

Committente:



**COMUNE DI BARLETTA**

Via Vittorio Emanuele, 94 - 76121 BARLETTA (BT)

Tel. 0883/578111 - Fax. 0883/332505

e-mail: vacca.v@comune.barletta.bt.it

PEC: protocollo@cert.comune.barletta.bt.it

C.F. 00741610729

P.IVA 00443960729

**Il Dirigente Settore Beni e Servizi Culturali:**

Dott.ssa Santa SCOMMEGNA

**Il RUP e Dirigente Settore Lavori Pubblici e**

**Manutenzioni:**

Arch. Donato LAMACCHIA

# Riqualificazione degli spazi dell'Ex Convento San Domenico da destinarsi alla nuova Biblioteca Generale Centrale della città di Barletta – POR FESR PUGLIA – Asse VI – Sezione 6.7 – Community Library – Biblioteca di Comunità

Livello progettuale:

## PROGETTO ESECUTIVO

**EX CONVENTO SAN DOMENICO**

Via Cialdini, 76121 Barletta (BT)



Descrizione elaborato:

## RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA - STUDIO ILLUMINOTECNICO, STUDIO ACUSTICO

Progettista:



**SIDOTI ENGINEERING S.R.L. UNIPERSONALE**  
ARCHITETTURA >> INGEGNERIA

Sede legale: via Borgo Garibaldi 33 - 00041 Albano Laziale (RM)

Tel. e fax: 06.9323891 - cell. 393.9868781

REA CCIAA di RM 1379068

Sede operativa: via Roma 12 - 63081 Castorano (AP)

Tel e fax: 0736.87547

Capitale sociale €. 10.000,00 i.v.

C.F. e P.IVA 12502151009

A.U. e D.T. Arch. Vincenzo Sidoti

Email: sidotiengineering@gmail.com

PEC: sidotiengineering@legalmail.it

Responsabile delle Integrazioni Specialistiche

Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione:

**Arch. Vincenzo SIDOTI**

Progetto Architettonico:

**Arch. Vincenzo SIDOTI**

**Arch. Jlenia ALLEVI**

Progetto Impianti Tecnologici:

**Ing. Francesco QUONDAMATTEO**

**Ing. Silvia IACHINI**

Progetto Strutturale:

**Ing. Simone SENZACQUA**

Gruppo di lavoro:

**Arch. Sara PATRIGNANI**

**Arch. Barbara FORTE**

Timbri e firme:

Progettista Opere Architettoniche, Edili,  
Responsabile delle Integrazioni Specialistiche  
Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione:

**Arch. Vincenzo SIDOTI**

Progetto Architettonico:

**Arch. Jlenia ALLEVI**

Progetto Impianti Tecnologici:

**Ing. Francesco QUONDAMATTEO**

Progetto Strutturale:

**Ing. Simone SENZACQUA**

NOME FILE			AMBIENTE SOFTWARE		SCALA
R.04.doc			Word		-
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	31/10/2017	Prima emissione	J. ALLEVI	J. ALLEVI	V. SIDOTI

Codice commessa:	Livello progett.:	Elaborato:
<b>24.17</b>	<b>PE</b>	<b>R.04</b>

## INDICE

<b>1</b>	<b>Studio Illuminotecnico .....</b>	<b>2</b>
1.1	Oggetto dell'analisi .....	2
1.2	Livelli di Illuminamento .....	2
1.3	Decadimento dell'impianto e Fattore di Manutenzione .....	3
1.4	Fattore di Utilizzazione .....	5
1.5	Calcolo del Flusso Luminoso.....	6
<b>2</b>	<b>Studio Acustico .....</b>	<b>8</b>
2.1	Indirizzi Progettuali.....	8
2.1.1	La sala e le destinazioni d'uso.....	8
2.1.2	Requisiti Acustici per la corte.....	8
2.1.3	Analisi Modale .....	12
2.2	Progetto della Corte.....	13
2.2.1	Descrizione dello Stato di Fatto .....	13
2.2.2	Pannelli Fonoassorbenti .....	14
2.2.3	Tempo di Riverberazione .....	16

# 1 STUDIO ILLUMINOTECNICO

## 1.1 OGGETTO DELL'ANALISI

L'oggetto dello studio è l'ex convento San Domenico, sito in Via Cialdini nel comune di Barletta (BT), da destinarsi alla Nuova Biblioteca Centrale della città. L'analisi che segue, riguardante gli aspetti illuminotecnici, è incentrata negli spazi adibiti a sala lettura, collocati al piano primo del palazzo.

Di seguito viene riportata la planimetria (p1) raffigurante l'impianto di illuminazione di progetto, in cui è evidenziata l'area di interesse

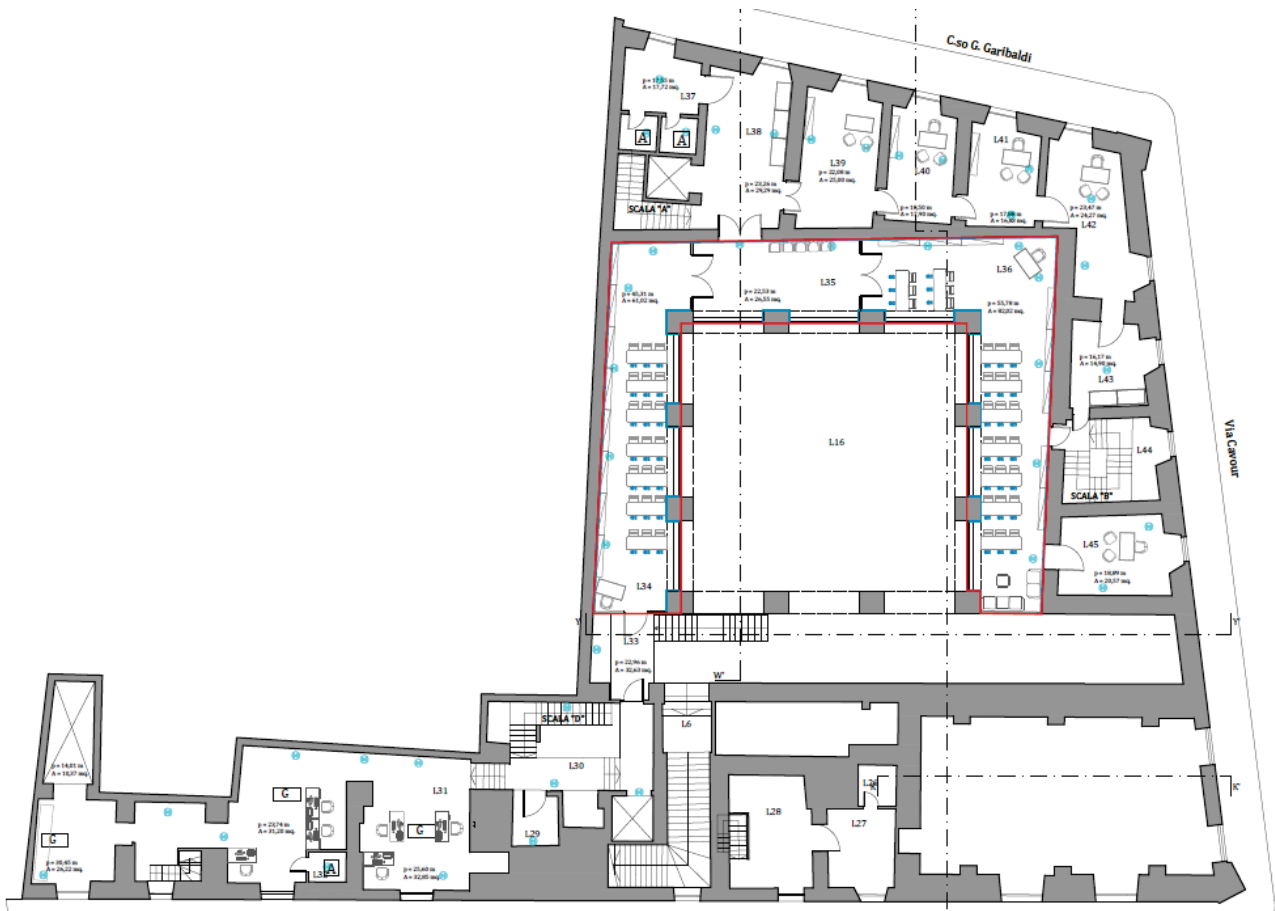


Figura 1.1 Planimetria piano primo

## 1.2 LIVELLI DI ILLUMINAMENTO

La norma europea UNI-EN 12464-1 definisce i valori di illuminamento medio mantenuto richiesti sui luoghi di lavoro. In particolare, per locali adibiti a zona lettura, questo valore è compreso fra 200-500 lux.

### 1.3 DECADIMENTO DELL'IMPIANTO E FATTORE DI MANUTENZIONE

L'efficienza di un impianto varia nel tempo in relazione alla riduzione del flusso luminoso emesso dalle sorgenti, all'eventuale rottura delle stesse, all'insudiciamento delle pareti dei locali e degli arredi, all'impolveramento degli apparecchi. Per valutare il decadimento nell'efficienza dell'impianto viene così definito un fattore di manutenzione (MF) come: "Il rapporto tra l'illuminamento medio sul piano di lavoro dopo un certo periodo di uso dell'impianto (prima manutenzione) rispetto al valore medio dell'illuminamento ottenuto sotto le stesse condizioni quando l'impianto è nuovo" (IEC/CIE 17.4).

Per una valutazione adeguata del fattore di manutenzione si fa riferimento alla pubblicazione CIE 97/2-2005 "Maintenance of electric indoor lighting systems", la quale indica il fattore di manutenzione come prodotto di quattro parametri:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF$$

In cui:

- **LLMF** indica la riduzione del flusso specifica di una lampada nel corso della sua durata;
- **LSF** indica la percentuale di lampade ancora funzionanti trascorso un certo intervallo di manutenzione;
- **LMF** indica il calo di efficienza di un apparecchio dovuto alla sporcizia che si accumula trascorso un certo intervallo di manutenzione/pulizia;
- **RSMF** indica il calo degli indici di riflessione delle superfici perimetrali, dovuto alla sporcizia che si accumula trascorso un certo intervallo di manutenzione/pulizia.

3

Per quanto riguarda il parametro **LMF** di seguito si riportano i valori più comuni in base al tipo di installazione, al tempo trascorso fra due intervalli di manutenzione, alla pulizia del locale:

Tempo trascorso tra due interventi di manutenzione (Anni)	0			0.5			1.0			2.0			3.0		
	P	N	S	P	N	S	P	N	S	P	N	S	P	N	S
AMBIENTE (°)															
Tipo di Luminaria															
Lampada nuda	1	0.95	0.92	0.88	0.93	0.89	0.83	0.89	0.84	0.78	0.85	0.79	0.73		
Riflettore aperto superiormente	1	0.95	0.91	0.88	0.90	0.86	0.83	0.84	0.80	0.75	0.79	0.74	0.68		
Riflettore chiuso superiormente	1	0.93	0.89	0.83	0.89	0.81	0.72	0.80	0.69	0.59	0.74	0.61	0.52		
Lamp. in riflettore chiuso trasparente	1	0.92	0.87	0.83	0.88	0.82	0.77	0.83	0.77	0.71	0.79	0.73	0.65		
Lamp. in riflettore antipolvere	1	0.96	0.93	0.91	0.94	0.90	0.86	0.91	0.86	0.81	0.90	0.84	0.79		
Flusso indirizzato superiormente	1	0.92	0.89	0.85	0.86	0.81	0.74	0.77	0.66	0.57	0.70	0.55	0.45		

(°) P = Pulito ; N = Normale ; S = Sporco

Per quanto riguarda il parametro **RSMF** occorre innanzitutto introdurre il parametro chiamato Indice del locale, definito come:



## RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA – STUDIO ILLUMINOTECNICO, STUDIO ACUSTICO

*Riqualificazione degli spazi dell'Ex Convento San Domenico da destinarsi alla nuova Biblioteca Generale Centrale della città di Barletta – POR FESR PUGLIA – Asse VI – Sezione 6.7 – Community Library – Biblioteca di Comunità*

$$K = \frac{a \cdot b}{hu \cdot (a + b)}$$

In cui:

- **a** è la lunghezza del locale
- **b** è la larghezza del locale
- **hu** è l'altezza utile, definita come distanza fra apparecchio e piano di lavoro

Definito **K** è possibile utilizzare la tabella seguente:

Tempo trascorso tra due interventi di manutenzione (Anni)		0.5			1.0			2.0			3.0		
		P	N	S	P	N	S	P	N	S	P	N	S
K (*)	Direzione del Flusso												
0.7	Diretto	0.97	0.96	0.95	0.97	0.94	0.93	0.95	0.93	0.90	0.94	0.92	0.88
	Dir./Indiretta	0.94	0.88	0.84	0.90	0.86	0.82	0.87	0.82	0.78	0.84	0.79	0.74
	Indiretto	0.90	0.84	0.80	0.85	0.78	0.73	0.81	0.73	0.66	0.75	0.68	0.59
2.5	Diretto	0.98	0.97	0.96	0.98	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94
	Dir./Indiretta	0.95	0.90	0.86	0.92	0.88	0.85	0.89	0.85	0.81	0.86	0.82	0.78
	Indiretto	0.92	0.87	0.83	0.88	0.82	0.77	0.84	0.77	0.70	0.78	0.72	0.64
5.0	Diretto	0.99	0.97	0.96	0.98	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94
	Dir./Indiretta	0.95	0.90	0.86	0.92	0.88	0.85	0.89	0.85	0.81	0.86	0.82	0.78
	Indiretto	0.92	0.87	0.83	0.88	0.82	0.77	0.84	0.77	0.70	0.78	0.72	0.64

(\*) P = Pulito ; N = Normale ; S = Sporco

(\*\*)  $K = a \cdot b / b_m / (a+b)$  con  $a, b$  = dimensioni in pianta del locale ;  $b_m$  altezza di montaggio

4



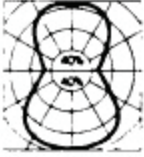
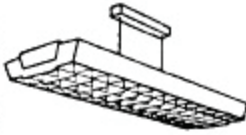




Per quanto riguarda invece i valori di **LLMF** e **LSF** invece è possibile fare riferimento a tabelle più o meno standard, come la seguente:

Type de lampe	Nombre d'heures de fonctionnement (x 1000)	1	2	4	6	8	10	12	15	20	30
Lampe incandescente	LLMF	0.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LSF	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lampe halogène	LLMF	0.97	0.95	-	-	-	-	-	-	-	-
	LSF	0.78	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-
Lampe fluorescente triphosphore	LLMF	0.98	0.97	0.93	0.92	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	-
	LSF	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.98	0.97	0.94	0.50	-
Lampe fluo-compacte	LLMF	0.97	0.94	0.91	0.89	0.87	0.85	-	-	-	-
	LSF	0.99	0.98	0.97	0.94	0.86	0.50	-	-	-	-
Lampe au mercure	LLMF	0.97	0.93	0.85	0.82	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	-
	LSF	0.99	0.98	0.97	0.94	0.90	0.86	0.79	0.69	0.50	-
Lampe aux halogénures métalliques	LLMF	0.95	0.90	0.87	0.83	0.79	0.65	0.63	0.58	0.50	-
	LSF	0.99	0.98	0.97	0.92	0.86	0.80	0.73	0.66	0.50	-
Lampe au sodium haute pression	LLMF	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.94	0.90
	LSF	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.97	0.95	0.92	0.50



## 1.4 FATTORE DI UTILIZZAZIONE

Il fattore di utilizzazione dell'apparecchio (Fu) indica in sostanza quanta luce emessa dalla sorgente arriva sul piano di lavoro stabilito. Questo valore viene tabellato dai produttori in base all'indice del locale e ai coefficienti di riflessione delle pareti e del soffitto, come nell'esempio seguente:

Curva fotometrica	Indice del locale	Coefficiente di utilizzazione								Fattore di manutenzione			
		b	m	n						b	m	n	
Illuminazione semidiretta d = 1,1 h 	J	0,28	0,22	0,18	0,26	0,21	0,18	0,20	0,17	Plafoniera nuda o con coppa diffusante 	0,80	0,70	0,60
	I	0,35	0,29	0,25	0,33	0,27	0,24	0,26	0,24				
	H	0,39	0,33	0,30	0,37	0,32	0,28	0,30	0,27				
	G	0,45	0,38	0,33	0,40	0,36	0,32	0,33	0,30				
	F	0,49	0,42	0,37	0,43	0,39	0,34	0,37	0,33				
	E	0,56	0,50	0,44	0,49	0,44	0,40	0,42	0,38				
	D	0,60	0,55	0,50	0,53	0,48	0,44	0,47	0,44				
	C	0,64	0,59	0,54	0,56	0,51	0,47	0,50	0,47				
	B	0,68	0,62	0,59	0,61	0,56	0,53	0,54	0,52				
	A	0,70	0,65	0,62	0,65	0,62	0,60	0,58	0,57				
Illuminazione mista d = 1,1 h 	J	0,26	0,23	0,21	0,23	0,21	0,19	0,19	0,17	Diffusore 	0,75	0,70	0,65
	I	0,32	0,29	0,27	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21				
	H	0,37	0,33	0,31	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24				
	G	0,40	0,36	0,34	0,34	0,31	0,30	0,28	0,26				
	F	0,42	0,39	0,36	0,36	0,33	0,32	0,30	0,28				
	E	0,46	0,43	0,40	0,41	0,38	0,35	0,32	0,30				
	D	0,50	0,46	0,43	0,44	0,40	0,39	0,34	0,33				
	C	0,52	0,48	0,45	0,46	0,44	0,41	0,37	0,36				
	B	0,55	0,52	0,49	0,48	0,46	0,45	0,39	0,38				
	A	0,57	0,54	0,51	0,49	0,47	0,46	0,42	0,41				
Illuminazione diretta d = h 	J	0,38	0,32	0,28	0,37	0,32	0,28	0,31	0,28	Riflettore a fascio largo 	0,75	0,65	0,55
	I	0,46	0,42	0,38	0,46	0,41	0,38	0,41	0,38				
	H	0,50	0,46	0,43	0,50	0,46	0,43	0,46	0,43				
	G	0,54	0,50	0,48	0,53	0,50	0,47	0,49	0,47				
	F	0,58	0,54	0,51	0,56	0,53	0,50	0,52	0,50				
	E	0,62	0,59	0,56	0,60	0,58	0,56	0,58	0,56				
	D	0,67	0,64	0,61	0,65	0,63	0,61	0,62	0,61				
	C	0,69	0,66	0,63	0,67	0,65	0,63	0,64	0,62				
	B	0,72	0,70	0,67	0,70	0,68	0,66	0,67	0,66				
	A	0,74	0,71	0,69	0,72	0,70	0,68	0,69	0,67				
Illuminazione diretta d = 0,9 h 	J	0,35	0,32	0,30	0,35	0,32	0,30	0,32	0,30	Riflettore a fascio medio 	0,75	0,65	0,55
	I	0,43	0,39	0,37	0,42	0,39	0,37	0,39	0,37				
	H	0,48	0,45	0,42	0,47	0,44	0,42	0,43	0,41				
	G	0,53	0,50	0,47	0,52	0,49	0,47	0,48	0,46				
	F	0,57	0,53	0,50	0,55	0,52	0,50	0,52	0,50				
	E	0,61	0,57	0,55	0,59	0,57	0,54	0,56	0,54				
	D	0,64	0,61	0,59	0,62	0,60	0,58	0,59	0,57				
	C	0,66	0,63	0,61	0,63	0,61	0,60	0,61	0,59				
	B	0,68	0,66	0,63	0,66	0,64	0,63	0,63	0,62				
	A	0,69	0,67	0,66	0,67	0,66	0,64	0,65	0,63				
Fattore di riflessione pareti		50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%				
Fattore di riflessione soffitto		75%			50%			30%					

(\*) b = pulizia frequente

m = pulizia mediocre

n = pulizia scarsa

A i = 4,50 ÷ 6,00

D i = 2,25 ÷ 2,75

G i = 1,12 ÷ 1,38

B i = 3,50 ÷ 4,50

E i = 1,75 ÷ 2,25

H i = 0,90 ÷ 1,12

C i = 2,75 ÷ 3,50

F i = 1,38 ÷ 1,75

I i = 0,70 ÷ 0,90

J i = 0,50 ÷ 0,70

Per l'indice del locale si ricorre alla formula vista sopra, per i coefficienti di riflessione è possibile utilizzare la tabella seguente:

Intonaco comune bianco (latte di calce o simile)	0.8
Intonaco comune o carta molto chiara (avorio, giallo, grigio)	0.7
Intonaco comune o carta molto chiara (grigio perla, avorio, rosa chiaro)	0.6-0.5
Intonaco comune o carta di colore medio (verdino, azzurro, beige)	0.5-0.3
Intonaco comune o carta di colore scuro (verde oliva, rosso)	0.3-0.1
Pavimenti in tinta chiara	0.6-0.4
Pavimenti in tinta scura	0.2-0.1
Alluminio	0.8-0.9
Vernice bianca	0.5
Smalto bianco	0.6
Plastica chiara	0.55

## 1.5 CALCOLO DEL FLUSSO LUMINOSO

Una volta definiti il fattore di utilizzazione ed il fattore di manutenzione è possibile calcolare il flusso luminoso utile totale necessario per la corretta illuminazione del locale attraverso la formula:

$$\Phi_u = \frac{E \cdot A}{F_u \cdot MF}$$

In cui:

- **E** è l'illuminamento medio definito dalla UNI EN 12464-1
- **A** è l'area del locale
- **F<sub>u</sub>** è il fattore di utilizzazione, come visto sopra
- **MF** è il fattore di manutenzione, come visto sopra

Il valore che si ottiene indica il flusso luminoso totale che le sorgenti presenti all'interno dell'apparecchio devono avere per poter illuminare correttamente il locale: se si divide questo parametro per il flusso di una singola sorgente, si otterrà il numero di sorgenti necessarie; se si divide per il numero di apparecchi che si vuole utilizzare, si otterrà il flusso minimo che le sorgenti all'interno dell'apparecchio illuminante devono fornire.

Per l'edificio in questione, ed in particolare per quanto riguarda le sale lettura, si è provveduto in primo luogo al calcolo del flusso luminoso del sistema di illuminazione a luce indiretta (effettuato per una porzione rappresentativa delle sale). La fonte luminosa in questo caso consiste in un led strip applicato per tutta la lunghezza delle pareti (come rappresentato in planimetria).

Striscia led tipo <b>LEDLAMP RL-STRIP</b> - 5050 lm/m			
<b>Illuminazione indiretta</b>			
E	500	lux	(livello di illuminamento richiesto)
Largh.	3,37	m	(larghezza stanza)

**RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA – STUDIO ILLUMINOTECNICO, STUDIO ACUSTICO**

Riqualificazione degli spazi dell'Ex Convento San Domenico da destinarsi alla nuova Biblioteca Generale Centrale della città di Barletta – POR FESR PUGLIA – Asse VI – Sezione 6.7 – Community Library – Biblioteca di Comunità

Lungh.	2,6	m	(lunghezza stanza)
H	5,25	m	(altezza stanza)
H1	1,5	m	(distanza soffitto/punto luce)
H2	0,7	m	(altezza oggetti da illuminare)
K	0,48		(indice del locale)
Fu	0,15		(fattore di utilizzazione)
Cm	0,81		(coefficiente di manutenzione)
Ftot.	36058	lumen	(flusso luminoso totale)
F	24089	lumen	(flusso luminoso lampade)
n°	1		(n° lampade richieste)

La soluzione sopra descritta fornisce un valore di illuminamento ad altezza del piano di lavoro (70cm) pari a 334 lux. Per raggiungere gli standard previsti dalla normativa (500 lux) è stata prevista l'installazione di punti luce (illuminazione diretta) in ogni postazione di lettura.

Lampada tipo <b>wästberg w 111 van severen</b> - 1200 lm			
<b>illuminazione diretta</b>			
E	166	lux	(livello di illuminamento richiesto)
Largh.	3,37	m	(larghezza stanza)
Lungh.	2,6	m	(lunghezza stanza)
H	5,25	m	(altezza stanza)
H1	4,045	m	(distanza soffitto/punto luce)
H2	0,7	m	(altezza oggetti da illuminare)
K	2,91		(indice del locale)
Fu	0,66		(fattore di utilizzazione)
Cm	0,65		(coefficiente di manutenzione)
Ftot.	3390	lumen	(flusso luminoso totale)
F	1200	lumen	(flusso luminoso lampade)
n°	3		(n° lampade richieste)

7





Essendo previste 3 postazioni per ogni tavolo da lettura (e quindi 3 punti di illuminazione diretta per ogni porzione rappresentativa del locale), i valori ottenuti con questo implemento risultano coerenti con gli obiettivi di progetto.

**Il calcolo così effettuato è un calcolo di massima, che dovrebbe poi essere verificato con programmi illuminotecnici dedicati.**

## **2 STUDIO ACUSTICO**

### **2.1 INDIRIZZI PROGETTUALI**

#### **2.1.1 LA SALA E LE DESTINAZIONI D'USO**

Le proposte progettuali presentate all'interno del presente documento sono state definite con l'obiettivo di rispondere alle esigenze di versatilità dello spazio dell'ex convento San Domenico, sito in Via Cialdini nel comune di Barletta (BT), espresse dalla Committenza. In particolare tali esigenze comprendono specifiche richieste in termini di adattamento dello spazio per diversi utilizzi della corte interna. In particolare le destinazioni d'uso previste sono:

- Esposizione;
- Conferenze e convegni in presenza di pubblico;
- Esecuzione di concerti di musica da camera in presenza di pubblico.

8

L'evidente molteplicità di utilizzi della sala impone che la progettazione sia mirata all'individuazione di soluzioni che garantiscano una buona risposta acustica in ognuna delle condizioni citate. Nell'ambito della presente relazione verranno analizzate in particolare le soluzioni acustiche adatte alle destinazioni d'uso della sala come sala esposizione e come sala conferenze.

#### **2.1.2 REQUISITI ACUSTICI PER LA CORTE**

L'acustica passiva della sala deve essere ottimizzata sia per la l'ascolto della parola che della musica. La definizione degli obiettivi acustici prende avvio dall'individuazione dei parametri che permettono di descrivere le qualità della sala, sia per quanto riguarda il "buon ascolto" sia per quanto riguarda il controllo della rumorosità. In particolare la progettazione acustica ha come obiettivo la corretta trasmissione del messaggio sonoro. Le caratteristiche acustiche dell'ambiente in cui avviene la comunicazione possono perturbare la qualità della trasmissione del segnale emesso, rendendolo meno intelligibile per l'ascoltatore. Per una buona ricezione è necessario un buon livello sonoro del segnale utile, un basso livello di rumore di fondo ed il controllo della riverberazione sonora, quantificato attraverso la misura o il calcolo del tempo di riverberazione. Questi tre parametri, non ottimizzati, riducono l'intelligibilità della parola e del segnale musicale e, di conseguenza, le condizioni di comfort acustico all'interno della corte.

#### **LIVELLO SONORO DELLA SORGENTE**



Il campo sonoro che tende a stabilirsi in condizioni stazionarie in un ambiente chiuso è dato dalla sovrapposizione del campo sonoro diretto, costituito dalle onde provenienti direttamente dalla sorgente, e dal campo riverberato, costituito dall'insieme di tutte le onde riflesse, che si susseguono nel tempo.

Il suono diretto si riduce in intensità in funzione della distanza dalla sorgente, ma viene contemporaneamente integrato dalle riflessioni provenienti dalle superfici delimitanti il locale. La pressione sonora in un punto all'interno del campo è direttamente proporzionale alla potenza sonora della sorgente ed al suo fattore di direttività, ed è inversamente proporzionale alla distanza tra sorgente e ricevitore e all'assorbimento acustico totale dell'ambiente (o area di assorbimento equivalente). Per la sala oggetto di studio la sorgente sonora può essere rappresentata dalla voce umana, la cui potenza sonora, nel caso di un oratore maschio che parli in una sala conferenze con sforzo vocale "forte" è pari a circa 80 dB.

Dai valori di pressione sonora si determina il livello globale di pressione sonora ponderato A, cioè il livello sonoro pesato in funzione della curva di ponderazione A che tiene conto della diversa sensibilità dell'orecchio umano alle diverse frequenze.

Per una buona ricezione il livello sonoro deve sovrastare il rumore di fondo di almeno 15 dB(A) in tutti i punti della sala. Considerando che in una sala il livello di rumore di fondo, prodotto essenzialmente dagli impianti e dal vociare degli occupanti, non dovrebbe superare i 35 dB(A), nella posizione più distante dall'oratore il livello sonoro dovrà essere almeno 50 dB(A).

## **LIVELLO SONORO DEL RUMORE DI FONDO**

Per caratterizzare oggettivamente la risposta soggettiva al rumore di un individuo medio viene utilizzato il livello globale continuo equivalente di pressione sonora ponderato A, LAeq,T, a causa della buona correlazione esistente tra il livello misurato e il disturbo percepito. Con questo indice di valutazione l'effetto disturbante del rumore viene correlato al contributo energetico medio temporale piuttosto che all'energia sonora istantanea effettivamente percepita. Per gli ambienti confinati, in funzione della loro destinazione d'uso e della tipologia di rumore, sono fissati i valori massimi di LAeq,T da non superare per non incorrere in disturbo. I limiti di riferimento sono definiti su base statistica in relazione a ben precise condizioni ambientali. Si può citare, nell'ambito della legislazione nazionale, il DPCM 5 dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici". Tale decreto definisce limiti sulla rumorosità degli impianti tecnologici a funzionamento continuo e discontinuo. Gli impianti a funzionamento continuo sono gli impianti di riscaldamento, ventilazione e condizionamento.

Nel caso di edifici adibiti ad attività ricreative, ai quali può ricondursi la corte interna in questione, il decreto stabilisce un livello massimo per tali impianti pari a 35 dB(A).

## **TEMPO DI RIVERBERAZIONE**

Gli effetti del suono riverberato sulla qualità dell'ascolto si valutano con la determinazione del tempo di riverberazione convenzionale, T60. Il valore ottimale del tempo di riverberazione rappresenta il giusto compromesso tra il raggiungimento di un livello sonoro sufficiente in condizioni di acustica



passiva, in tutti i punti dell'ambiente, e la riduzione degli effetti dannosi provocati da un eccesso di riverberazione.

Il tempo di riverberazione ottimale può essere stabilito in funzione del volume dell'ambiente e della sua destinazione d'uso. In linea generale per ambienti destinati all'ascolto della parola, dove il suono diretto viene privilegiato rispetto a quello riverberato, si indicano valori di tempo di riverberazione più brevi rispetto a quelli ideali per sale destinate all'ascolto della musica. Si passa da poco meno di un secondo per il parlato a poco più di due secondi per la musica. In letteratura sono riportati diagrammi che forniscono tali valori ottimali in funzione della frequenza (Figura 2.1).

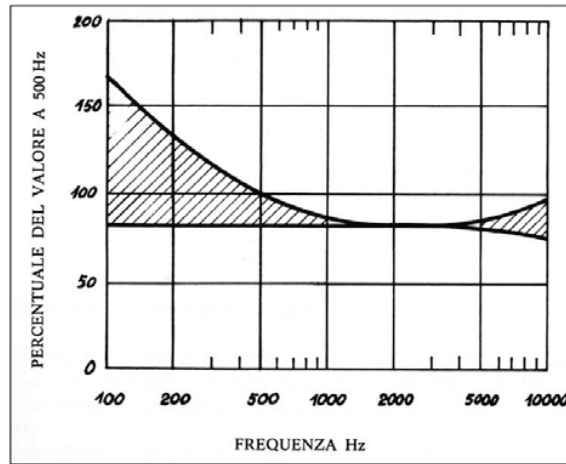


Figura 2.1: Curva in frequenza del tempo di riverberazione. Calcolo riferito alle frequenze principali (bande di ottava)

Per la sala oggetto di studio il valore ottimale del tempo di riverberazione è stato individuato in relazione alla destinazione d'uso come sala concerti di musica, considerando che il controllo e la riduzione della riverberazione rispetto alla situazione attuale siano funzionali anche per l'ascolto della parola. In Tabella 1 e 2 si riportano i valori del tempo di riverberazione ottimale da letteratura in funzione rispettivamente del volume e della destinazione d'uso dell'ambiente.

<b>TEMPO DI RIVERBERAZIONE OTTIMALE IN FUNZIONE DEL VOLUME DELL'AMBIENTE</b>		
Volume [m <sup>3</sup> ]	Range ottimale del tempo di riverberazione, T <sub>60</sub> [s] in funzione della destinazione d'uso	
	musica	parola
1000	0,99 ÷ 1,25	0,75 ÷ 0,92
2500	1,10 ÷ 1,45	0,83 ÷ 1,02
5000	1,25 ÷ 1,65	0,92 ÷ 1,12
10000	1,40 ÷ 1,85	0,99 ÷ 1,21
15000	1,50 ÷ 2,00	1,04 ÷ 1,27
20000	1,55 ÷ 2,50	1,08 ÷ 1,32
25000	1,60 ÷ 2,15	1,12 ÷ 1,38

Tabella 2.2: Tempo di riverberazione ottimale in funzione del volume dell'ambiente

<b>TEMPO DI RIVERBERAZIONE OTTIMALE IN FUNZIONE DELLA DESTINAZIONE D'USO DELL'AMBIENTE [Barron]</b>	
Musica per organo	Oltre 2,5 s
Musica del periodo romantico	1,8 - 2,2 s
Musica classica	1,6 - 1,8 s
Opera	1,3 - 1,8 s
Musica da camera	1,4 - 1,7 s
Teatro	0,7 - 1,0 s

Tabella 2.2: Tempo di riverberazione ottimale in funzione della destinazione d'uso dell'ambiente

In Figura 2.2 si riporta la curva ottimale del tempo di riverberazione per la sala oggetto di studio calcolata in relazione alle sue dimensioni geometriche e alla destinazione d'uso prevalente.

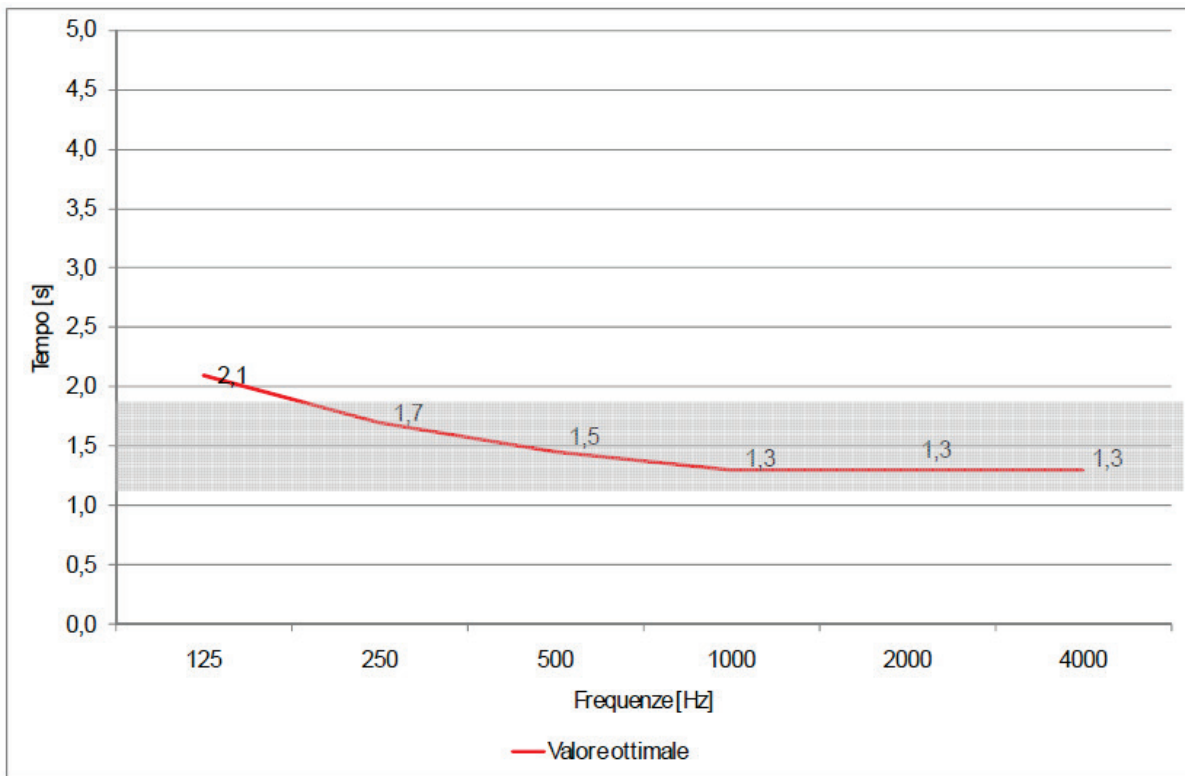


Figura 2.2: Tempo di riverberazione. Valori ottimali in frequenza per le bande di ottava tra 125 e 4000 Hz.

### ALTRI PARAMETRI ACUSTICI

Dal punto di vista normativo, la norma UNI EN ISO 3382 - Acustica - Misurazione del tempo di riverberazione di ambienti con riferimento ad altri parametri acustici -, introduce non solo la standardizzazione delle metodologie di misurazione del tempo di riverberazione, ma rappresenta anche il riferimento normativo per la definizione dei principali parametri di caratterizzazione acustica per le sale. Tra i parametri descritti nella norma si citano:

- L'indice di chiarezza, C80 e l'indice di definizione, D50;
- L'indice di intensità, G;

- Gli indici di supporto per i musicisti, ST.

### 2.1.3 ANALISI MODALE

L'analisi modale trova applicazione principalmente in ambienti piccoli ma può essere estesa ad ambienti di maggiori dimensioni nei casi in cui vi sia la presenza di superfici piane parallele.

Si definiscono modi di un ambiente le frequenze delle onde sonore la cui lunghezza d'onda è confrontabile con le dimensioni dell'ambiente. In altri termini, data una sorgente che emette una certa onda sonora nell'ambiente in esame, se la lunghezza spaziale di tale onda è confrontabile con le dimensioni della stanza, tale frequenza è detta modo. I modi producono fenomeni di colorazione del suono, ovvero si ha un incremento del livello di pressione sonora in corrispondenza delle frequenze modali. La Figura 2.3 mostra l'andamento del livello di pressione sonora in un vertice di un ambiente a forma di parallelepipedo quando nel vertice opposto è in funzione una sorgente in grado di emettere nello spazio libero un suono di livello costante in frequenza.

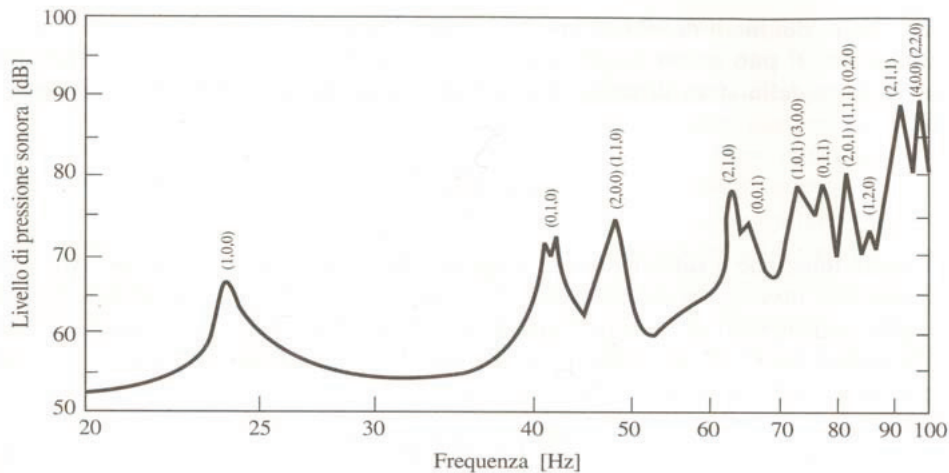


Figura 2.3: Livello di pressione in un vertice dell'ambiente a forma di parallelepipedo

Si possono definire 3 tipi di modi:

- Modi assiali: coinvolgono 2 superfici del parallelepipedo;
- Modi tangenziali: coinvolgono 4 superfici del parallelepipedo;
- Modi obliqui: coinvolgono tutte le superfici del parallelepipedo;

L'analisi modale ha validità per le frequenze basse, in particolare al di sotto di una determinata frequenza detta di Schroeder. Tale frequenza dipende dal volume della stanza e dal tempo di riverberazione e può essere calcolata come segue:

$$f_1 = 1857 \sqrt{\frac{T60}{V}} \text{ in Hz}$$

Dove:

- T60 è il tempo di riverberazione dell'ambiente in s;
- V è il volume dell'ambiente in m3.

Al di sopra della frequenza di Schroeder e fino ad una frequenza 4 volte maggiore di tale frequenza si trova una regione cosiddetta di diffusione, all'interno della quale la teoria dell'analisi modale trova ancora applicazione ma il campo sonoro può essere studiato anche mediante l'acustica statistica (assorbimento e riflessioni speculari). Al di sopra di tale frequenza la teoria modale perde di validità. La suddivisione in regioni dello spettro di frequenze è mostrato in Figura 2.4.

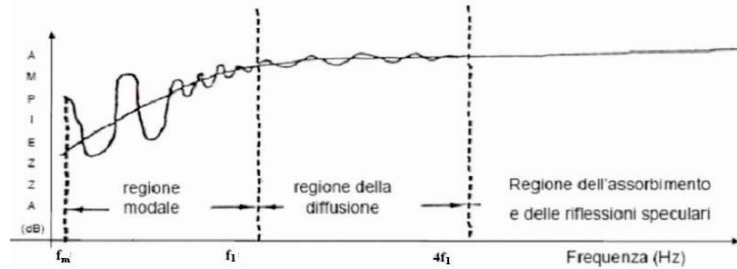


Figura 2.4: Suddivisione dello spettro in frequenza nelle 3 regioni

Le frequenze modali vengono calcolate tenendo in considerazione la tipologia di modi (assiali, tangenziali e obliqui) mediante:

$$f_n = \frac{c}{2} \cdot \sqrt{\left(\frac{n_x}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{l_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{l_z}\right)^2} \text{ in Hz}$$

Dove:

- **c** è la velocità del suono pari a 340 m/s<sup>2</sup>;
- **n** sono coefficienti che identificano l'ordine del modo in una delle tre direzioni. Se n=0 il modo non è presente;
- **l** sono le dimensioni dell'ambiente, rispettivamente lunghezza, larghezza e altezza.

## **2.2 PROGETTO DELLA CORTE**

Il progetto acustico dell'ex convento San Domenico prevede interventi volti all'ottimizzazione della risposta acustica all'interno della corte interna per le diverse destinazioni d'uso previste.

### **2.2.1 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO**

Attualmente l'ambiente presenta una pianta quadrata di circa 172 mq, con un'altezza di 17,16 m per un volume complessivo di circa 2,951 mc. Per i primi due livelli la corte risulta circondata principalmente da vetrate (di altezza pari a 6,60m), per poi passare ad un ultimo livello in muratura (spezzato da finestre interne) ed in fine ad una copertura in vetro. La maggior parte dei locali che si affacciano su questo spazio sono adibiti a sale lettura o a locali in cui è previsto un basso livello di disturbo sonoro.



Figura 2.5: Rilievo fotografico dell'area di intervento

## **2.2.2 PANNELLI FONOASSORBENTI**

Per ovviare alle problematiche di progetto è stata prevista l'installazione di pannelli fonoassorbenti tipo CARUSO Flag. Ogni singolo elemento dovrà avere una struttura portante in lamiera zincata opportunamente sagomata per alloggiare al suo interno materiale fonoassorbente tipo Whisper FR della Stratocell di spessore 50mm.

Il pannello dovrà essere rivestito completamente con tessuto tecnico 100% Trevira CS con peso di ca.185 gr/mq, con orditura composta da n. 25 fili/cm e trama composta da n. 16 fili/cm tale da garantire regolare flusso di aria per favorire l'assorbimento acustico al materiale fonoassorbente interno.

Il rivestimento dovrà avere sulla parte superiore del pannello un sistema a cerniera per permetterne facilmente la sfoderabilità. Il pannello dovrà avere un kit di sospensione composto da due sistemi di aggancio regolabili predisposti sul lato superiore e due cavi in acciaio a misura.

Gli elementi che saranno installati verticalmente difronte alle vetrate saranno completati con stampa digitale decorativa.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche dell'oggetto.

## **RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA – STUDIO ILLUMINOTECNICO, STUDIO ACUSTICO**

*Riqualificazione degli spazi dell'Ex Convento San Domenico da destinarsi alla nuova Biblioteca Generale Centrale della città di Barletta – POR FESR PUGLIA – Asse VI – Sezione 6.7 – Community Library – Biblioteca di Comunità*



*Figura 2.6: Foto indicativa del pannello fonoassorbente tipo Caruso Flag.*



## RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA – STUDIO ILLUMINOTECNICO, STUDIO ACUSTICO

Riqualificazione degli spazi dell'Ex Convento San Domenico da destinarsi alla nuova Biblioteca Generale Centrale della città di Barletta – POR FESR PUGLIA – Asse VI – Sezione 6.7 – Community Library – Biblioteca di Comunità

Descrizione del test Test Description	Norma Norm	Unità di misura Unit of measure	Valori e tolleranze Values
<b>Composizione</b> Composition	Direttive CEE	%	100% PL FR
<b>Lunghezza e Altezza pezza</b> Piece length and width	UNI 5113	m.	40 ± 5% 1.95 ± 3%
<b>Grammatura</b> Weight	UNI EN 12127	gr./m <sup>2</sup>	185 ± 5%
<b>Numeri fili Ordito</b> Number yam Warp	UNI EN 1049-2	n°/cm.	16/cm ± 2
<b>Numeri fili Trama</b> Number yam Weft	UNI EN 1049-2	n°/cm.	25/cm. ± 2
<b>Resistenza all'abrasione Martindale 12 KPA</b> Abrasion test-Martindale 12 KPA	UNI EN ISO 12947	cicli cycles	25.000 ± 5.000
<b>Pilling - Metodo Martindale</b> Pilling - Martindale Method	ISO 12945-2	grado degree 1-5	4 ± 1
<b>Resistenza alla trazione nel verso dell'ordito</b> Tensile strength - Warp	UNI EN ISO 13934	Kg / %	50 ± 5 30% ± 10
<b>Resistenza alla trazione nel verso della trama</b> Tensile strength - Weft	UNI EN ISO 13934	Kg / %	105 ± 5 185% ± 10
<b>Stabilità dimensionale lavaggio a 40° Ordito</b> Dimensional stability washing process at 40° - Warp	UNI EN 26330 ISO 6330:1984	%	2 ± 1
<b>Stabilità dimensionale lavaggio a 40° Trama</b> Dimensional stability washing process at 40° - Weft	UNI EN 26330 ISO 6330:1984	%	2 ± 1
<b>Solidità della tinta agli acidi e alcali</b> Colour fastness to acids and alkali	UNI EN ISO 105 E05-E06	grado degree 1-5	4 ± 1
<b>Resistenza allo sfregamento a secco</b> Rubbing Fastness - Dry	EN ISO 105X12	grado degree 1-5	4 ± 1
<b>Resistenza allo sfregamento a umido</b> Rubbing Fastness - Humid	EN ISO 105X12	grado degree 1-5	4 ± 1
<b>Solidità al sudore acido e alcalino</b> Acid and alkaline perspiration fastness	UNI EN ISO 105 E04	grado degree 1-5	4 ± 1
<b>Solidità alla luce Artificiale (Xenotest)</b> Lightfastness (Xenotest)	EN ISO 105 B02 Scala dei blu	grado degree 1-8	5 ± 1
<b>Solidità della tinta al lavaggio a secco</b> Colour fastness to dry cleaning	UNI EN ISO 105 D01	grado degree 1-5	4 ± 1
<b>Solidità della tinta al lavaggio a 40° C.</b> Colour washing fastness at 40° C.	UNI EN 20105-C01	grado degree 1-5	4 ± 1
<b>Manutenzione</b> Maintenance	Usare con regolarità l'aspirapolvere a beccuccio liscio, non spazzolare. Use the vacuum-cleaner with smooth spout regularly, don't brush.		
<b>Simbologia di Manutenzione</b> Symbols Maintenance	UNI 8423		
<b>Potere Calorifico PL Trevira CS: 20.000 Kj/Kg = 4.800 KCal</b> Calorific Power of PL Trevira CS: 20.000 Kj/Kg= 4.800 KCal			
<b>Certificazioni:</b> Certifications:		Classe 1 Sipari, Drappeggi, Tendaggi	
		OEKO TEX N. 072150.0	
		B1 DIN 4102	

16

### 2.2.3 TEMPO DI RIVERBERAZIONE

Di seguito sono riportati i risultati delle simulazioni effettuate prevedendo come soluzione progettuale l'utilizzo di n 80 pannelli Flag 120x120x5cm installati sul soffitto ad altezza di 5 metri.



## RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA – STUDIO ILLUMINOTECNICO, STUDIO ACUSTICO

*Riqualificazione degli spazi dell'Ex Convento San Domenico da destinarsi alla nuova Biblioteca Generale Centrale della città di Barletta – POR FESR PUGLIA – Asse VI – Sezione 6.7 – Community Library – Biblioteca di Comunità*

Città	Barletta BT	Nazione	ITALIA	Data	03/11/2017
Locale	corte ex Convento S. Domenico	Volume	2958 m <sup>3</sup>	Report n.	CA201711301

Le seguenti tabelle e grafico indicano il tempo di riverbero calcolato (Tr) nel locale prima dell'installazione dei prodotti fonoassorbenti e la situazione del tempo di riverbero calcolato dopo l'installazione di prodotti fonoassorbenti

Simulazione elaborata con: **n° 80 elemento fonoassorbente Flag 120x120x5 cm**

### Situazione acustica

frequenze	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
<b>Tr attuale</b>	<b>8,91 s</b>	<b>8,57 s</b>	<b>9,26 s</b>	<b>7,20 s</b>	<b>5,42 s</b>	<b>3,50 s</b>
<b>Tr dopo</b>	<b>5,00 s</b>	<b>3,44 s</b>	<b>2,42 s</b>	<b>1,90 s</b>	<b>1,80 s</b>	<b>1,48 s</b>

frequenze	Basse	Medie	Alte
<b>Tr attuale</b>	<b>8,74 s</b>	<b>8,23 s</b>	<b>4,46 s</b>
<b>Tr dopo</b>	<b>4,22 s</b>	<b>2,16 s</b>	<b>1,64 s</b>

<b>Tr medio (125-4000 Hz) attuale</b>	<b>7,14 s</b>	<b>riduzione livello sonoro</b>
<b>Tr medio (125-4000 Hz) dopo</b>	<b>2,67 s</b>	<b>-4,27 dB</b>

<b>Tr medio (250-2000 Hz) attuale</b>	<b>7,61 s</b>	<b>riduzione livello sonoro</b>
<b>Tr medio (250-2000 Hz) dopo</b>	<b>2,39 s</b>	<b>-5,03 dB</b>

Grafico tempo di riverberazione (locale non occupato)

