



COMUNE DI PAVIA
SETTORE LAVORI PUBBLICI
PROGETTI E DIREZIONE LAVORI PUBBLICI

PIANO PER LE CITTA'

INTERVENTO DI VALORIZZAZIONE E RIQUALIFICAZIONE DEL
COMPLESSO MONUMENTALE DEL MONASTERO DI SANTA
CLARA, EX CASERMA CALCHI, PER LA CREAZIONE DI UN POLO
CULTURALE, COMMERCIALE E TERZIARIO

**RESTAURO CHIESA SUD-OVEST E RECUPERO PARZIALE ALA
SUD, RESTAURO FACCIATE DEL CHIOSTRO INTERNO;
STRUTTURE FISSE DI COMPLETAMENTO, SISTEMI DI
ARCHIVIAZIONE E PARETI ATTREZZATE**

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE TECNICA IMPIANTI MECCANICI

ELAB. N.

1M

Nome file:

3427_1M_R1_FRELAZIONE.dwg

Scala:

Data:

FEBBRAIO 2015

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA:

Arch. Silvia Canevari
Ufficio Tecnico Settore Lavori Pubblici

COLLABORAZIONE PROGETTAZIONE
ARCHITETTONICA:

Arch. Massimo Giuliani
Studio BCG Associati - Pavia

PROGETTAZIONE STRUTTURALE:

Ing. Enrico Cobianchi
con studio in Milano p.zza Arcole, 4

PROGETTAZIONE OPERE
IMPIANTISTICHE:

S.T.AR.IN. s.r.l.
Studio di Ingegneria - Voghera

Settore Lavori Pubblici
Via Scopoli, 1 - 27100 PAVIA

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO E
DIRIGENTE DEL SETTORE

Ing. Francesco GRECCHI

I N D I C E

1. CONSISTENZA DELL'IMPIANTO

1.1 PREMESSA

2. DATI DI PROGETTO

2.1 DATI GENERALI

2.2 DATI CLIMATICI

3. IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE

3.1 IMPIANTO TERMICO AUDITORIUM

3.2 IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

3.3 IMPIANTO TERMICO SALE LETTURA

4. IMPIANTO IDRICO SANITARIO

1 CONSISTENZA DELL'IMPIANTO

Committente:	Comune di Pavia
Ubicazione Immobile	Complesso Monumentale del Monastero di Santa Clara
Destinazione d'uso	- Auditorium, uffici e sale lettura
Superficie Immobile	670 m²
Impianti	Climatizzazione invernale ed estiva. Adduzione e scarico di acqua calda e fredda sanitaria. Ventilazione meccanica.

1.1 PREMESSA

La presente relazione tecnica e di calcolo è relativa alla progettazione degli impianti di climatizzazione invernale ed estiva, idrico-sanitari, aerazione meccanica da realizzare all'interno del complesso storico - monumentale denominato Santa Clara (2° lotto).

Il plesso, composto da una chiesa ed un chiostro, è caratterizzato da murature piene e pesanti, ampie finestrate, ed un colonnato che racchiude il chiostro interno. Dopo il primo recupero del chiostro con alcune sale importanti, il secondo lotto prosegue con l'intervento sul lato sud e con il recupero della ex-chiesa, dove il progetto prevede la realizzazione di un auditorium. Gli altri locali oggetto di recupero sono attrezzati per uffici e sale di lettura. Nella progettazione degli impianti si è tenuto conto che il recupero della struttura sarà volto alla conservazione dell'intero monumento rispettando tutti i vincoli storico-architettonici che la caratterizzano.

I paragrafi seguenti descrivono la proposta di progettazione degli impianti. Lo studio effettuato prevede un intervento non invasivo sulla struttura, ma anzi la conservazione della stessa nel tempo.

1.2 DATI DI PROGETTO

2.1 DATI GENERALI

Lo studio effettuato sulla tipologia di realizzazione dell'impianto termico è stato svolto considerando la normativa regionale D.G.R. VIII/8745 e s.m.i. e tramite i dati climatici della località in esame.

Di seguito sono evidenziati i dati climatici del comune di Pavia estrapolati tramite il software di calcolo EDILCLIMA – EC700 versione 6.0.1.

2.1 DATI CLIMATICI

Caratteristiche geografiche

Località	PAVIA
Provincia	Pavia
Altitudine s.l.m.	77 m
Latitudine Nord	45° 11'
Longitudine Est	9° 9'
Gradi giorno	2623
Zona climatica	E

Località di riferimento

Per la temperatura	PAVIA
Per l'irradiazione 1° località	PAVIA
2° località	MILANO
Per il vento	PAVIA

Caratteristiche del vento

Regione di vento	A
Direzione prevalente	Sud
Distanza dal mare	> 40 km
Velocità media del vento	1,2 m/s
Velocità massima del vento	2,4 m/s

Dati invernali

Temperatura esterna di progetto	-5,0 °C
Stagione di riscaldamento convenzionale	Dal 15 ottobre al 15 aprile

Dati estivi

Temperatura esterna bulbo asciutto	32,0 °C
Temperatura esterna bulbo umido	23,6 °C
Umidità relativa	50,0 %
Escursione termica giornaliera	12 °C

Temperature esterne medie mensili

Descrizione	u.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura	°C	0,5	3,2	8,4	12,9	17,1	21,3	23,5	22,7	19,3	13,3	7,1	2,3

Irradiazione solare media mensile

Esposizione	u.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Nord	MJ/m ²	1,5	2,4	3,7	5,4	7,7	9,7	9,3	6,5	4,2	2,8	1,7	1,3
Nord-Est	MJ/m ²	1,6	2,9	5,1	8,1	10,7	12,9	13,2	10,0	6,4	3,5	1,9	1,4
Est	MJ/m ²	2,8	4,9	8,0	11,2	13,2	15,4	16,3	13,6	9,8	6,0	3,3	2,5
Sud-Est	MJ/m ²	4,5	7,0	10,0	11,9	12,3	13,2	14,4	13,6	11,5	8,2	5,0	4,0
Sud	MJ/m ²	5,6	8,2	10,5	10,7	10,0	10,2	11,0	11,5	11,4	9,4	6,2	5,0
Sud-Ovest	MJ/m ²	4,5	7,0	10,0	11,9	12,3	13,2	14,4	13,6	11,5	8,2	5,0	4,0
Ovest	MJ/m ²	2,8	4,9	8,0	11,2	13,2	15,4	16,3	13,6	9,8	6,0	3,3	2,5
Nord-Ovest	MJ/m ²	1,6	2,9	5,1	8,1	10,7	12,9	13,2	10,0	6,4	3,5	1,9	1,4
Orizzontale	MJ/m ²	3,7	6,5	11,1	16,3	20,1	23,7	24,8	19,9	13,7	8,0	4,3	3,2

Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione: 287 W/ m²

Classificazione secondo D.G.R. VIII/8745 e s.m.i. in categoria: E.4, edifici adibiti ad attività ricreative, associative e di culto, vista la destinazione d'uso ad auditorium e biblioteca.

2. IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE

La proposta di progetto dell'impianto termico prevede due tipologie di impianto; una dedicata all'auditorium (ex chiesa); una relativa alla porzione del chiostro adiacente il monumento.

L'impianto termico sarà alimentato dalla centrale termica esistente (1° lotto) caratterizzata dall'impiego di pompe di calore acqua-acqua dimensionate per l'intero edificio durante l'esecuzione dei lavori del 1° lotto. L'impianto è dotato di n. 2 pompe di calore idrotermiche che dispongono di una potenza nominale totale pari a circa 640kW nominali.

3.1 IMPIANTO TERMICO AUDITORIUM

L'auditorium, ex chiesa, è una struttura composta da un unico ambiente, caratterizzato da un'altezza media interna importante - 7 m circa - da volte a crociera e da potenziali affreschi lungo le pareti partendo da 2,5 m da pavimento fino alla copertura. La muratura è in mattoni pieni ed ha uno spessore variabile da 60 a 150 cm.

Essendo un monumento delicato, vista la posizione all'interno della città e vista la presenza di affreschi, l'ipotesi progettuale prevede l'installazione di un impianto radiante a pavimento per il riscaldamento invernale e raffrescamento estivo. Con la presenza di pubblico tale impianto viene integrato da impianto di ventilazione meccanica per il dovuto ricambio e la regolazione dell'umidità relativa.

La mandata d'aria è installata anch'essa sotto pavimento per minimizzare l'impatto strutturale sull'ambiente.

L'impianto è dimensionato per assicurare una temperatura interna pari a 20 °C, con un'umidità relativa massima 65%, nella stagione invernale e pari a 27°C, con umidità relativa pari al 50%, durante la stagione estiva.

L'adozione di pannelli radianti a pavimento assicura "benessere termico" dovuto alla distribuzione verticale della temperatura dell'aria. Tale distribuzione si avvicina alla curva ideale di benessere termico, con zone leggermente più calde a pavimento e leggermente più fredde a soffitto.

Inoltre, tra i sistemi di riscaldamento, l'impianto a pannelli radianti a pavimento consente un significativo risparmio energetico - circa 20% - dovuto essenzialmente a riscaldamento con basse temperature del fluido termovettore, derivato dall'uso di sistemi di generazione del calore la cui resa aumenta al diminuire della temperatura richiesta. La centrale termica esistente, attrezzata con pompe di calore idrotermiche, è perfettamente adeguata per il servizio richiesto.

L'impianto di riscaldamento a pavimento permette inoltre di avere un ambiente igienicamente migliore. Riduce infatti il rischio di formazione di zone umide, evitando la formazione di muffe, e l'assenza di moti convettionali evita la distribuzione di acari e batteri. La riduzione delle condense e delle muffe contribuisce positivamente ad evitare il degrado degli intonaci.

L'impianto a pannelli radianti, evidenziato negli elaborati grafici (5M) sarà composto da n.4 collettori, che suddividono la zona auditorium in due parti, gestite indipendentemente da due cronotermostati. I comandi elettrotermici, montati sul ritorno dell'impianto, controllano la temperatura di ogni circuito.

La temperatura massima di mandata pari a 45°C e con Δt pari a 10°C.

Il passo stimato dei circuiti radianti sarà tra 50 e 100 mm, il diametro delle tubazione pari a \varnothing 16 mm.

Il pannello preformato per la posa dell'impianto radiante avrà un passo pari a 50 mm.

La pavimentazione della sala è realizzata con cotto esistente antico.

Per il dimensionamento della rete è stato utilizzato software Edil Clima EC700 per il calcolo del fabbisogno e EC611 per il calcolo della rete.

Di seguito sono riportate le dispersioni complessive dell'involucro, a cui è stato applicato un coefficiente di sicurezza pari ad 1.20 per compensare i periodi di avviamento.

Il dimensionamento dei pannelli radianti è stato effettuato per il fabbisogno di sola potenza per trasmissione. Di seguito sono riportati i risultati in sintesi per il funzionamento invernale ed estivo:

Fabbisogno invernale:

Nr.	Descrizione zona termica	Φ_{tr} [W]	$\Phi_{hl,sic}$ [W]
1	Auditorium	12302	14762
2	Auditorium abside	7329	8795

Totale	19631	23557
--------	-------	-------

Φ_{tr} Potenza dispersa per trasmissione

$\Phi_{hl,sic}$ Potenza totale moltiplicata per il coefficiente di sicurezza

Risulta dal calcolo una potenza specifica di pannelli pari a:

$$23557[W] / 163[m^2] = 144,52 [W/ m^2]$$

Compatibile con il pannello con interasse 50mm.

Fabbisogno estivo:

Carichi termici estivi nell'ora di massimo carico:

Ora di massimo carico nella zona: 18

Mese: Luglio

N.	Descrizione	Q _{Tr} [W]	Q _v [W]	Q _c [W]	Q _{gl,sen} [W]	Q _{gl,lat} [W]	Q _{gl} [W]
1	Auditorium	2469	5837	3822	7536	4592	12128
2	Auditorium abside	1317	3000	1551	3592	2288	5880

Totali	3787	8837	5373	11129	6880	18008
--------	------	------	------	-------	------	-------

Q_{Tr} Carico dovuto alla trasmissione

Q_v Carico dovuto alla ventilazione

Q_c Carichi interni

Q_{gl,sen} Carico sensibile globale

Q_{gl,lat} Carico latente globale

Q_{gl} Carico globale

La potenza specifica da fornire con i pannelli radianti è pari a:

$$(3787+5373)[W] / 163[m^2] = 56,2 [W/ m^2]$$

Pur considerato il valore di potenza specifica abbastanza elevato lo si può ritenere conforme tenendo in considerazione dell'utilizzo saltuario/occasionale della zona durante la stagione estiva di massimo carico.

Nei servizi igienici saranno installati n. 2 termo arredi ed un radiatore ad elementi componibili in ghisa nell'antibagno. Questi tre elementi saranno collegati ad un collettore premontato in cassetta 6+6 collocato nell'antibagno, come si evidenzia nell'elaborato di progetto (5M) in bassa temperatura.

Il dimensionamento dei radiatori è stato effettuato per il fabbisogno totale (trasmissione + ventilazione).

È stato applicato un coefficiente di sicurezza pari ad 1.15 per compensare i periodi di avviamento.

Di seguito il fabbisogno per i servizi:

N.	Descrizione	Φ _{tr} [W]	Φ _{ve} [W]	Φ _{hl} [W]	Φ _{hl sic} [W]
3	Wc	2978	1231	4209	4840

Φ_{tr} Potenza dispersa per trasmissione

Φ_{ve} Potenza dispersa per ventilazione

Φ_{hl} Potenza totale dispersa

Φ_{hl sic} Potenza totale moltiplicata per il coefficiente di sicurezza

I radiatori sono dimensionati con temperatura media di 55°C (Δt=10°C) e per temperatura ambiente pari a 18°C.

3.2 IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

L'impianto di ventilazione meccanica è caratterizzato da un unità di trattamento aria, posizionata nell'adiacente locale di servizio, da cui l'aria esterna verrà inviata all'ambiente mediante un canale con due derivazioni che andranno a servire la sala. L'impianto di distribuzione prevede l'utilizzo di canali coibentati in schiuma rigida di poliuretano, posizionati ad una profondità di scavo pari a 600 mm. Dai canali principali di distribuzione saranno realizzate le derivazioni per l'immissione in ambiente. Per evitare l'infiltrazione di acqua o polveri e detriti, dovuti alla pulizia delle pavimentazioni, il canale di immissione a pavimento sarà caratterizzato da una nicchia ad uso gocciolatoio. Rimuovendo le griglie superiori pedonabili diventa semplice l'efficace pulizia del gocciolatoio e limitare la possibile formazione di batteri e muffe che possono nel tempo degradare l'impianto.

Per la sala più grande (navata principale) sono state previste n. 5 bocchette in acciaio zincato pedonabili di portata 500m³/h ciascuna. Per la parte più piccola (abside) sono state previste n. 2 bocchette in acciaio zincato pedonabili di portata 500m³/h ciascuna.

L'estrazione dell'aria avverrà mediante quattro estrattori a flusso bilanciato con portata di estrazione, nominale e regolabile, pari a 900 m³/h ciascuno. Due verranno posizionati nella "navata principale", sfruttando le due aperture esistenti poste a circa 5 mt dalla quota pavimento. Altre due verranno applicate nel serramento che si affaccia nel chiostro interno, sfruttando l'apertura esistente senza impatto sulla muratura.

Il funzionamento sarà di due tipi:

- In sola estrazione quando è in funzione contemporanea l'unità di trattamento aria,
- In ventilazione bilanciata quando non è in funzione l'unità di trattamento aria. Funzionamento previsto nella stagione intermedia.

La ventilazione meccanica garantirà, grazie al controllo di umidità interno della UTA, un'umidità interna costante, con una movimentazione minima dell'aria al fine di garantire una condizione di benessere per i fruitori della sala ed una conservazione nel tempo degli affreschi.

Per il calcolo della portata d'aria è stato utilizzato il Prospetto III della norma UNI10339, art. 9.1.1

I valori ottenuti sono stati riscontrati con le prescrizioni in Allegato E del DRL 5976 del 11.06.2009 e del locale Regolamento di Igiene.

È stato considerato il locale in oggetto ad uso auditorium, classificato in categoria E4, con 94 posti disponibili e una dotazione di ricambio aria pari a 36 m³/h*persona.

Si ricava una portata oraria complessiva pari a:

$$Q_a = 94 * 36 = 3384 \text{ m}^3/\text{h}$$

La UTA prevista ha una portata nominale pari a 3400 m³/h e una potenza termica pari a 37,93kW in riscaldamento, adeguata al carico termico per ventilazione, come da tabella seguente:

Nr.	Descrizione zona termica	Φ _{ve} [W]	Φ _{hl,sic} [W]
1	Auditorium	21216	25459
2	Auditorium abside	6576	7891

Totale	27792	33350
--------	-------	-------

Φ_{ve} Potenza dispersa per ventilazione

Φ_{hl sic} Potenza totale moltiplicata per il coefficiente di sicurezza

Il funzionamento estivo è previsto il trattamento del carico latente (6880 W) e un contributo per il trattamento del carico dovuto alla ventilazione (8837 W) compatibile con le caratteristiche dell'unità di trattamento aria installata.

La velocità dell'aria nel volume occupato sarà inferiore a 0.015 m/s durante il funzionamento invernale e 0.02 m/s durante il funzionamento estivo.

L'aria esterna, prelevata dal cortile interno del complesso, sarà opportunamente filtrata mediante due sezioni con caratteristiche M+A.

3.3 IMPIANTO TERMICO SALE LETTURA

L'impianto termico per le sale lettura, poste al piano terra ed al piano primo, prevede l'utilizzo di ventilconvettori. Questa scelta progettuale è data dalla continuità e dall'omogeneità che si vuole adottare e rispettare con il resto delle sale già realizzate. Sono previsti due collettori, uno al piano terra ed uno al piano primo, caratterizzati da valvole di zona e da termostati indipendenti - uno in ogni sala al piano terra ed uno al piano primo - (5M) per la gestione dell'impianto.

In totale si prevede l'installazione di n. 11 ventilconvettori, a bassa temperatura, compatibili con le pompe di calore installate.

Questi terminali garantiscono una climatizzazione invernale ed estiva con un controllo di temperatura posizionato all'interno di ogni unità.

Di seguito sono riportate le dispersioni complessive dell'involucro, a cui è stato applicato un coefficiente di sicurezza pari ad 1.25 per compensare i periodi di avviamento.

Fabbisogno invernale:

Loc	Descrizione	Φ_{tr} [W]	Φ_{ve} [W]	Φ_{hl} [W]	$\Phi_{hl\ sic}$ [W]
4	Sala lettura	2689	405	3094	3868
5	Sala lettura 2	3011	464	3475	4344
6	Sala lettura 3	780	105	885	1107
7	Sala lettura 4	1374	252	1626	2033
8	Sala lettura 5	845	165	1009	1261
9	Sala lettura 6	1562	214	1776	2220
10	Sala lettura 7	7083	1227	8310	10387
11	Locale tecnico	660	44	705	881
Totale:		18004	2876	20881	26101

Φ_{tr} Potenza dispersa per trasmissione

Φ_{ve} Potenza dispersa per ventilazione

Φ_{hl} Potenza totale dispersa

$\Phi_{hl\ sic}$ Potenza totale moltiplicata per il coefficiente di sicurezza

Fabbisogno estivo:

Carichi termici estivi nell'ora di massimo carico di ciascun locale:

Mese: Luglio

N.	Descrizione	Ora	Q _{Tr} [W]	Q _v [W]	Q _c [W]	Q _{gl,sen} [W]	Q _{gl,lat} [W]	Q _{gl} [W]
4	Sala lettura	14	394	840	737	1428	655	2083
5	Sala lettura 2	14	298	960	839	1464	749	2213
6	Sala lettura 3	16	374	218	253	855	181	1036
7	Sala lettura 4	16	601	521	604	1493	432	1925
8	Sala lettura 5	16	493	341	395	1146	283	1429
9	Sala lettura 6	16	509	443	514	1298	368	1666
10	Sala lettura 7	16	2143	2541	2557	5281	2041	7322
11	Locale tecnico	14	236	92	107	369	76	445

Totali	5047	5957	6004	13334	4785	18119
--------	------	------	------	-------	------	-------

- Q_v Carico dovuto alla ventilazione
- Q_c Carichi interni
- Q_{gl,sen} Carico sensibile globale
- Q_{gl,lat} Carico latente globale
- Q_{gl} Carico globale

4 IMPIANTO IDRICO SANITARIO

L'alimentazione idrica dell'impianto igienico sanitario è prevista con tubazioni in acciaio zincato a norma UNI EN 10225 filettato e con manicotto; il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria è previsto un boiler elettrico ad accumulo da 10 lt (8M).

La rete di scarico delle acque nere avverrà tramite di tubazioni interrate in PVC che sarà completa di pozzetti di ispezione e terminerà con valvole di non ritorno e sifone terminale(7M).

L'impresa termoidraulica dovrà realizzare tutti i montanti di scarico e sfiato di aerazione della rete fognaria acque bianche e acque nere, compreso il tratto orizzontale e l'allacciamento alla rete interna e tutti gli accessori atti a rendere perfettamente funzionante e rispondente alle normative; sono escluse le sole opere edili e gli scavi.