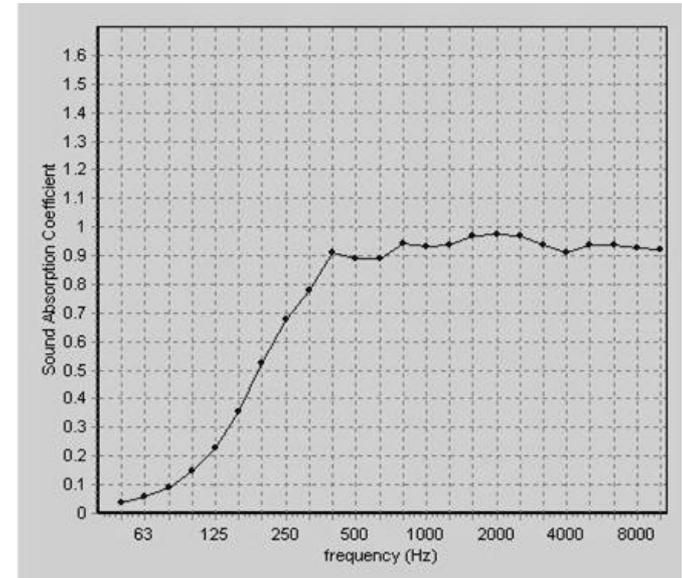
Hz	125	250	500	1K	2K	4K	8K
$\alpha_w$	0,45	0,90	1,05	1,00	0,85	0,65	0,35

INCREMENTO DEL POTERE  
FONOSOLANTE  $\Delta R_w = 10$  dB

# PANNELLO DI FIBRA DI CELLULOSA



COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO  
STIMATO:  $\alpha_w = 0,90$

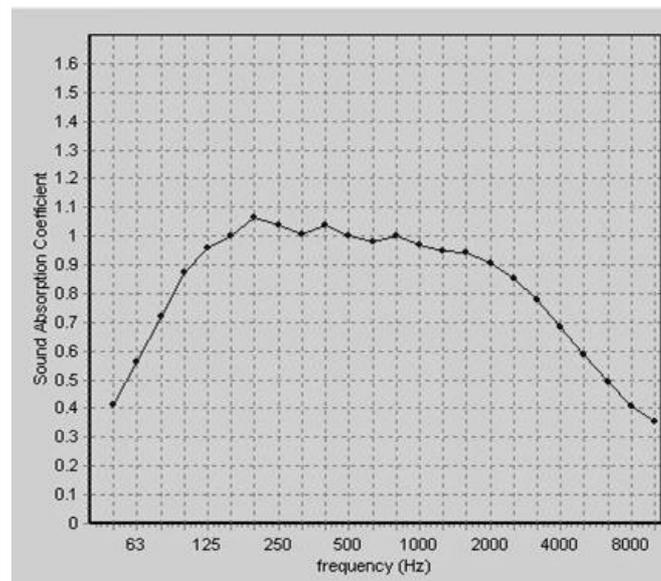


Hz	125	250	500	1K	2K	4K	8K
$\alpha_w$	0,25	0,65	0,90	1,00	0,95	0,95	0,95

# PARETE IN TUBI DI CARTONE



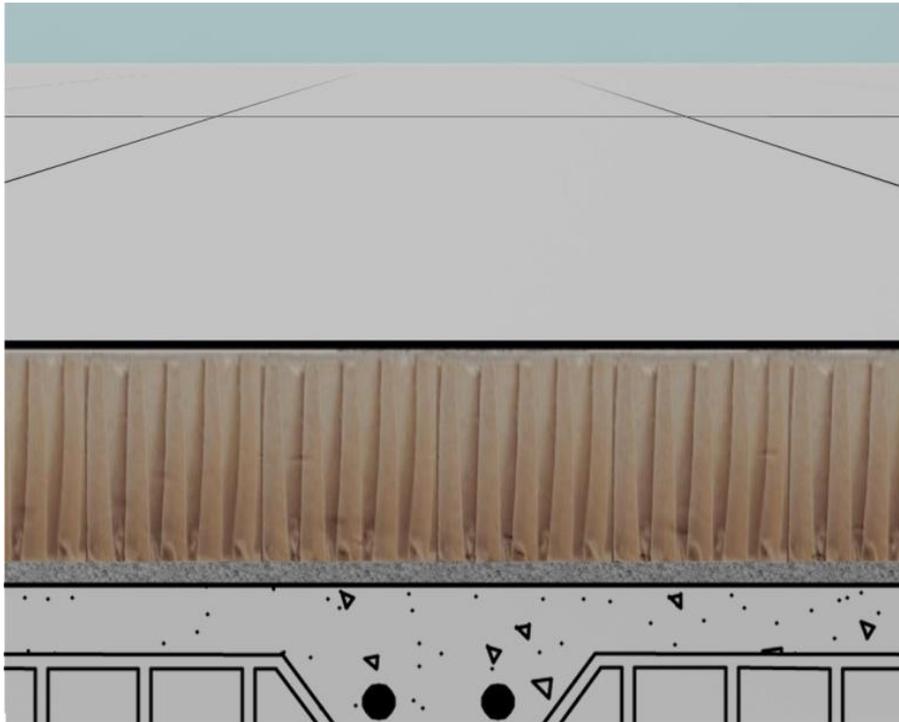
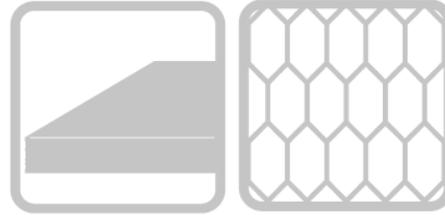
COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO  
STIMATO:  $\alpha_w = 0,85$  (L)



Hz	125	250	500	1K	2K	4K	8K
$\alpha_w$	0,95	1,05	1,00	0,95	0,90	0,70	0,40

POTERE FONOISOLANTE A  
TRASMISSIONE DIRETTA STIMATO  
 $R_w = 20$  dB

# PAVIMENTO GALLEGGIANTE IN CARTONE ALVEOLARE



Attenuazione del LIVELLO  
NORMALIZZATO DI RUMORE DA  
CALPESTIO stimato:

$$\Delta L_{n,w} = 19 \text{ dB};$$

# GRIGLIA DI VALUTAZIONE DEI PRODOTTI

- Prestazione fonoassorbente →  $\alpha_w$
- Prestazione fonoisolante →  $R_w, \Delta R_w, \Delta L_{n,w}$
- Trasportabilità e leggerezza
- Economicità
  
- Recuperabilità/Riciclabilità



FASCE DI VALUTAZIONE:



# GRIGLIA DI VALUTAZIONE DEI PRODOTTI

Alla fine, per una più rapida valutazione benefici/costi, si è cercato di riassumere tutti questi aspetti in un indice elaborato sul seguente algoritmo:

$$I = \frac{2A+R+L}{C}$$

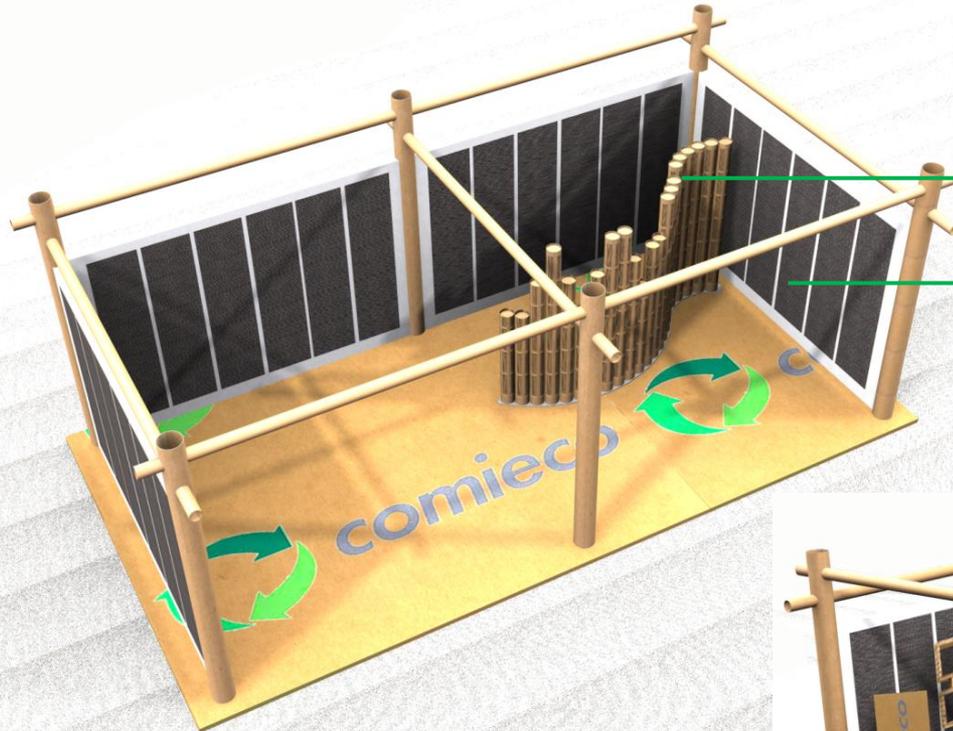
SOLUZIONE	FONOASSORBENZA	FONOISOLAMENTO	LEGGEREZZA	ECONOMICITÀ	RICICLABILITÀ	RAPPORTO COSTI/BENEFICI
1A		non pertinente				8
1B		non pertinente				8
2A						4
2B						4
3A						14
3B						5
3C						8
3D						6
4A						6
4B						7
4C						12
4D						6
5A						12
5B						12
6A						6
6B						6
7A						12
7B						14
8A						7
8B						7
9A						7
9B						3,5
10A	non pertinente					1,5
10B	non pertinente					1

## APPLICAZIONI PROGETTUALI DEI NUOVI PRODOTTI

- Padiglioni espositivi, con la realizzazione di stand fieristici;
- Uffici, con la progettazione di pareti divisorie delle singole postazioni;
- Aule scolastiche, con l'inserimento di elementi per la correzione acustica;

# STAND FIERISTICI

## STAND 4 x 8



→ PARETE DI TUBI DI CARTONE

→ PANNELLI DI FIBRA DI CELLULOSA



# STAND FIERISTICI

STAND 6 x 6

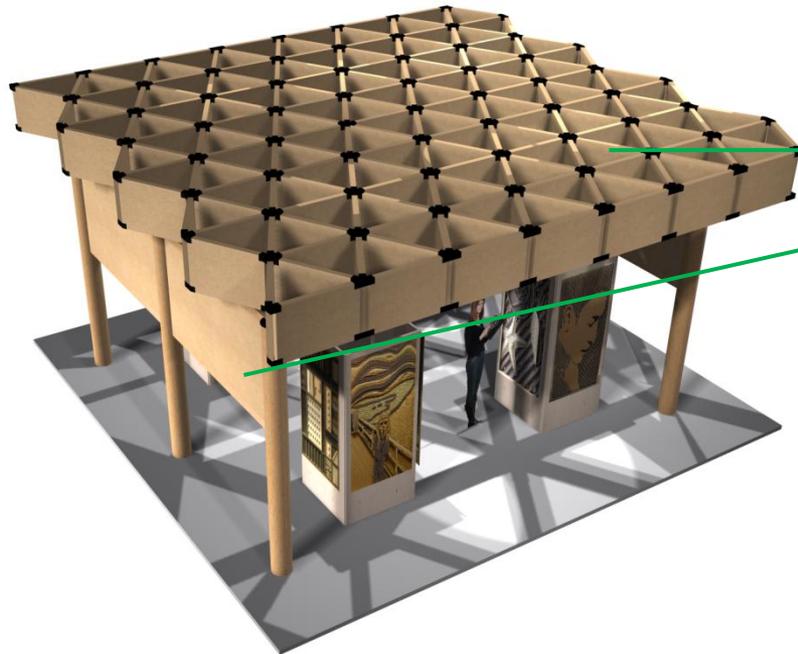


→ PANNELLI SANDWICH

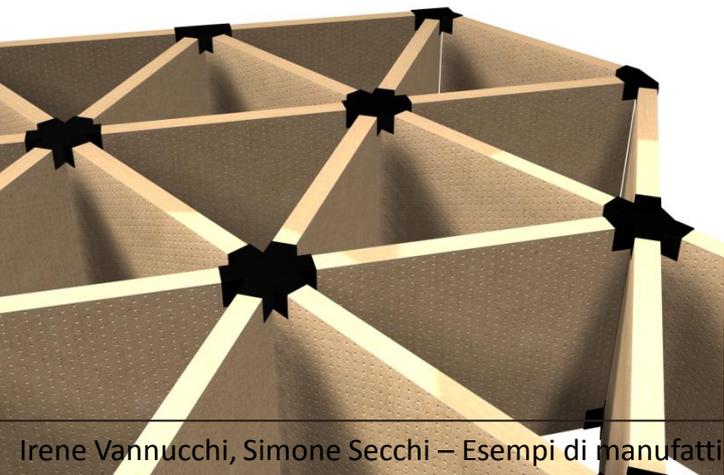


# STAND FIERISTICI

## STAND COPERTO



PANNELLI SANDWICH



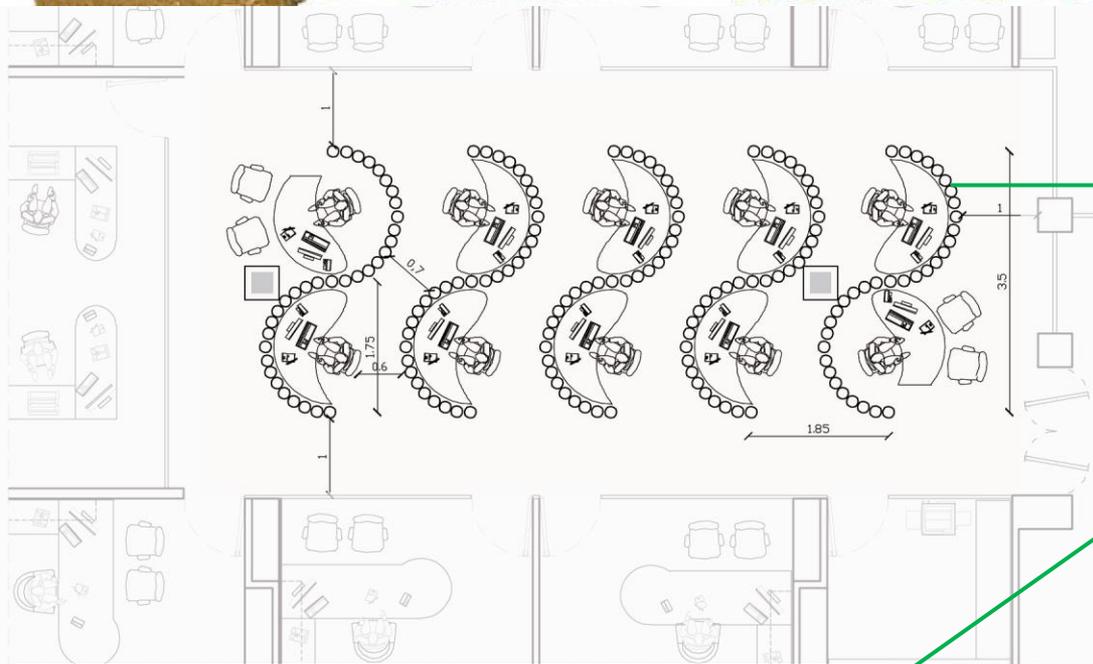
# UFFICI



Parigi - PONS + HUOT – Christian Pottgiesser Architects

# UFFICI

## UFFICIO A ONDA



PARETE DI TUBI DI  
CARTONE

CONTROSOFFITTO IN  
CARTONE ALVEOLARE E  
FIBRA DI CELLULOSA

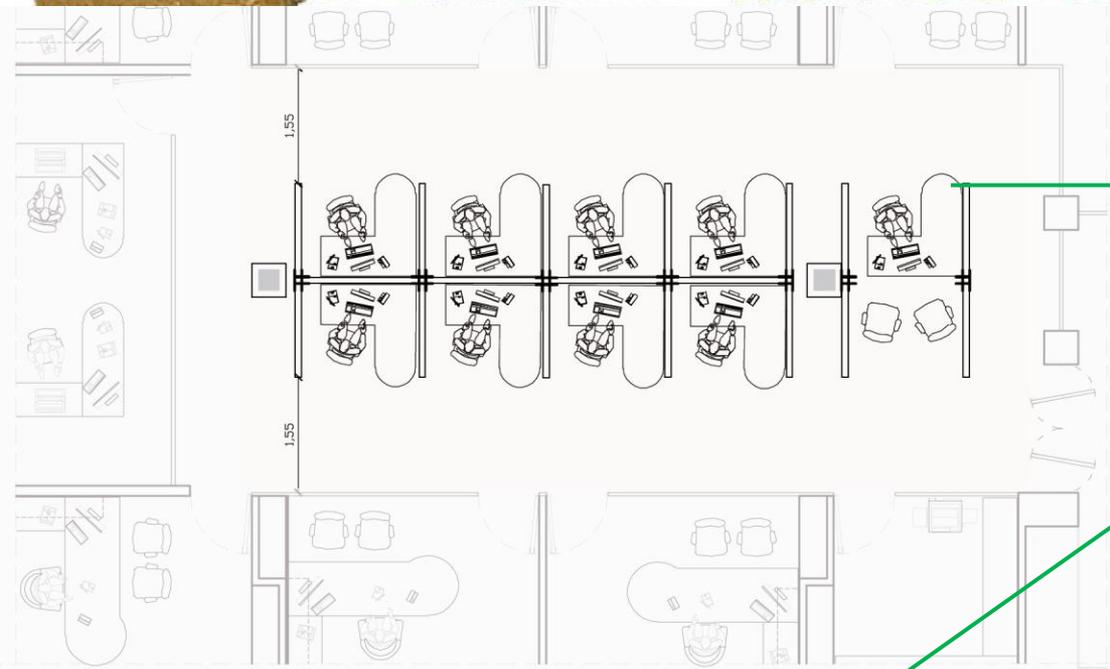


# UFFICI

## UFFICIO A QUADRI

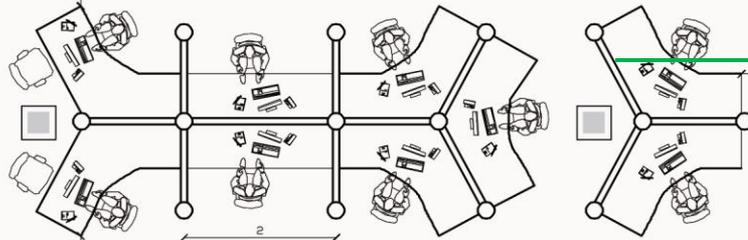
PANNELLO SANDWICH

CONTROSOFFITTO IN  
CARTONE ALVEOLARE E  
FIBRA DI CELLULOSA



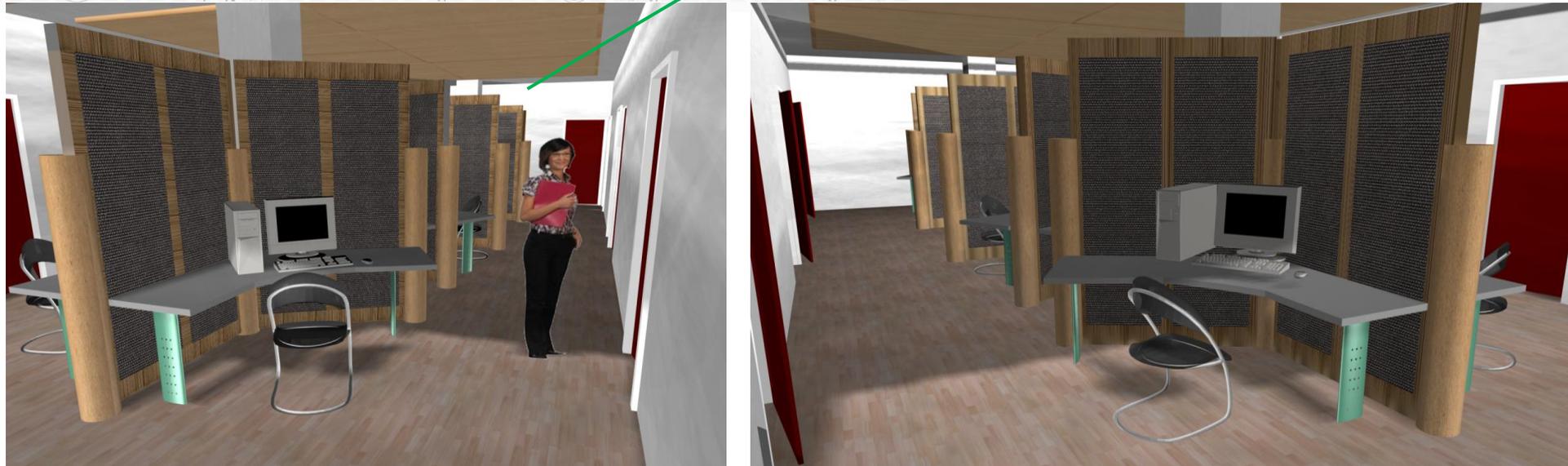
# UFFICI

## UFFICIO A VENTAGLIO



PANNELLI IN FIBRA DI CELLULOSA

CONTROSOFFITTO IN CARTONE ALVEOLARE E FIBRA DI CELLULOSA



# AULE SCOLASTICHE

## CORREZIONE ACUSTICA CON RETICOLO DI PANNELLI FORATI IN CARTONE

PANNELLI SANDWICH



# AULE SCOLASTICHE

## CORREZIONE ACUSTICA CON BAFFLES CILINDRICI DI CARTONE



BAFFLE CILINDRICI





**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**