Luigi Tudico

TERMOVENTILAZIONE

IN ANTICHI EDIFICI MONUMENTALI
— INTERVENTI DI RECUPERO —

L'ITALIA possiede un patrimonio architettonico di bellezze monumentali di valore inestimabile, da far morire di desiderio e crepare di invidia tutto il Mondo: «Bellezze d'Italia» *"tutto il Mondo che viene ad ammiravi... sospira per avervi!"*

Non esiste Regione del nostro Territorio che sia sprovvisto di antichi edifici, ricchi di storia e cultura millenaria, dal fascino ineguagliabile, che testimoniano la tradizione, il folclore e... le Bellezze d'ITALIA.

Dei tantissimi edifici storico monumentali, solo un numero esiguo è stato già restaurato, alcuni si trovano in corso di ristrutturazione, mentre la stragrande maggioranza è purtroppo abbandonata a se stessa: affidata nelle "mani" della demolizione metodica del tempo, che giorno dopo giorno cancella per sempre le "mute testimonianze" della nostra Storia.

Scopo di questo argomento è quello di richiamare l'attenzione di chi di dovere, affinché si possano recuperare, per quanto in tempo, questi edifici dal fascino antico e sovente anche misterioso, e come sia semplice e sempre possibile, con spesa ragionevole, inserire in essi i moderni impianti di climatizzazione per creare il benessere ambientale per le persone che vi soggiornano.

In alcuni edifici monumentali restaurati di recente, si può constatare, che il più delle volte, sono stati eseguiti interventi di recupero architettonico ben studiati che, in qualche caso, rasentano quasi la perfezione dei Grandi Maestri del passato. Non si può dire altrettanto, tranne qualche caso isolato, per quanto riguarda la scelta, la progettazione e la realizzazione degli impianti termici di benessere che vi sono stati applicati.

Infatti gli impianti di benessere realizzati, non si capisce perché, sono quasi sempre inefficienti, vale a dire inadatti allo scopo di utilizzazione degli ambienti degli edifici recuperati.

Il mio piccolo contributo è rivolto a sollecitare: Enti Pubblici, Amministrazioni Locali e Provinciali, Progettisti, Architetti e Installatori, e quanti altri hanno voce in capitolo, ricordando loro che gli impianti: oltre che riscaldare gli ambienti – si fumi o non si fumi – devono ricambiare l'aria nella quantità igienica e fissata dalla legge*: «Santo Dio! come si deve fare per farlo capire?»* inoltre la devono filtrare e possibilmente controllare il grado igrometrico (umidità relativa U.r. %).

Di conseguenza gli impianti da realizzare: «NON devono essere di solo riscaldamento, ma di termoventilazione o di climatizzazione, con gli adeguati "ricambi d'aria meccanici" ed efficiente filtrazione e depurazione della stessa».

AMBIENTI DI ALCUNI EDIFICI MARSICANI DEGNAMENTE RECUPERATI

CLIMATIZZAZIONE IN UN CASTELLO MEDIOEVALE
PROGETTO DI RECUPERO E CALCOLO

Occupiamoci ora di come scegliere e progettare, calcolare e realizzare l'impianto di climatizzazione, da installare in un antico maniero, in corso di recupero, da adibire a luogo per manifestazioni culturali, musicali, teatrali, conferenze in genere ed esibizioni spettacolari nel corso del XXI° Secolo.

Cominciamo innanzitutto ad osservare ed analizzare attentamente i disegni prospettici e, più precisamente, gli elaborati tecnici del progetto edile di ristrutturazione ambientale dell'antico castello.

Sulla planimetria "immaginaria" in esame, riportata in pianta, notiamo che tutto il piano terra del castello è adibito ad un'unica grande sala (la platea), con il palcoscenico rialzato; si rileva inoltre, osservando anche le sezioni, che a quota +3,00 metri, esiste il piano galleria che da sopra l'ingresso avanza verso la sala per circa 9 metri, estendendosi ai due lati della platea, formanti due grandi palchi che, alle spalle si aprono a ventaglio.

Dal piano del pavimento al soffitto, c'è una distanza di metri 6,50. Il volume complessivo della sala, comprendente il palcoscenico e la galleria sommano un totale di 3.000 metri cubi. Questo dato è necessario per calcolare le dispersioni termiche dell'edificio, che essendo realizzato con materiali aridi e di elevato spessore, risulta minimamente disperdente, ma attenzione! perché è anche un forte volano termico.

Iniziamo con il calcolare l'energia termica in Calorie per ogni ora di dispersione dell'edificio, che chiameremo **Cd**. *(con il S.I. si deve fare in Watt (W).*

__ **Cd** sono le calorie di dispersione per ogni ora ecc.
__ **Cs** 0,75 è il calore specifico del castello in calorie ora, necessarie per innalzare di 1 °C la temperatura di 1 m^3 medio della costruzione, (vedi la tabella dei valori Cs).
__ V è il volume totale netto in metri cubi dell'ambiente da Climatizzare.
__ te – 5 °C è il valore della temperatura minima esterna prevista di progetto.
__ ta 20 °C è il valore della temperatura ambiente da realizzare nell'interno degli ambienti del castello.
__ dt 25 è il salto termico desiderato e cioè la differenza tra la temperatura ambientale richiesta e la temperatura esterna prevista.

Calcoliamo il valore del Cd con la formula;

$$Cd = Cs \cdot V \cdot (ta - te)$$

Sostituendo con i numeri avremo:

Cd = Cal 0,75 • 3.000 • 25 = 56.250 Cal/h

Ora dobbiamo calcolare i giusti ricambi d'aria “meccanici” prescritti dalla legge, assegnando ad ogni persona prevista in sala 25 metri cubi d'aria per ogni ora. Ciò vuol dire che se gli astanti agli spettacoli sono in numero variabile da 50 a 600 dovremo moltiplicare i 25 metri cubi d'aria prescritti per il numero minimo e massimo delle persone che potrà ospitare la sala.

CALCOLO DELLA PORTATA D'ARIA DI RICAMBIO

Qr = 25 • 50 ÷ 600 = 1.250 ÷ 15.000 m^3/h

La portata d'aria, come si intuisce, non è fissa ma variabile, di ciò bisognerà tenerne conto quando si sceglieranno i termoventilatori e gli estrattori d'aria.

L'energia termica (Cr) in Cal/h da fornire all'aria di ricambio è data dalla seguente espressione:

$$Cr = Qr \cdot 0{,}3 \cdot (ta - te)$$

in cui:

__ Cr è l'energia termica in Cal/h da fornire all'aria di ricambio per innalzarla da – 5 °C a +20 °C
__ Qr è la portata d'aria esterna in metri cubi ora; da trattare e da immettere per ogni ora;
__ 0,3 è il calore specifico pratico dell'aria;
__ ta è la temperatura ambiente da realizzare;
__ te è la temperatura esterna prevista di progetto.

Sostituendo e calcolando avremo:

Cr = 0,3 • 1.250 ÷ 15.000 • 25 = 9.375 ÷ 112.500 Cal/h

L'energia calorica o termica che dir si voglia da fornire all'aria di ricambio può variare da 9.375 a 112.500 calorie per ogni ora.

In questo o in altri ambienti, dove sono presenti poche o tante persone, non è indispensabile che l'umidità relativa dell'aria sia mantenuta rigorosamente al valore del 50%, condizione sempre possibile ma certamente più costosa, che richiederebbe apparecchiature più dispendiose (raffreddamento e successivo post-riscaldamento) per ottenere una condizione che in pratica potrebbe servire solo in una sala operatoria, ma nei casi normali spreca solo energia e quindi, serve a poco se non addirittura a niente. Progettisti tenetene conto.

Un'umidità relativa ambientale oscillante dal 40% al 60%, non modifica le condizioni di benessere delle persone, anzi è pienamente rispondente ed accettabile in questa come nella stragrande maggioranza dei casi.

Ipotizzando di mantenere l'umidità relativa ad un valore oscillante dal 40% al 55% e, che si debbano evaporare da zero a 0,5 grammi di acqua per metro cubo d'aria ogni ora in quanto, il rimanente vapore acqueo è già in parte presente nell'aria esterna di ricambio immessa, e in parte è emesso spontaneamente con la respirazione delle persone (ogni persona seduta emette mediamente 50 grammi di vapore acqueo per ogni ora).

L'energia termica in Cal/h, per evaporare l'acqua per l'umidificazione la chiameremo (Cu), si ricava da:

$$Cu = \frac{gra/h \cdot Qr}{1.000}$$

in cui;

__ Cu energia in Cal/h per l'evaporazione dell'acqua.
__ gr/h (grammi d'acqua da evaporare per ogni ora).
__ Qr quantità d'aria in m^3/h da umidificare ogni ora.
__ 600 Cal/h necessarie per evaporare 1 litro d'acqua.
__ 1.000 grammi d'acqua che compongono 1 litro d'acqua

$$Cu = \frac{gr\ 0 \div 0,5 \bullet 1.250 \div 15.000}{1.000} = lt/h\ 0,625 \div 7,5 \bullet 600 = 375 \div 4.500\ Cal/h$$

L'energia termica totale Ct in Cal/h è data da:

$$Ct = (Cd + Cr + Cu) \cdot F$$

__ F è il coefficiente di tipologia funzionale per la messa a regime dei tempi richiesti, dall'uso e dall'impiego degli ambienti della residenza.

Indicativamente il coefficiente - F - vale:

__ 1 = funzionamento continuo senza intermittenza;

__ 1,15÷1,25 = funzionamento con intermittenza;

__ 1,50÷1,75 = funzionamento autonomo intermittente;

__ 2,00÷3,50 = funzionamento con messa a regime rapida.

Nel caso specifico l'impianto è a funzionamento intermittente quindi applichiamo F = 1,25

Ct = Cal 56.250 + 112.500 + 4.500 • 1,25 = 216.562 Cal/h

Prima abbiamo calcolato le Cal/h di dispersione Cd. Adesso calcoliamo la giusta portata d'aria in m^3/h per trasportarle nell'ambiente, detto volume d'aria, è anche la portata d'aria di ricircolo.

La portata d'aria di ricircolo o di ripresa, in metri cubi ora, si trova con la formula algebrica seguente:

$$Q = \frac{Cd}{7{,}5 \div 10}$$

in cui:

__ Q .... è la portata in m^3/h d'aria di ricircolo.

__ Cd ... sono le Cal/h di dispersione e mantenimento.

__ 7,5÷10 sono le calorie che può trasportare 1 metro cubo d'aria per ogni ora alle temperature di modulazione normale (variabili).

Nel caso specifico la dispersione è di 56.250 Cal/h.

$$Q = \frac{56.250}{7{,}5 \div 10} = 5.625 \div 7.500 \ m^3/h$$

La quantità d'aria da espellere, con gli estrattori, all'esterno della sala deve essere l'80% della portata di immissione, in pratica lo 0,8 di Qr che nel nostro caso corrisponde a 12.000 metri cubi per ogni ora.

Riassumendo: il Ct totale si ottiene dalla somma di:

Cd = Cal/h 56.250 + Energia di dispersione ecc.

Cr = Cal/h 112.500 + Energia per il ricambio dell'aria

Cu = Cal/h 4.500 + Energia per l'umidificazione.

F = Cal/h 43.312 = Energia per l'intermittenza.

216.562 = calorie totali per l'impianto, che corrispondono a 251.816 Watt per ogni ora.

Riassunto portate d'aria in m^3/h:

__ Qr = m^3/h 15.000 aria di immissione e di ricambio.

__ Q = m^3/h 7.500 = aria di ricircolo o di ripresa.

m^3 15.000 +
m^3 7.500 = 22.500 m^3/h d'aria totale.

A questo punto il calcolo per la ricerca dei dati aerotermici dimensionali dell'impianto è finito.

Ci resta solo di scegliere i tipi e i modelli degli apparecchi di termoventilazione rispondenti alle caratteristiche aero e termiche calcolate.

Valutiamo ora l'ubicazione dei climatizzatori e degli estrattori nel contesto circuitale e ambientale, scegliendo i tipi e i modelli più rispondenti. La posizione delle bocchette per la diffusione dell'aria trattata, di ripresa generale e di presa dell'aria esterna. Prestando la massima attenzione ai luoghi ed alle posizioni delle bocchette di estrazione dell'aria da espellere all'esterno del castello. Il tutto allo scopo di ottenere il massimo benessere ambientale e la funzionalità perfetta dell'impianto, unito ad un costo di realizzazione e di gestione, in considerazione dei costi elevati delle energie, quanto più contenuto possibile.

Iniziamo a collocare mentalmente i climatizzatori e gli accessori, cercando le posizioni più idonee. Osservando, riflettendo, spostando e, valutando attentamente finché, con gli occhi della mente, non si riesce ad ottenere il migliore inserimento architettonico, la funzionalità più idonea e il perfetto avvolgimento aerotermico di tutto l'ambiente da climatizzare.

Il ragionamento conferma che, nel nostro caso, la posizione migliore, per introdurre e trattare l'aria esterna di ricambio è situata nel sottopalco, dove posizioniamo in parallelo 3 termoventilatori tipo CE 44 i quali, aspirano l'aria dal plenum di miscelazione collegato con la presa dell'aria esterna e le riprese dell'aria ambiente, la distribuiscono nella sala con bocchette di mandata e di ripresa con ubicazione frontale al palcoscenico. ***Vedi** le figure.*

CINEMATOGRAFO DI NOTEVOLI DIMENSIONI

Applicazione di Climatizzatori sottoschermo con mandata e ripresa dell'aria frontale. I climatizzatori aspirano l'aria miscelata da plenum con collegamento presa aria esterna sottopalco

I tre climatizzatori CE 44, alimentati con fluido termico a +70 °C, possono raggiungere fino a 166.000 Cal/h e, dispongono di una potenza di ventilazione variabile in 5 diverse intensità, che vanno da pochi metri cubi per ogni ora, sù fino a 24.000 m^3/h di portata d'aria massima.

Nel nostro caso, in condizioni di massimo carico, si devono immettere 15.000 m^3/h e, 112.000 Cal/h. Ciò vuol dire che i 3 CE 44 lavorano al 65% della loro potenza a garanzia della massima silenziosità di funzionamento e, con abbondante margine di portata d'aria e di calorie di riserva, utili per la immediata messa a regime.

Abbiamo così scelto e ubicato i climatizzatori per l'immissione e il trattamento dell'aria di ricambio.

Ora ci occupiamo del sopra e sotto galleria tenendo presente, che questo ultimo settore, per la sua conformazione, è particolarmente delicato, e se non si posizionano le bocchette o i diffusori nei luoghi giusti, si possono verificare condizioni di disagio, ristagni d'aria con zone non perfettamente ventilate.

SOTTO GALLERIA DI GRANDE CINEMA TEATRO

Iniziamo con l'individuare i climatizzatori più idonei e rispondenti alle necessità di ubicazione, nonché aero e termiche. Nel nostro caso occorrono 56.250 Cal/h e una portata d'aria di almeno 7.500 m^3/h; ciò corrisponde a 2 climatizzatori della serie verticale tipo CV 43, dotati di eventuali umidificatori a rivoli d'acqua e di umidostato per il controllo del grado igrometrico ambientale.

Questi 2 CV 43, li posizioniamo ai due lati delle pareti del sotto galleria, a circa 1 metro di altezza dal piano del pavimento e, distanti circa 2,5÷3 metri dal fondo della platea.

Le bocchette di ripresa generale dell'aria le ubichiamo subito sotto i CV 43, a circa 30÷35 centimetri dal piano del pavimento.

Sulla bocca di erogazione dell'aria dei climatizzatori CV, applicheremo due canali separati e indipendenti uno dall'altro che salgono sulle pareti verticali.

Al soffitto della galleria, i canali, si diramano trasversalmente sotto di essa, per permettere l'installazione di un adeguato numero di bocchette o di diffusori anemostatici. I canali proseguono fino sopra la galleria e, a circa metri 2,50 dal pavimento, si diramano ancora sui 2 lati di metri 1,50 per parte. Su queste diramazioni, si applicano le bocchette di mandata dell'aria. L'aria trattata dai CV, sia sotto che sopra la galleria, si deve poter regolare, adottando opportune serrande di taratura sui canali o, dotando le bocchette di chiusino di regolazione. Le bocchette che diffondono l'aria sopra la galleria devono, ma non è strettamente indispensabile, essere dotate di palette orientabili.

Arrivati a questo punto possiamo concederci una pausa in quanto, abbiamo elaborato oltre il 90% del lavoro.

Ora ci resta da completare il progetto dell'ultima parte, che secondo il mio modesto parere è la più delicata. Sto parlando dell'estrazione dell'aria viziata e cioè; dove e a che altezza si devono posizionare le bocchette di aspirazione dell'aria ed i relativi canali da raccordare agli estrattori.

A prima vista si potrebbe essere tentati ad ubicare tutte le bocche di estrazione in alto a filo del soffitto, ma così facendo rovineremmo gran parte se non tutto il lavoro fatto fino adesso.

Per ottenere il miglior funzionamento e il minor consumo di energia, nella fase di riscaldamento, il 75÷90% dell'aria da estrarre deve essere aspirata dal basso della platea all'altezza delle bocchette di ripresa dei CV 43, ossia vicino il piano del pavimento. Il restante 10÷25% si dovrà aspirare dall'alto. *In Estate invece; nell'eventuale fase di raffrescamento, o semplicemente per la sola ventilazione con ricambi d'aria, si dovrà prevedere di potere espellere l'aria dall'alto, in quelle zone dove il calore si concentra maggiormente.*

Se l'intera portata d'aria che è di 15.000 m^3/h venisse estratta dall'alto, si favorirebbe invece di ridurre la stratificazione (forte gradiente termico), non solo, ma i costi energetici di esercizio "salirebbero alle stelle."

Posizionando le bocchette di estrazione in basso (niente e nessuno lo vieta) ai due lati della platea subito verso la fine della galleria ed anche più in basso verso il palcoscenico; gli estrattori espelleranno all'esterno una massa d'aria molto più tiepida e più carica di effluenti organici e anidride carbonica che non se l'avessero prelevata più in alto oppure alla sommità del soffitto.

Non si deve sottovalutare inoltre, che in questo modo si tiene il calore "inchiodato al pavimento" dove maggiormente serve ed è più difficile da trattenere.

Abbiamo calcolato che la massima portata d'aria da espellere all'esterno della sala è del 80% della portata da immettervi, nel caso specifico risulta di 12.000 metri cubi per ogni ora, a cui corrispondono 3 estrattori del tipo ES 3, naturalmente corredati di regolatori di volume a 5 diverse velocità, correlate ad altrettante portate d'aria, in modo che sia sempre possibile adeguare il volume d'aria in estrazione al numero effettivo delle persone presenti nella sala, che può essere anche nullo quando si fanno le prove, o con pochi astanti, realizzando notevoli risparmi nei consumi di preziosa energia non rinnovabile.

Negli ambienti di questo tipo, ma anche in tutti gli altri dove è prevista una accolta di persone, l'immissione e l'estrazione dell'aria devono essere sempre presenti e, non si devono arrestare nemmeno per poco tempo. Per ottenere questa condizione NON bisogna adottare il sistema di regolazione ON-OFF, ma si deve dotare l'impianto che adduce il fluido termovettore alle batterie di scambio termico dei climatizzatori, di valvole modulanti a tre vie motorizzate, collegate all'unisono con gli appositi termostati modulanti che controllano la temperatura ambiente.

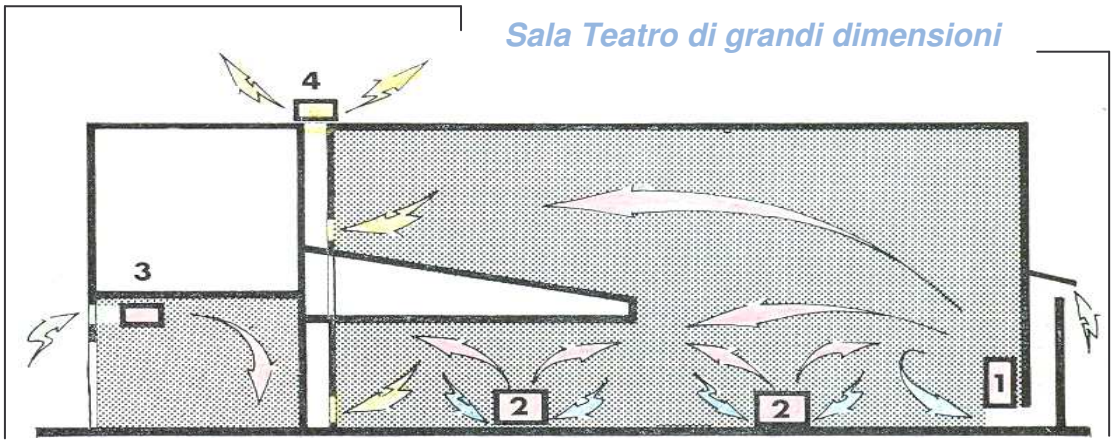
L'esempio di calcolo e dell'impianto descritto, è corretto e funzionale al 100% però, modestamente, non ha alcuna pretesa di assolutezza, in quanto sono molte le varianti e le soluzioni che si possono progettare e quindi adottare.

L'aer-termotecnico, gli architetti, il compilatore dei capitolati e quanti altri interessati, possono, se necessario, cogliere spunti, sollecitazioni e indicazioni, mirare, o eventualmente correggere il tiro, per orientarsi nell'impostazione del loro lavoro, integrando lo studio con le disposizioni vigenti nel territorio, Regionali e locali, con la propria e, perché no! anche l'altrui esperienza.

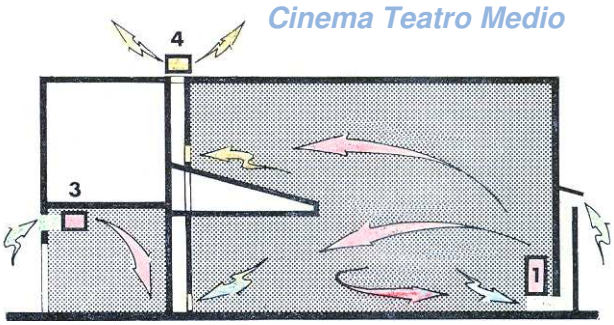
Mai e in nessun caso si dovranno sottovalutare, o peggio ancora trascurare i prescritti ricambi d'aria sanitari previsti dalle vigenti leggi, che ripeto ancora una volta, devono essere automatici e contemporanei a tutto il tempo di permanenza delle persone nell'interno degli ambienti confinati.

Mi auguro veramente di cuore, che questa semplice descrizione sia utile a chiarire le idee almeno a qualcuno, e che possa contribuire anche di poco a far progredire il livello culturale e il benessere ambientale delle persone, sulla moderna climatizzazione degli ambienti dove l'uomo trascorre sempre più parte della sua vita..."
"... Buon lavoro dunque, e buona termoventilazione a tutti, ma soprattutto, buon ricambio d'aria! In parole povere, *detto in un orecchio,* questi ambienti: non devono essere dotati di impianti a radiatori, pannelli radianti a pavimento, lampade a radiazione statica, ed altri sistemi, ma solo di impianti ad Aria.

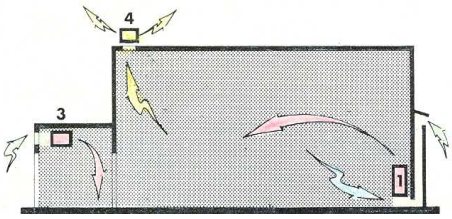
Sala Teatro di grandi dimensioni



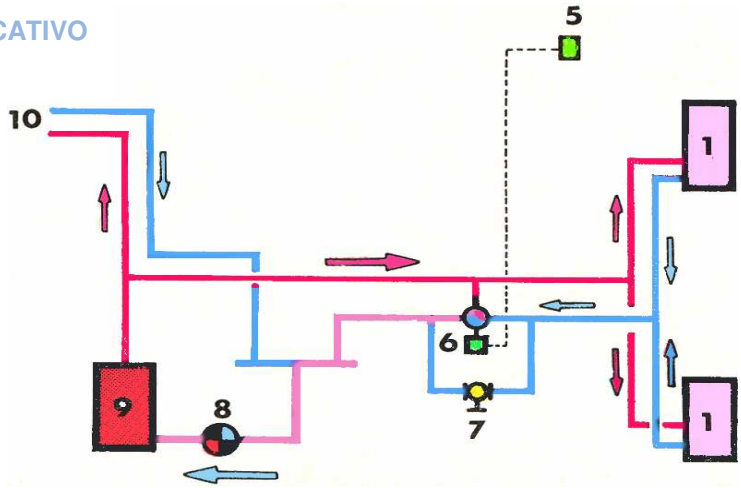
Cinema Teatro Medio



Teatro Piccolo



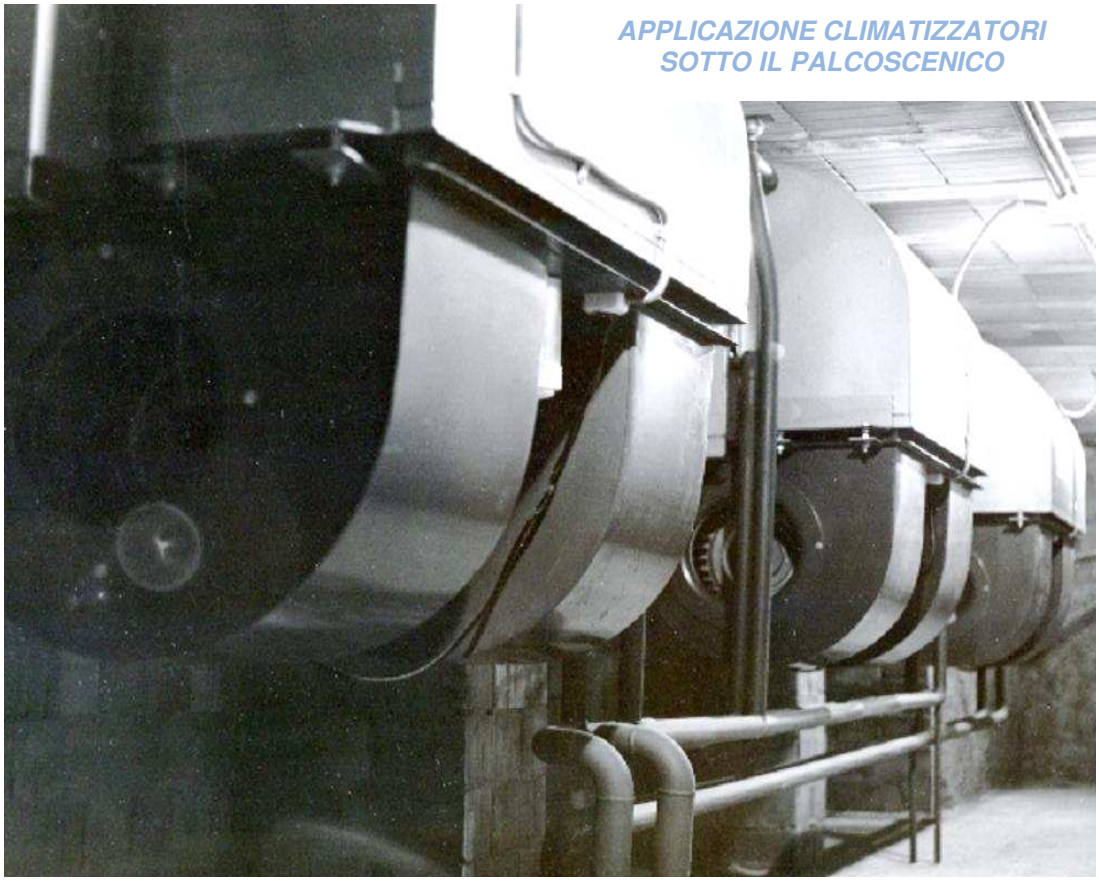
SCHEMA GRAFICO INDICATIVO
IMPIANTO IDRICO



Legenda:

1 Climatizzatore e ricambiatone d'aria
2 Climatizzatori ausiliari sala
3 Climatizzatore ingresso
4 Estrattore aria viziata
5 Termostato ambiente modulante
6 Valvola modulante a 3 vie
7 Organo di sezionameto e taratura by-pass
8 Pompa di circolazione
9 Generatore termico (caldaia)
10 Climatizzatori ausiliari

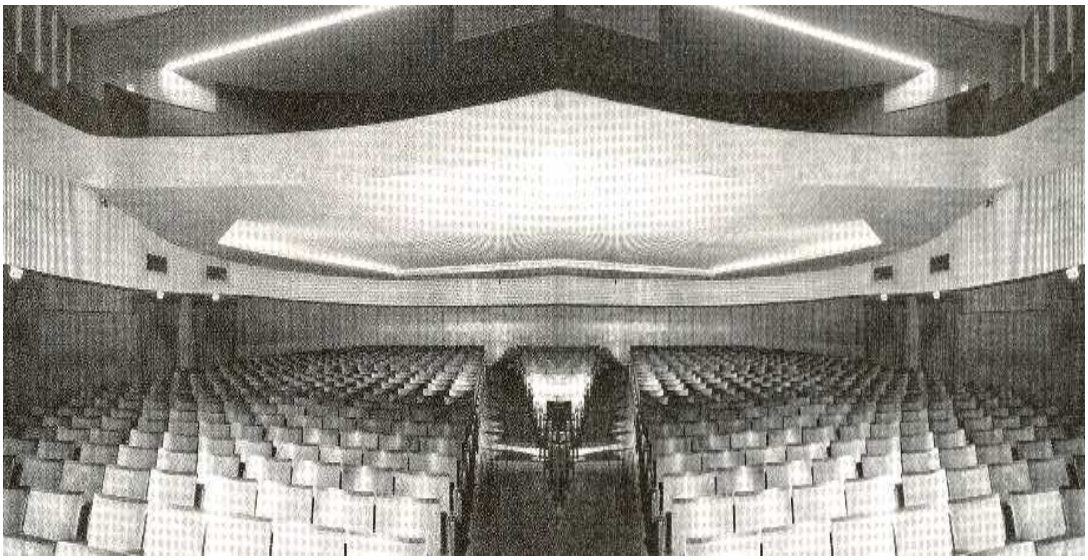
N. B. Nel calcolo non è stato previsto, e quindi sottratto, l'apporto termico sensibile e latente emesso dagli spettatori presenti; comunque, nei casi normali, consiglio di non sottrarlo, anche per il fatto che, non sempre è presente lo stesso numero di astanti, e poi saranno i dispositivi di regolazione del funzionamento termostatico modulante ad occuparsi automaticamente di questi apporti di calore. Ogni persona adulta seduta emette in media circa 75÷150 Watt /h di calore, e 35÷55 grammi di vapore acqueo per ogni ora.



APPLICAZIONE CLIMATIZZATORI SOTTO IL PALCOSCENICO

SOTTO GALLERIA DI GRANDE CINEMA TEATRO

I Climatizzatori sono installati ai lati "Sotto Galleria" per garantire Il perfetto avvolgimento aerotermico in questo particolare settore



AUDITORIUM — AULA MAGNA
"Sala di medie dimensioni"

Applicazione di Climatizzatori "sotto palcoscenico"

La climatizzazione della sala è garantita dalla mandata centrale dell'aria e dalle riprese laterali applicate sul fronte del palcoscenico subito sotto la ribalta

Sezione longitudinale Auditorium

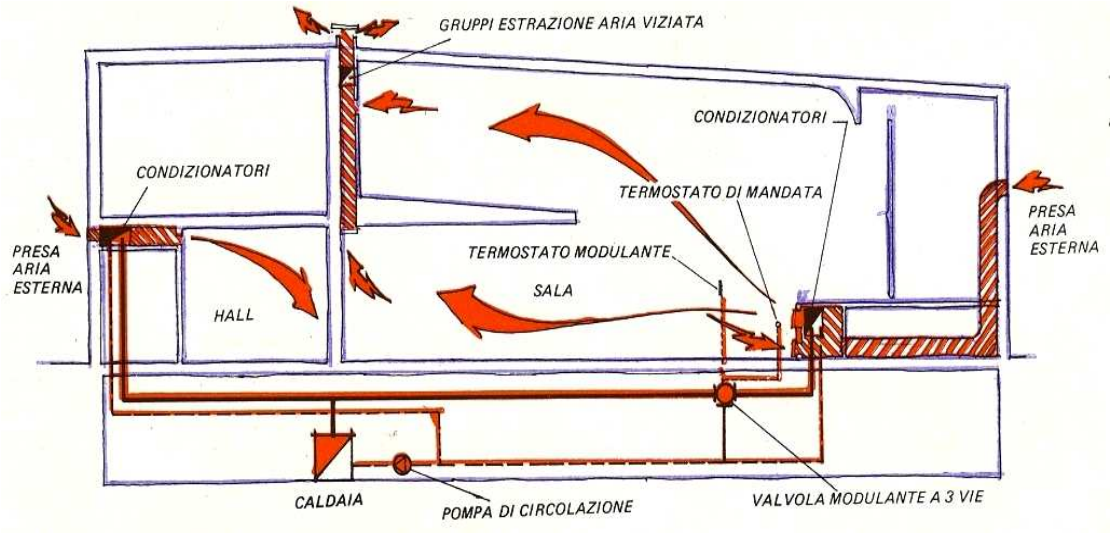
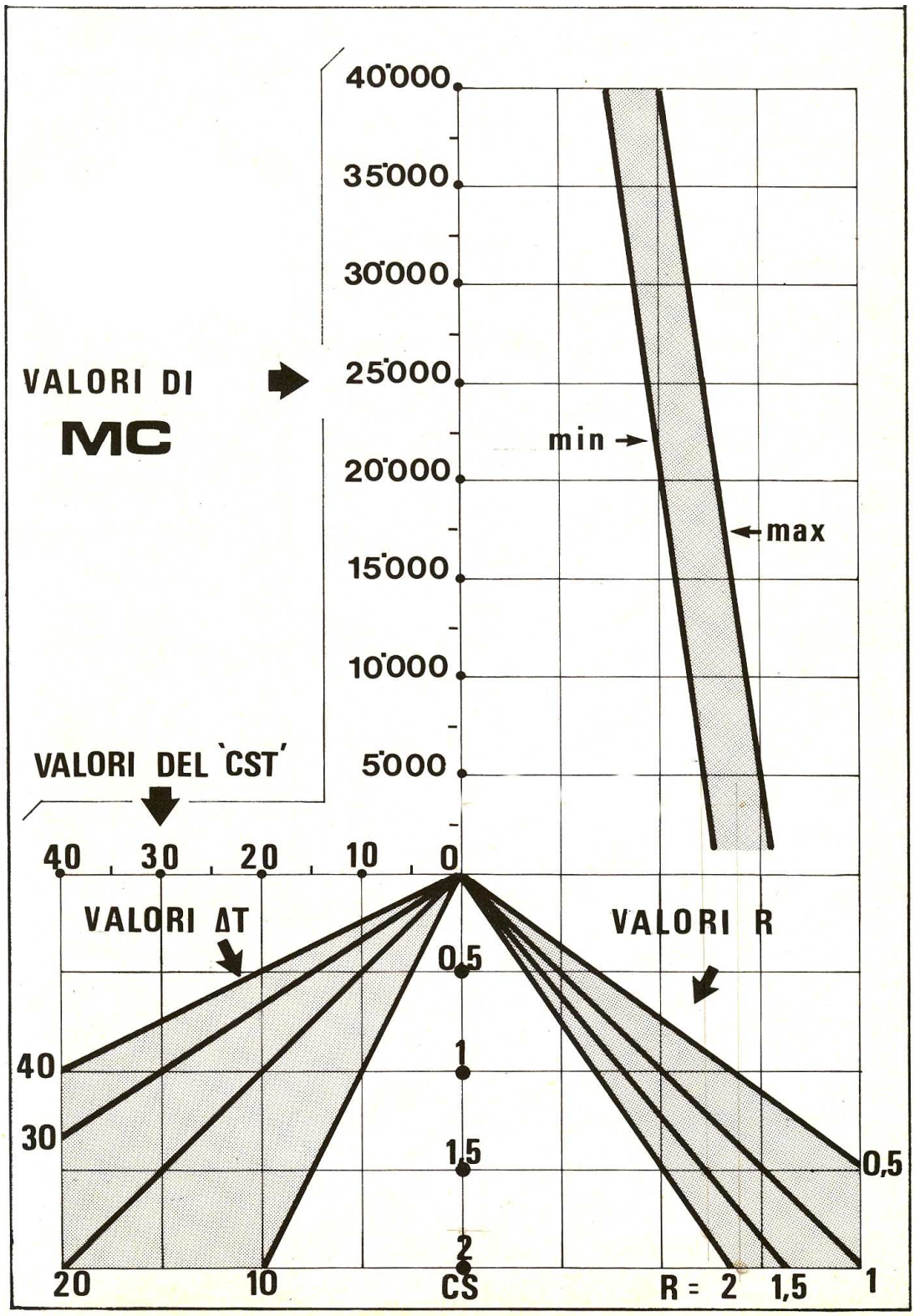


DIAGRAMMA DEI VALORI CST — CS

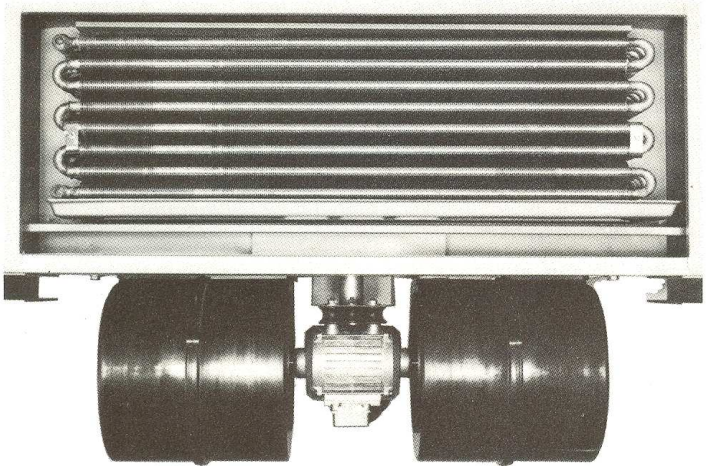
Valori sperimentati del calore specifico totale invernale
Per residenze di Spettacolo, Lavoro, Sport: superiore a 2.000 metri cubi



Legenda — nel grafico:
CST Calore specifico invernale cal / ora / metro cubo / Δt
CS Calore specifico invernale cal / ora / metro cubo / 1 °C
MC Cubatura all'interno della residenza
R Ricambi d'aria con l'esterno – invernale –

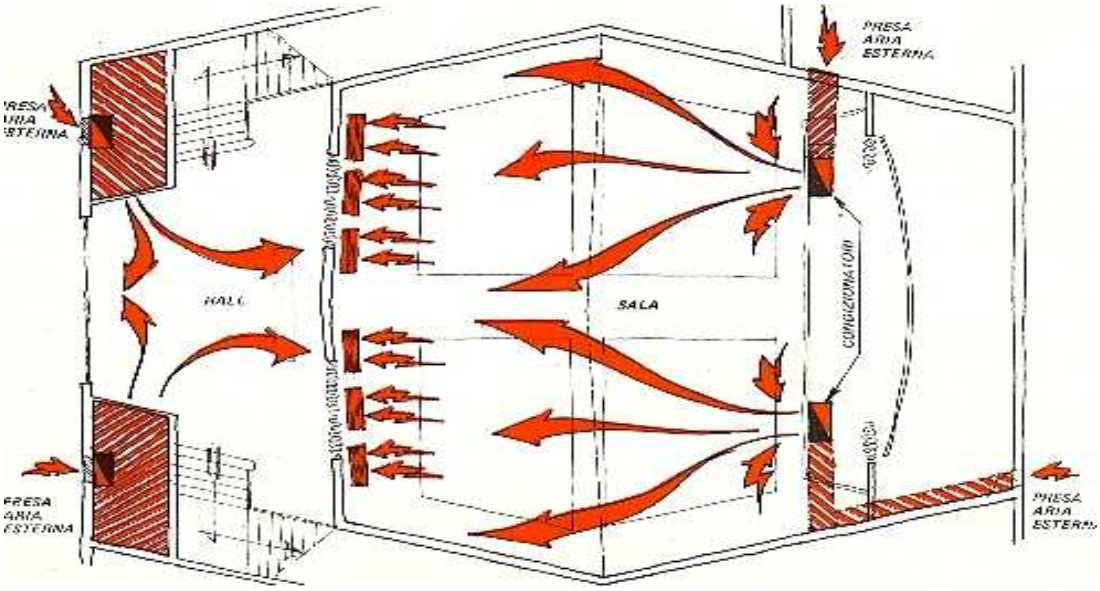
GRANDE SALA AUDITORIUM E SALA SPETTACOLO

Climatizzatore Aerferrisi della serie CE Visto dal lato batteria



Termoregolatore

Pianta Auditorium



SALA AULA MAGNA

Applicazione di Climatizzatori con mandata ed ripresa dell'aria frontale con aspirazione e presa dell'aria esterna sottopalco

Luigi Tudico