



**Aermec S.p.A.**

Via Roma 44

37040 Bevilacqua (VR) - ITALIA

tel. 0442 633111

fax 0442 93630

## **ESEMPI DI PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA**

### ***ESEMPIO DI PROGETTAZIONE E1***

***IMPIANTO A VENTILCONVETTORI PER LA CLIMATIZZAZIONE  
ESTIVA E INVERNALE DI UN EDIFICIO ADIBITO AD USO UFFICI***

## Sommario

1. Analisi dell'edificio ai fini delle scelte impiantistiche.....	3
2. Parametri di progetto.....	3
3. Calcolo dei carichi termici estivi ed invernali: analisi dei risultati.....	4
4. Selezione dei terminali di impianto.....	5
5. Dimensionamento delle reti idriche di alimentazione dei circuiti ventilconvettori e radiatori.....	13
6. Dimensionamento della centrale termica e frigorifera.....	20
7. Sistema di regolazione dell'impianto.....	24

## Allegati e tabelle

Allegato 1: Strutture edilizie impiegate nel progetto.....	26
Allegato 2: Tabulati di calcolo.....	31
Tabella 1: Livelli di rumore.....	7
Tabella 2: Riepilogo risultati relativi ai locali.....	9
Tabella 2: Prestazioni ventilconvettori nel funzionamento estivo.....	11
Tabella 4: Riepilogo risultati valutazioni locali.....	12
Tabella 5: Circuito idraulico ventilconvettori.....	15
Tabella 6: Coefficiente di espansione.....	23
Figura 1: Perdite di carico tubi in ferro UNI 3824.....	16
Figura 2: Perdite di carico tubi in ferro UNI 4991.....	16
Figura 3: Resistenze concentrate.....	17
Figura 4: Perdite di carico "Z".....	18
Figura 5: Resistenze valvole e saracinesche.....	19
Figura 6: Circuito ad iniezione.....	25
Tavola T0: Schema funzionale.....	41
Tavola T1: Rete tubazioni centrale termica e frigorifera.....	42
Tavola T2: Rete tubazioni piano interrato.....	43
Tavola T3: Rete tubazioni piano terra.....	44
Tavola T4: Rete tubazioni piano primo.....	45

## 1. ANALISI DELL'EDIFICIO AI FINI DELLE SCELTE IMPIANTISTICHE

La scelta della soluzione impiantistica da proporre per garantire il raggiungimento di condizioni termico igrometriche di benessere all'interno di un edificio, si basa sull'analisi preliminare di una serie di caratteristiche dell'edificio stesso; le principali sono:

- localizzazione (latitudine, altitudine s.l.m.)
- orientamento, forma, altezza e vicinanza di altri edifici
- destinazione/i d'uso.

L'edificio nel quale é previsto di realizzare l'impianto é situato in pianura in una località a 45 gradi di latitudine nord ed é caratterizzato da una forma ad "L" con il braccio verticale orientato a Nord.

La costruzione si sviluppa su due piani fuori terra destinati ad uffici ed un piano seminterrato destinato ad autorimessa e locali tecnici. Il volume lordo climatizzato dell'edificio é di 6680 m<sup>3</sup>.

L'involucro edilizio é realizzato con struttura portante a pilastri e travi in calcestruzzo con pareti di tamponamento in muratura, tramezzature in laterizio e copertura piana.

I serramenti sono di tipo metallico con vetro-camera.

Il dettaglio delle caratteristiche termofisiche delle principali strutture edilizie impiegate per la realizzazione dell'edificio é riportato nell'allegato 1; i valori di trasmittanza unitaria ivi risultanti sono stati utilizzati nelle successive elaborazioni.

La suddivisione dei locali ai vari piani e la relativa numerazione sono indicate sulle tavole grafiche T3 e T4 allegate.

## 2. PARAMETRI DI PROGETTO

### ***Condizioni termico igrometriche esterne***

Vengono assunte a base di calcolo le condizioni tipiche di Padova (in particolare riferite al mese di Luglio per la situazione estiva), esse prevedono:

- Estate : t = 32 °C u.r. = 50%
- Inverno : t = -5 °C u.r. = 90%
- Escursione termica giornaliera estiva: 11 °C

### ***Condizioni termico-igrometriche interne***

Le condizioni termico igrometriche da utilizzare, come dati di progetto, vanno fissate tenendo presenti tutta una serie di fattori che determinano, secondo quanto indicato dalle ricerche di Fanger, la sensazione di benessere ambientale, quali ad esempio il tipo di attività svolta mediamente nell'edificio (attività sedentaria d'ufficio), la temperatura media radiante (t<sub>mr</sub>) delle superfici che racchiudono i vari ambienti, il tipo di vestiario degli occupanti e la velocità dell'aria negli ambienti. Nel caso in esame, in considerazione della tipologia delle murature e della non eccessiva estensione della superficie vetrata, si può ritenere che la temperatura media radiante dei vari locali non sia molto diversa dalla temperatura ambiente.

Nella situazione estiva si ritiene pertanto accettabile mantenere una temperatura interna di 26°C con un'umidità relativa a base di calcolo del 50% accettando variazioni in percentuale del ±10% considerando che le persone abbiano vestiti leggeri (0,5 Clo) e velocità dell'aria non superiore a 0,15 m/s.

Nella situazione invernale, in presenza di persone con un vestiario più pesante (1,5 Clo), la temperatura interna viene fissata in 20°C, secondo quanto imposto dalla legge.

### ***Tassi di infiltrazione***

E' prevista esclusivamente l'infiltrazione naturale di aria dall'esterno pari a 0,5 Vol/h. Si consiglia comunque di fare riferimento alla legge 10, norma UNI 10339.

### ***Presenza di persone***

Nei singoli locali é prevista la presenza di persone in proporzione a circa 1 persona ogni 8 m<sup>2</sup>, salvo specifiche esigenze per i locali di riunione, rilevabili dall'arredamento.

### ***Carichi di illuminazione e per apparati elettrici***

Per l'illuminazione negli uffici e con una dotazione media di apparecchiature elettriche, é ipotizzato un carico elettrico medio distribuito di 15 W/m<sup>2</sup>; per corridoi ed atri tale carico é ridotto a 8 W/m<sup>2</sup>.

Nei locali con presenza specifica di carichi elettrici é stata considerata la potenza dissipata dalle apparecchiature effettivamente installate.

### ***Schermi alla radiazione solare***

Per tutte le superfici vetrate é prevista la presenza di schermi interni (veneziane o tende) di colore chiaro, in grado di garantire un coefficiente di riduzione (shading factor) pari a 0,54.

### ***Livello di rumorosità***

All'interno degli ambienti considerati il livello L<sub>p</sub> di pressione sonora, valutato con filtro in banda A, non dovrà superare il valore di 38-43 dB(A) in relazione al tipo di ufficio.

Eventualmente fare riferimento al DPCM 05/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici".

## **3. CALCOLO DEI CARICHI TERMICI ESTIVI ED INVERNALI: ANALISI DEI RISULTATI**

### ***Carichi termici estivi***

Il calcolo dei carichi termici estivi (locale per locale e massimo contemporaneo dell'intero edificio) é stato effettuato con il programma MC Impianto di AERMEC, basato sull'impiego delle differenze di temperatura equivalenti e dei fattori di accumulo dei carichi radiativi dovuti all'irraggiamento solare e all'illuminazione.

I risultati riepilogativi dei calcoli sono raccolti nei tabulati dell'allegato 2. I valori del tabulato 2 si riferiscono ai calcoli estivi per l'intero edificio e di seguito, a titolo di esempio, per un singolo locale.

Analizzando questi risultati, congiuntamente alla pianta dell'edificio, é possibile evidenziare come i locali sui lati ovest ed est dell'ala nord, abbiano il massimo carico termico estivo rispettivamente intorno alle ore 17 e alle ore 9.

Per l'ala est dell'edificio invece, i carichi massimi si verificano rispettivamente intorno alle ore 15 per il lato nord e alle ore 14 per il lato sud.

Nel suo complesso l'edificio ha invece il **carico frigorifero massimo contemporaneo di 66,4 kW** che si verifica alle ore 16.

La variabilità del carico é essenzialmente legata al modificarsi nell'arco della giornata del contributo della radiazione solare incidente sulle diverse pareti, ed al progressivo cambiamento della temperatura esterna.

L'effetto dei carichi dovuti alle persone ed alle dispersioni elettriche é invece considerato costante nell'arco della giornata.

Il funzionamento dell'impianto é stato ipotizzato per 12 ore al giorno.

### **Carichi termici invernali**

Il calcolo dei carichi termici invernali é stato effettuato con il programma MC Impianto di AERMEC, basato sulla norma UNI 7357/74 per il calcolo delle dispersioni termiche con le verifiche previste dalla legge 10/91 (DPR 412/93 e successivi decreti di attuazione) per quanto riguarda i coefficienti volumici di dispersione dell'intero edificio.

Nel suo complesso l'edificio ha una **dispersione massima di 69,2 kW**.

I risultati riepilogativi dei calcoli sono raccolti nei tabulati dell'allegato 2. I valori del tabulato 1 si riferiscono ai calcoli invernali per l'intero edificio e di seguito, a titolo di esempio, per un singolo locale.

## **4. SELEZIONE DEI TERMINALI DI IMPIANTO**

Come detto in precedenza, l'edificio ha destinazione d'uso ad uffici; in tutti i locali, saranno installati ventilconvettori, alimentati da un impianto a due tubi. La regolazione della temperatura é prevista con termostato ambiente a commutazione estiva/invernale, agente sul ventilatore del ventilconvettore.

Nei servizi igienici saranno invece installati radiatori per funzionamento in solo riscaldamento, dotati di valvola termostatica di regolazione.

Per la selezione dei modelli di ventilconvettore da prevedere vanno tenute in considerazione esigenze ed aspetti a volte tra loro contrastanti che comunque hanno sempre ripercussioni sul risultato tecnico ed economico dell'impianto.

I più importanti parametri di scelta del ventilconvettore sono:

- a) la potenzialità resa alle condizioni di progetto;
- b) la temperatura dell'acqua di alimentazione;
- c) la portata d'acqua di alimentazione;
- d) la velocità di funzionamento del ventilatore;
- e) la rumorosità;
- f) le modalità di installazione.

Tutti questi parametri sono fra loro più o meno strettamente collegati ed é opportuno analizzarli singolarmente.

### **a) - Potenzialità**

Considerando inizialmente il funzionamento estivo, é necessario distinguere innanzi tutto la potenzialità totale resa dal ventilconvettore da quella sensibile e controllare, per il modello prescelto, se questi due parametri sono congruenti con il rapporto fra carichi sensibili e totali ( $Q_s/Q_t$ ) del locale considerato all'ora del massimo carico.

Si fa osservare che il valore del rapporto  $Q_s/Q_t$  del locale varia nel tempo, il che non avviene certo per il rapporto  $Q_s/Q_t$  caratteristico del ventilconvettore prescelto; non é pertanto possibile realizzare con un impianto a soli ventilconvettori il controllo dell'umidità relativa in ambiente.

E' opportuno ribadire che in un impianto di questo tipo va data priorità al soddisfacimento del carico sensibile e ciò per la semplice ragione che, ai fini del raggiungimento di condizioni di benessere degli occupanti, l'influenza dell'umidità relativa é più modesta di quella della temperatura dell'aria; quest'ultima risulta in definitiva la variabile effettivamente controllata in questo tipo di impianto.

Il valore di potenzialità cui fare riferimento per la scelta degli apparecchi é quello corrispondente al massimo carico previsto per il locale considerato. Se da un lato questo valore massimo si può considerare di norma sufficientemente cautelativo dal punto di vista della probabilità del verificarsi delle situazioni di carico termico di progetto, é opportuno comunque mantenere un certo margine di sicurezza per tenere nel dovuto conto la perdita di efficienza che il ventilconvettore subisce nel tempo, a causa principalmente dello sporco della batteria di scambio termico e delle pale del ventilatore.

Per la selezione dei ventilconvettori nel funzionamento invernale si deve fare riferimento, più semplicemente, al carico termico massimo previsto per l'ambiente considerato, verificando che la potenza resa dall'apparecchio sia superiore a tale valore.

### ***b) - Temperatura del fluido termovettore***

Naturalmente sia nel funzionamento estivo sia in quello invernale si dovranno fissare le condizioni del fluido termovettore che alimenta il circuito dei ventilconvettori.

Detto fluido é normalmente acqua, calda o refrigerata, anche se possono essere presenti situazioni, peraltro rare, in cui il ventilconvettore viene alimentato con miscela acqua-glicole di etilene.

La temperatura di ingresso del fluido, che d'ora in poi identificheremo con l'acqua, é uno dei fattori determinanti per definire la potenza termica resa dal ventilconvettore.

Dall'analisi delle tabelle di selezione si può in sintesi rilevare:

- un aumento della temperatura dell'acqua refrigerata riduce sia la potenza sensibile sia quella latente scambiata dal ventilconvettore nel funzionamento estivo. In particolare, quando la temperatura di alimentazione dell'acqua, é tale che la temperatura media superficiale della batteria di scambio eguaglia o supera quella di rugiada dell'aria entrante, si annulla completamente la potenza latente resa e lo scambio termico avviene in assenza di deumidificazione;
- un aumento della temperatura dell'acqua calda incrementa la potenzialità termica resa dal ventilconvettore nel funzionamento invernale. Oltre certi valori (indicativamente di 60-65 °C) vengono tuttavia a determinarsi alcuni fenomeni negativi quali:
  - la tostatura del pulviscolo dell'aria,
  - l'eccessiva tendenza alla stratificazione dell'aria calda,
  - l'umidità relativa eccessivamente bassa dell'aria uscente dal ventilconvettore,
  - la tendenza alla pendolazione della temperatura in ambiente.

Quanto sopra sconsiglia perciò l'adozione di temperature di alimentazione così elevate; valori consigliati sono compresi tra i 45 e 55°C.

### ***c) - Portata di acqua di alimentazione***

Questo parametro determina, a parità di temperatura del fluido entrante, la temperatura media della batteria e quindi incrementi della portata sono sempre favorevoli all'aumento della potenza resa, fatti salvi i limiti di perdita di carico della batteria.

E' evidente infatti che l'incremento di portata ha una ripercussione immediata sul dimensionamento della rete delle tubazioni e su quello delle pompe di circolazione dell'impianto ed in definitiva sul costo finale dello stesso.

In senso opposto invece diminuzioni della portata d'acqua possono essere vantaggiose ai fini della riduzione dei costi di impianto fin tanto che non comportino diminuzioni tali di resa da costringere alla scelta di modelli di ventilconvettori di taglia superiore. Ovviamente queste situazioni vanno valutate caso per caso.

#### **d) - Velocità di funzionamento del ventilatore**

Questo parametro ha un'influenza apprezzabile sull'entità della potenza termica resa e, nel funzionamento in fase di raffreddamento, anche sulla ripartizione della potenza termica resa fra le componenti sensibile e latente scambiate dall'apparecchio.

Nel passaggio dalla velocità massima alla minima la resa termica si riduce indicativamente del 35%.

Molto rilevante è l'influenza di questo parametro sulla rumorosità di funzionamento del ventilconvettore, con variazioni di livello di potenza sonora, nel passaggio dalla minima alla massima velocità, di 12 ÷ 17 dB(A) a seconda dei vari modelli.

#### **e) - Rumorosità**

Il livello di rumorosità di funzionamento del ventilconvettore deve essere compatibile con la destinazione d'uso dell'ambiente in cui esso va installato; si devono pertanto tenere presenti le indicazioni riportate in Tab. 1 avendo cura di selezionare la velocità di rotazione nominale del ventilconvettore in funzione del risultato da ottenere, determinando così la portata d'aria dell'apparecchio e di conseguenza anche la sua resa. In molti casi il fattore determinante di scelta diviene proprio la rumorosità e da essa derivano di conseguenza tutte le successive scelte (si pensi ad esempio al dimensionamento di ventilconvettori per camere di albergo di lusso).

Tab. 1 - Livelli di rumorosità ambientale accettabili per differenti locali

DESTINAZIONE DEL LOCALE	LIVELLI ACCETTABILI DI RUMORE	
	RC-N NC NR	dB(A)
Studi radiofonici, televisivi e di registrazione	20	25
Sale da concerto; Teatri d'opera	20 - 25	25 - 30
Cinematografi; Sale per conferenze	25 - 30	30 - 35
Residenze: camere da letto	25 - 30	30 - 35
Soggiorni	30 - 35	35 - 40
Uffici: ad occupazione singola	25 - 35	30 - 40
a pianta aperta	35 - 40	40 - 45
Aule scolastiche	25 - 35	30 - 40
Biblioteche (sale di lettura)	30 - 35	35 - 40
Ospedali: camere di degenza	25 - 30	30 - 35
laboratori	30 - 35	35 - 40
Centri meccanografici	40 - 45	45 - 50
Piscine; Palestre	35 - 45	40 - 50
Grandi magazzini	35 - 45	40 - 50

RC-N = Ashrae    NC = europeo    NR = americano

#### **f) - Modalità di installazione dei ventilconvettori**

Le diverse possibili modalità di installazione dei ventilconvettori possono avere influenza sulle prestazioni finali dell'impianto oltre che su altre scelte impiantistiche, quali ad esempio quella relativa al tipo di regolazione.

Il ventilconvettore può, infatti, essere installato verticalmente a parete (in vista o mascherato in versione da incasso) oppure orizzontalmente a soffitto (in vista o in versione da incasso).

Con la prima modalità di installazione possono essere utilizzate indifferentemente, sia regolazioni di tipo termostatico ON/OFF (termostato agente sull'attacco e stacco del ventilatore), sia regolazioni con valvola servocomandata, ON/OFF o modulante, agente sulla portata di acqua entrante nella batteria del ventilconvettore.

Unica avvertenza è, nel caso di regolazione ON/OFF, di utilizzare sensori di temperatura posti in ambiente e non sonde installate in aspirazione al ventilconvettore al di sotto della batteria in modo da

evitare che, a ventilatore fermo, l'aria a contatto della batteria attraversata dall'acqua refrigerata "cada" sopra il sensore impedendo la ripartenza dei ventilconvettori.

La seconda modalità di installazione è tipica di edifici ristrutturati, con zone centrali utilizzate per l'installazione in controsoffitto dei nuovi impianti e quindi con mandata e ripresa dell'aria effettuate a soffitto; in questo caso è in ogni modo preferibile adottare la regolazione con valvola, ON/OFF o modulante, che assicura costantemente il flusso d'aria in ambiente, particolarmente importante nel funzionamento invernale per evitare fenomeni di stratificazione.

In ogni caso è sempre consigliabile installare il sensore di temperatura in ambiente a quota di circa 1,4 m.

Passando ora alla selezione dei singoli ventilconvettori si farà riferimento alla documentazione tecnica degli apparecchi AERMEC serie FCX, disponibile anche su supporto magnetico, grazie alla quale è possibile individuare esattamente le rese dei vari modelli nelle varie possibili condizioni di funzionamento.

La procedura di selezione dei singoli modelli destinati ai vari ambienti non segue quasi mai un andamento univoco ma procede con successivi aggiustamenti e talvolta modifiche delle ipotesi, in modo tale da conseguire la congruenza del risultato rispetto alle esigenze, mantenendo tuttavia uniformità di condizioni di alimentazione per i singoli ventilconvettori.

La tabella 2, riportata qui di seguito per comodità di consultazione, riepiloga per i singoli locali costituenti l'edificio, i parametri principali necessari per la selezione dei ventilconvettori nel funzionamento estivo.



Tabella 2 Funzionamento estivo: massimo carico per singolo locale.

Loc. n°	Volume (m <sup>3</sup> )	Ora max carico	Q sensibile (W)	Q latente (W)	Q totale (W)	R Qs/Qt
001	269	14	3552	1075	4626	0,768
002	53	14	1460	183	1643	0,889
003	52	15	2705	502	3208	0,843
004	147	9	2343	601	2945	0,796
005	267	15	2300	838	3138	0,733
006	11	8	0	0	0	-
007	20	8	0	0	0	-
008	5	8	0	0	0	-
009	5	8	0	0	0	-
010	139	14	1352	675	2026	0,667
011	179	9	2768	579	3346	0,827
012	139	14	1351	675	2026	0,667
013	318	0	0	0	-	
014	38	0	0	0	-	
015	3	8	0	0	0	-
016	3	8	0	0	0	-
017	101	8	1962	521	2484	0,790
018	60	8	1337	441	1779	0,752
019	71	9	1692	412	2104	0,804
020	34	15	647	387	1034	0,625
021	84	14	579	486	1065	0,543
022	60	16	2064	441	2504	0,824
023	13	8	0	0	0	-
024	12	8	0	0	0	-
025	63	17	1144	325	1469	0,779
026	86	17	2102	368	2470	0,851
027	106	15	1370	334	1704	0,804
028	96	14	1402	185	1586	0,883
029	210	14	2882	893	3775	0,763
030	22	19	176	40	215	0,816
031	133	9	2612	576	3188	0,819
032	244	17	1983	1008	2991	0,663
033	10	8	0	0	0	-
034	18	8	0	0	0	-
035	4	8	0	0	0	-
036	4	8	0	0	0	-
037	127	17	1033	642	1674	0,617
038	109	18	2941	332	3273	0,899
039	67	8	1175	39	1514	0,776
040	127	17	1158	642	1799	0,643
041	28	8	0	0	0	-
042	3	8	0	0	0	-
043	3	8	0	0	0	-
044	3	8	0	0	0	-
045	244	8	3751	1285	5036	0,745
046	133	16	1220	396	1616	0,755
047	96	17	1411	178	1589	0,888
048	35	17	1208	134	1343	0,900
049	157	17	2422	372	2794	0,867
050	22	19	176	40	215	0,816

Le condizioni interne di riferimento, sono fissate in una temperatura a bulbo secco di 26 °C con un'umidità relativa del 50%, cui corrisponde una temperatura a bulbo umido di 18,7 °C.

Viene poi fissato il funzionamento dei ventilconvettori alla **velocità media**, condizione questa mediamente accettabile per quanto concerne i limiti imposti dalla rumorosità degli apparecchi e salvo verifica caso per caso.

Il dimensionamento alla media velocità è consigliabile in quanto, in situazioni di carico interno o esterno maggiore di quello di progetto, consente di avere a disposizione localmente una riserva di potenza frigorifera o termica, che può essere utile in fase di messa a regime della temperatura ambiente.

Occorre in questi casi effettuare anche una verifica del numero di ricircoli orari di aria determinati in ambiente dal funzionamento del/i ventilconvettore/i.

Per assicurare, particolarmente nel funzionamento estivo, un sufficiente grado di uniformità della temperatura dell'ambiente ed una risposta rapida, da parte del ventilconvettore, alle variazioni di carico è necessario garantire un numero di ricircoli mai inferiore a 5 vol/h e, se possibile, arrivare a 6-7 vol/h o anche a valori superiori.

Per il periodo invernale, vale quanto detto per il periodo estivo per i ventilconvettori a pavimento, nel caso di ventilconvettori installati a soffitto il numero deve intendersi come minimo di 7/8 vol/h e ciò per evitare fenomeni di stratificazione.

Oltre questa precauzione è opportuno posizionare i ventilconvettori simmetricamente nei locali o comunque in posizioni favorevoli a contrastare i carichi termici, compatibilmente con quanto consentito dai vincoli architettonici e di arredamento.

Analizzando i dati della tabella 2 si nota che, nella maggior parte dei locali, il rapporto  $Q_s/Q_t$  risulta pari a 0,75-0,85; i ventilconvettori dovranno garantire uno scambio di calore congruente con questa situazione e dovranno essere perciò alimentati con acqua refrigerata a temperatura opportuna.

Ricorrendo alla documentazione tecnica AERMEC si è scelto il valore di 8 °C.

L'ultimo parametro che rimane da fissare per procedere alla selezione del modello di ventilconvettore da installare è la portata dell'acqua di alimentazione.

Partendo dall'assunto che detta portata deve risultare la minore possibile compatibilmente con la potenza richiesta, un criterio di dimensionamento può essere quello di fissare portate tali da dare luogo ad un salto termico massimo fisso ed uguale per tutti i ventilconvettori, ove il termine fisso si intende riferito al funzionamento estivo a carico massimo.

Questa soluzione determina una diversificazione notevole delle portate di acqua da prevedere per i singoli apparecchi e quindi la necessità di effettuare, per ciascun locale una selezione differenziata per ciascuna diversa potenzialità richiesta.

Dal punto di vista dell'impegno progettuale questa soluzione anche se formalmente corretta, raramente viene applicata; si preferisce per quanto possibile, fissare in partenza le portate di acqua per le singole grandezze dei ventilconvettori, verificando poi le rese fornite ed intervenendo eventualmente ad aumentare la portata d'acqua in quelle situazioni in cui un tale incremento consente di raggiungere la potenza richiesta senza necessità di selezionare un modello di taglia maggiore.

La portata d'acqua, che possiamo definire di primo tentativo, può essere fissata in modo tale da dare luogo ad un salto termico dell'acqua, nelle condizioni di progetto, pari a circa 5-6 °C. Questo valore corrisponde a quello normalmente adottato nella prassi progettuale di questo tipo di impianto.

Operando con questo criterio si può stabilire, per ciascun modello di ventilconvettore, la resa "nominale" da confrontare con quella richiesta come risulta dalla tabella 3, valida per il funzionamento estivo.

Tab. 3 - Prestazioni dei ventilconvettori in funzionamento estivo

Modello ventil.	Portata aria (m <sup>3</sup> /h)	Pot. frig. sensibile (Watt)	Pot. frig. totale (Watt)	Portata acqua (l/h)	$\Delta t$ acqua °C	$\Delta p$ batteria kPa	Lp dB(A)
FCX 17	160	640	803	150	4.49	2.24	32.5
FCX 22	220	913	1134	2.00	4.87	3.99	34.5
FCX 32	350	1322	1735	300	4.96	8.97	32.5
FCX 42	460	1813	2341	400	5.03	6.97	35.5
FCX 50	600	2562	3251	520	5.38	9.75	42.5
FCX 62	720	2891	3748	650	4.96	3.98	42.5

*Condizioni di riferimento:*

Temperatura aria ingresso bulbo secco	: 26 °C
Temperatura aria ingresso bulbo umido	: 18,7 °C
Temperatura ingresso acqua	: 8 °C
Velocità di funzionamento	: media

E' possibile, a questo punto identificare con esattezza il modello ed il numero di terminali da installare in ciascun locale dell'edificio per fare fronte ai carichi estivi.

Nella quasi totalità degli impianti di questo tipo per ovvie considerazioni di semplificazione e di costo, s'impiegano le medesime pompe di circolazione sia per il funzionamento estivo sia per quello invernale. Trascurando l'incremento di portata dovuto alla minore densità e quindi alla minore perdita di carico del circuito idraulico funzionante con acqua calda, si può considerare che nelle situazioni estiva ed invernale, nella rete dei ventilconvettori, circoli sostanzialmente la stessa portata d'acqua.

Per poter infine stabilire quale debba essere la temperatura invernale dell'acqua di alimentazione del circuito ventilconvettori é necessario individuare, per ciascuna delle scelte di abbinamento modello ventilconvettore/portata acqua già effettuate, quale deve essere la temperatura minima dell'acqua che garantisce una potenza termica almeno pari a quella richiesta nel locale in cui l'apparecchio é installato.

Fra tutti i valori risultanti si sceglierà ovviamente quello massimo, lasciando alla regolazione termostatica il compito di modulare nel tempo, con l'attacco e stacco del ventilatore, la potenza erogata in ambiente. Risulta così che la temperatura minima necessaria é di 41 °C, come risulta nella tabella 4, locale 27. La tabella 4 sintetizza i dati di partenza ed i risultati delle selezioni effettuate.

Tabella 4 - Riepilogo dei risultati delle valutazioni per i vari locali.

Loc	Terminale	Potenza calcolata sensibile	Potenza calcolata totale	Potenza resa sensibile	Potenza resa totale	Portata acqua	Perdita di carico	Potenza termica richiesta	Temp acqua calda
N°	N° x Mod.	(W)	(W)	(W)	(W)	(l/h)	(kPa)	(W)	(°C)
001	6-FCX22	3552	4626	5478	6804	6-200	3.99	5666	39
002	1-FCX32	1460	1643	1322	1735	1-300	8.97	951	< 35
003	1-FCX62	2705	3208	3208	2891	1-700	3.98	931	< 35
004	1-FCX62	2343	2945	2891	3748	1-650	3.98	2127	38
005	6-FCX22	2300	3138	5478	6804	6-200	3.99	5811	40
006	(#)	-	-	-	-	-	-	217	-
007	(#)	-	-	-	-	-	-	221	-
008	(#)	-	-	-	-	-	-	52	-
009	(#)	-	-	-	-	-	-	52	-
010	1-FCX42	1352	2026	1699	2059	1-300	3.97	1850	< 35
011	2-FCX42	2768	3346	3338	4118	2-300	3.97	2516	< 35
012	1-FCX42	1351	2026	1699	2059	1-300	3.97	1850	< 35
013	(#)	-	-	-	-	-	-	434	-
014	(#)	-	-	-	-	-	-	39	-
015	(#)	-	-	-	-	-	-	39	-
016	(#)	-	-	-	-	-	-	39	-
017	2-FCX32	1962	2484	2520	3326	2-250	6.46	2013	< 35
018	1-FCX32	1337	1779	1322	1735	1-300	8.97	1123	< 35
019	2-FCX32	1692	2104	2520	3326	2-250	6.46	2215	38
020	1-FCX32	647	1034	1260	1613	1-250	6.46	576	< 35
021	1-FCX32	579	1065	1260	1613	1-300	0.98	935	< 35
022	2-FCX32	2064	2504	2520	3326	2-300	3.60	1875	< 35
023	(#)	-	-	-	-	-	-	145	-
024	(#)	-	-	-	-	-	-	219	-
025	1-FCX32	1144	1469	1322	1735	1-300	8.97	1142	< 35
026	2-FCX32	2102	2470	2520	3326	2-250	6.46	1738	< 35
027	1-FCX32	1370	1704	1322	1735	1-300	8.97	1770	41
028	2-FCX22	1402	1586	1826	2268	2-300	3.99	2041	36
029	4-FCX22	2882	3775	3652	4536	4-200	3.99	3624	39
030	@	176	216	-	-	1-300	-	359	-
031	1-FCX62	2612	3188	2674	3340	1-500	2.30	1787	37
032	5-FCX22	1983	2991	4565	5670	5-200	3.99	5018	40
033	(#)	-	-	-	-	-	-	181	-
034	(#)	-	-	-	-	-	-	304	-
035	(#)	-	-	-	-	-	-	72	-
036	(#)	-	-	-	-	-	-	72	-
037	1-FCX32	1033	1674	1660	2056	1-250	6.46	1498	35
038	1-FCX62	2941	3273	2674	3340	1-500	2.30	1702	37
039	1-FCX42	1175	1514	1660	2059	1-300	6.46	1236	< 35
040	1-FCX42	1158	1799	1660	2059	1-300	6.46	1498	35
041	(#)	-	-	-	-	-	-	348	-
042	(#)	-	-	-	-	-	-	54	-
043	(#)	-	-	-	-	-	-	54	-
044	(#)	-	-	-	-	-	-	54	-
045	5-FCX22	3751	5036	4840	6195	5-250	5.99	4954	< 35
046	1-FCX42	1220	1616	1745	2208	1-350	5.47	1814	37
047	2-FCX22	1411	1589	1936	2478	2-250	5.99	2113	39
048	1-FCX32	1208	1342	1366	1838	1-350	12.47	712	< 35
049	3-FCX22	2422	2794	2904	3717	3-250	3.99	2816	37
050	1-FCX32	176	215	-	-	1-300	-	359	-

(\*) valore minimo necessario; (#) solo riscaldamento con radiatori; (@) solo predisposizione

## 5. DIMENSIONAMENTO DELLE RETI IDRICHE DI ALIMENTAZIONE DEI CIRCUITI VENTILCONVETTORI E RADIATORI

Si passa ora al dimensionamento delle reti idriche di alimentazione dei circuiti dei radiatori e dei ventilconvettori al fine di determinare le caratteristiche delle rispettive pompe di circolazione.

Il criterio di dimensionamento adottato é quello che si basa sull'assegnazione, per i vari tronchi di rete attraversati da determinate portate di acqua, di diametri delle tubazioni, tali da determinare, per quanto possibile, perdite di carico per unità di lunghezza costanti in tutta la rete di tubazioni.

A tal fine si utilizzano diagrammi del tipo riportato nelle figure 1 e 2 dai quali é possibile ricavare il diametro della tubazione e la velocità dell'acqua, una volta fissata la portata in circolazione e la perdita di carico specifica.

Circa quest'ultimo parametro la pratica progettuale e il confronto fra i costi di realizzazione delle reti e costi energetici di pompaggio, ha portato a individuare valori ottimali nel campo compreso tra i 300 e i 400 Pa per metro lineare.

Il progetto della rete idrica inizia con la stesura del tracciato necessario per raggiungere tutti i terminali. Già in questa fase é opportuno, per quanto possibile, cercare di equilibrare i vari tratti di circuito anche, a volte, a costo di un maggior onere in termini di quantità di tubazione da installare, ricorrendo a soluzioni quali quelle del ritorno inverso o cercando di portare il punto di suddivisione dei vari circuiti il più possibile vicino al baricentro dei carichi.

Il bilanciamento definitivo dell'impianto atto a garantire a ciascun terminale la portata d'acqua prevista, verrà effettuato agendo sugli organi di taratura (valvole a doppio regolaggio e/o detentori) installati su ciascun ventilconvettore.

Individuato il percorso delle tubazioni verso la pompa di circolazione, si riparte, a ritroso, assegnando ai tratti finali le portate d'acqua precedentemente individuate (vedi tab. 4) e cumulando via le portate d'acqua risultanti dalla confluenza dei vari rami di circuito fino a individuare la portata totale dell'intera rete.

Per ogni tratto necessita quindi definire:

- portata d'acqua;
- diametro della tubazione;
- perdita di carico per metro lineare;
- velocità dell'acqua;
- lunghezza;
- numero e tipo di perdite di carico concentrate presenti nelle tubazioni, quali curve, bruschi allargamenti o restringimenti, diramazioni o confluenze di flusso;
- numero e tipo di perdite di carico dovuto a organi singolari, quali valvole di intercettazione o regolazione, accessori di impianto, batterie di scambio termico.

Le perdite di carico in un circuito idraulico sono date dalla somma di due fattori: le perdite di carico distribuite e quelle concentrate.

Le perdite di carico distribuite sono proporzionali alla lunghezza reale del circuito (L) ed alla perdita di carico specifica ( $\Delta p/m$ ) secondo la relazione:

$$L \times \Delta p/m$$

mentre le perdite di carico concentrate sono definite dalla relazione:

$$Z \times V^2/(2g): \quad \text{dove:}$$

Z = coefficiente di perdita di carico concentrata

V = velocità del fluido

$g = \text{accelerazione di gravità} (9,81 \text{ m/s}^2.)$

E' anche possibile valutare la perdita di carico di un circuito in termini di sole perdite distribuite, introducendo il concetto di lunghezza equivalente ( $Le$ ), cioè la lunghezza virtuale di tubazione rettilinea, di pari diametro, che darebbe luogo alla medesima perdita di carico prodotta localmente da un accessorio della rete attraversato dalla portata d'acqua prevista.

In letteratura sono disponibili tabelle e diagrammi (figg. 3, 4 e 5) che consentono di conoscere i coefficienti di perdita ( $Z$ ) o la lunghezza equivalente ( $Le$ ), risultando sempre possibile passare dall'una all'altra grandezza tramite la relazione:

$$(\Delta p/m) \times Le = Z \times (V^2/2g)$$

Applicando i concetti e la metodologia sopra descritti si ricava, per i singoli rami del circuito il valore della perdita di carico; sommando le perdite di carico dei vari rami che compongono i circuiti di alimentazione dei singoli ventilconvettori, si individua la perdita di carico totale di ciascun circuito inteso come l'insieme di tratti di tubazione che, partendo dalle pompe di circolazione e tornando alla centrale, raggiungono i singoli terminali.

Fra tutti i circuiti quello con la perdita di carico più alta, determina la prevalenza della pompa di circolazione, mentre le singole differenze tra la perdita di carico del circuito più sfavorito e quella degli altri circuiti determina la perdita aggiuntiva di bilanciamento che deve essere imposta ai circuiti più favoriti, per essere certi che il regime di portata d'acqua nell'intero impianto sia quello desiderato.

La tabella 5 esemplifica questi concetti e si riferisce al dimensionamento di un ramo dell'impianto (quello relativo al circuito ventilconvettori del piano primo dell'ala Nord dell'edificio)

In conclusione il circuito ventilconvettori, è caratterizzato da una portata complessiva massima di 16820 l/h e necessita di una prevalenza di 62 kPa.

Per quanto riguarda il circuito radiatori risulta invece una portata d'acqua di 475 l/h con una prevalenza di 37 kPa. (La portata di acqua è ricavata imponendo un valore minimo per il diametro di ½" pari a 240 l/h e velocità di 0,34 m/s, velocità ritenuta minima per trascinare eventuali bolle d'aria presenti nel circuito).

Tab. 5 - Circuito idraulico ventilconvettori piano primo lato nord

Tronco n°	Diametro Ø	Portata (l/h)	Velocità (m/s)	$\Delta p/m$ (kPa/m)	$\Delta p$ (kPa)	Bilanciam. (kPa)
(MV2) 1	1"1/2	3800	0,74	0,18	1,01	-
(MV2) 2	1"1/2	3800	0,74	0,18	0,97	-
(A) 4	1"1/2	3500	0,69	0,15	0,96	-
(A) 17	1"1/2	3500	0,69	0,15	0,78	-
(A1) 5	33/38	1600	0,53	0,13	0,13	-
(A1) 6	33/38	1350	0,44	0,10	0,33	-
(A1) 7	1"	1100	0,50	0,15	0,50	-
(A1) 8	1"	850	0,39	0,09	0,39	-
(A1) 9	3/4"	600	0,43	0,15	5,11	-
(A1) 10	3/4"	350	0,25	0,06	0,93	2,97
(A1) 11	3/4"	350	0,25	0,06	0,92	-
(A1) 12	3/4"	600	0,43	0,15	0,41	-
(A1) 13	1"	850	0,39	0,09	0,32	-
(A1) 14	1"	1100	0,50	0,15	0,50	-
(A1) 15	33/38	1350	0,44	0,10	0,33	-
(A1) 16	33/38	1600	0,53	0,13	0,17	-
(A1) 45	1/2"	250	0,32	0,13	3,10	8,61
(A1) 46	1/2"	250	0,32	0,13	0,99	-
(A1) 47	1/2"	250	0,32	0,13	3,10	7,95
(A1) 48	1/2"	250	0,32	0,13	0,99	-
(A1) 49	1/2"	250	0,32	0,13	3,10	6,94
(A1) 50	1/2"	250	0,32	0,13	0,99	-
(A1) 51	1/2"	250	0,32	0,13	3,10	6,23
(A1) 52	1/2"	250	0,32	0,13	0,99	-
(A1) 53	1/2"	250	0,32	0,13	3,26	0,81
(A1) 54	1/2"	250	0,32	0,13	0,74	-
(B) 18	1/2"	300	0,39	0,18	6,63	1,62
(B) 19	1/2"	300	0,39	0,18	6,50	-
(A2) 20	33/38	1900	0,62	0,18	2,43	-
(A2) 55	33/38	1900	0,62	0,18	2,26	-
(A22) 21	33/38	1350	0,44	0,10	0,13	-
(A22) 22	1"	1100	0,50	0,15	0,63	-
(A22) 23	1"	850	0,39	0,09	0,39	-
(A22) 24	3/4"	500	0,36	0,11	0,45	-
(A22) 25	1/2"	250	0,32	0,13	3,44	0,29
(A22) 26	1/2"	250	0,32	0,13	1,41	-
(A22) 27	3/4"	500	0,36	0,11	0,44	-
(A22) 28	1"	850	0,39	0,09	0,39	-
(A22) 29	1"	1100	0,50	0,15	0,63	-
(A22) 30	33/38	1350	0,44	0,10	0,13	-
(A22) 37	1/2"	250	0,32	0,13	3,10	3,97
(A22) 38	1/2"	250	0,32	0,13	0,99	-
(A22) 39	1/2"	250	0,32	0,13	3,10	2,71
(A22) 40	1/2"	250	0,32	0,13	0,99	-
(A22) 41	3/4"	350	0,25	0,06	5,28	0,17
(A22) 42	3/4"	350	0,25	0,06	0,57	-
(A22) 43	1/2"	250	0,32	0,13	3,10	1,04
(A22) 44	1/2"	250	0,32	0,13	0,99	-
(A21) 31	3/4"	550	0,39	0,13	0,44	-
(A21) 32	1/2"	300	0,39	0,18	5,61	-
(A21) 33	1/2"	300	0,39	0,18	1,98	-
(A21) 34	3/4"	550	0,39	0,13	0,29	-
35	1/2"	250	0,32	0,13	2,97	3,52
36	1/2"	250	0,32	0,13	1,10	-

Nel bilanciamento dei singoli ventilconvettori si è tenuto sempre conto del  $\Delta p$  di bilanciamento della linea.

Figura 1

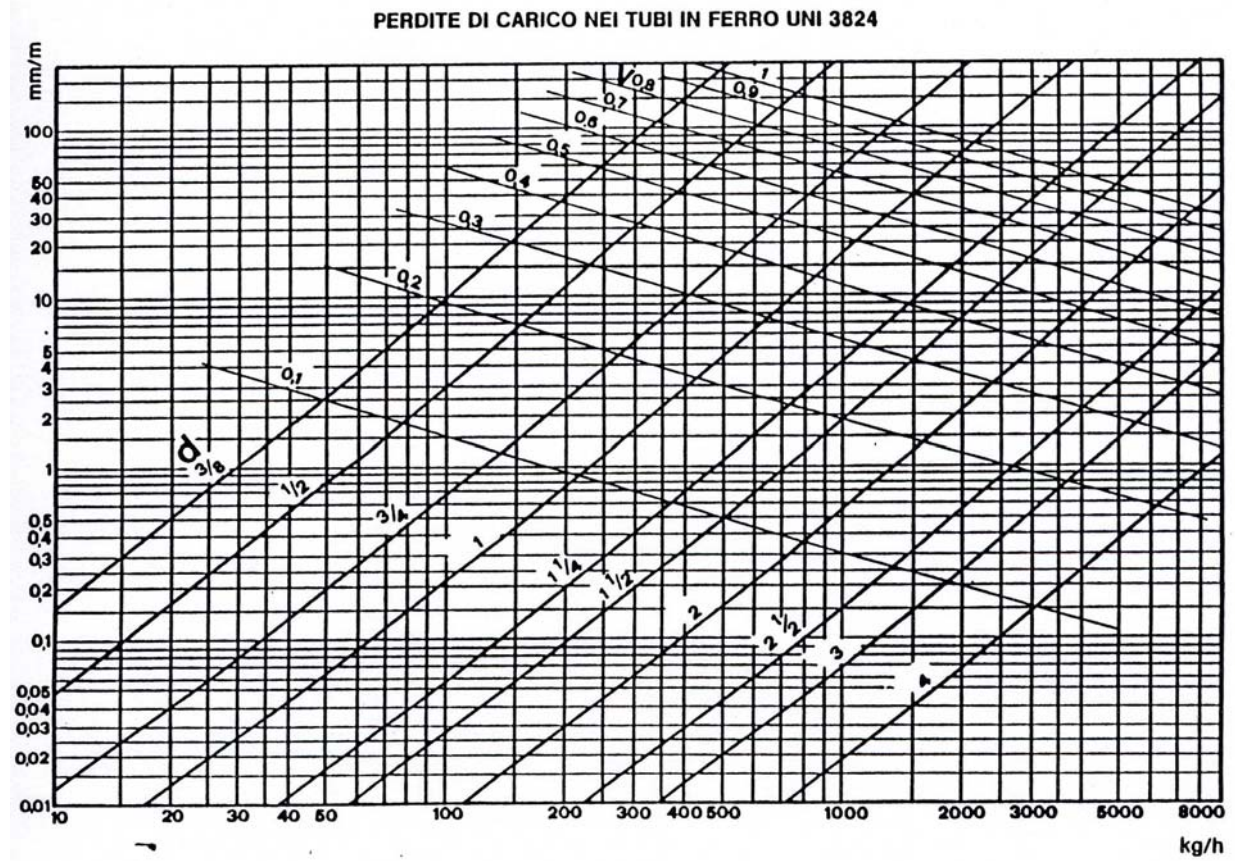


Figura 2

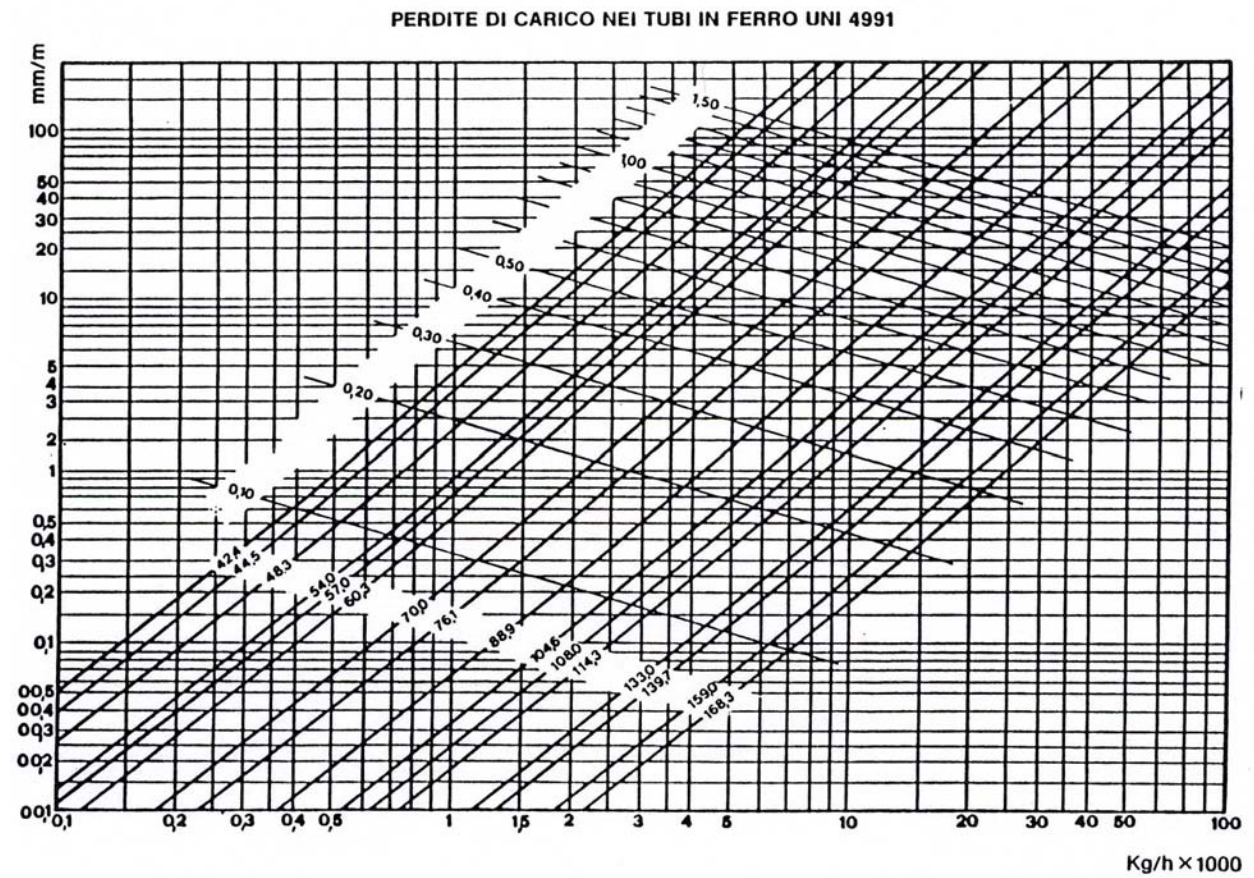




Figura 3


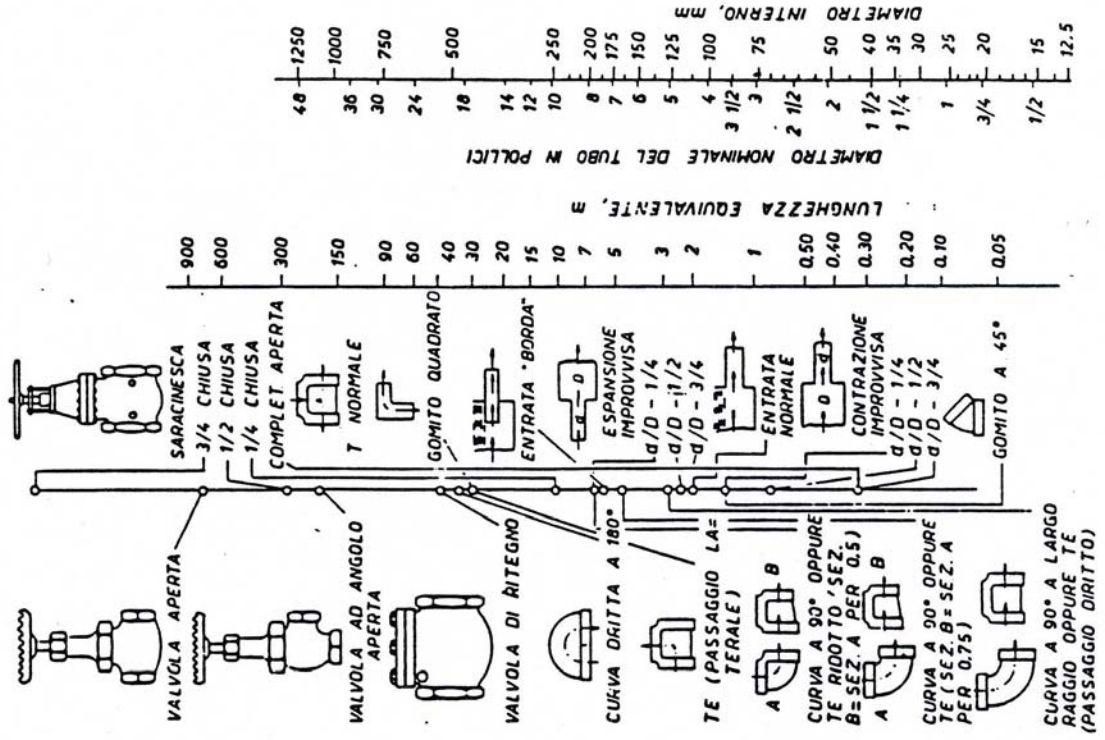
Resistenze concentrate; valori di $Z$ per impianti ad acqua calda							
RESISTENZE CONCENTRATE	DIAMETRO NOMINALE						
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2" e oltre
Curva a 90°	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
Gomito a 90°	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.8
Valvola a saracinesca	1.0	1.0	0.8	0.5	0.5	0.5	0.3
Valvola di chiusura diritta	16.0	14.0	12.0	10.0	9.0	8.0	7.0
Valvola di chiusura inclinata	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0
Valvola diritta per radiatori	8.5	8.5	6.0	6.0	5.0	-	-
Valvola ad angolo per radiatori	5.0	5.0	3.0	2.0	2.0	-	-
RESISTENZE CONCENTRATE	FIGURA						
Caldaia	—		2.5				
Radiatore o piastra	—		3.0				
Curva a U larga			1.0				
Curva a U stretta			2.0				
Raccordo a T o a passaggio diretto			1.0				
Raccordo a T o a diramazione			1.5				
Raccordo a T divisione o unione di correnti			3.0				
Deviazione			0.5				
Piega			0.5				
Allargamento brusco			1.0				
Restrinzione brusca			0.5				

Figura 4

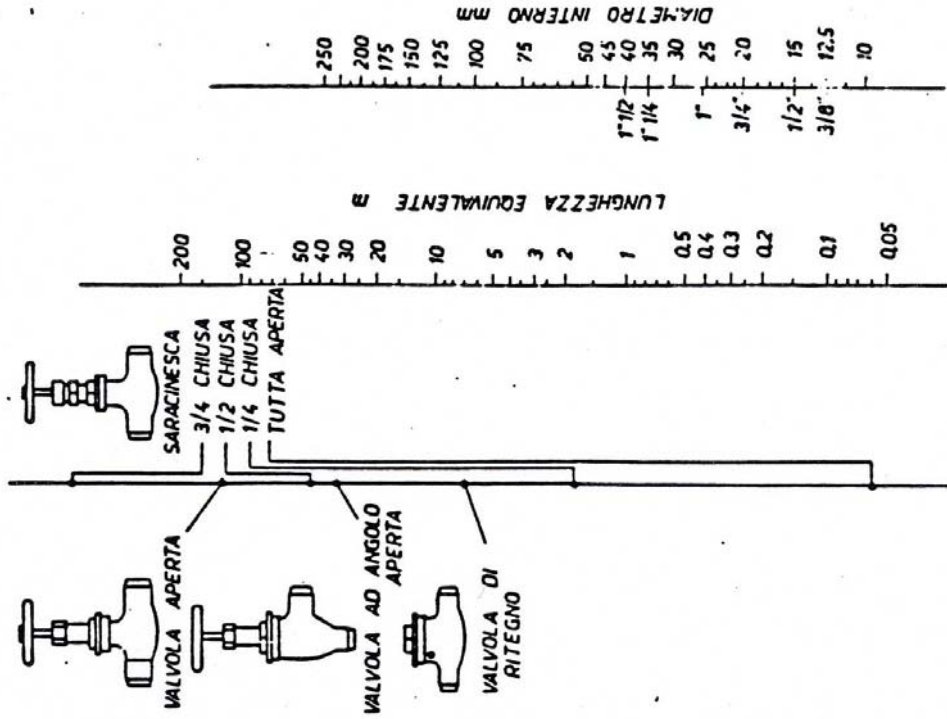
PERDITE DI CARICO Z IN mm PER $\sum \zeta$															
Velocità acqua m/s	Somma														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,20	2,0	4,0	6,0	8,0	9,0	11,9	13,9	15,8	17,8	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0
0,22	2,4	4,8	7,2	9,5	12,0	14,4	16,8	19,2	21,4	24,0	26,5	29,0	31,5	34,0	36,0
0,24	2,9	5,7	8,5	11,4	14,3	17,1	20,0	23,0	26,0	28,5	31,5	34,5	37,5	40,0	43,0
0,26	3,4	6,7	10,0	13,4	16,7	20,0	23,5	27,0	30,5	33,5	37,0	40,0	44,0	47,0	51
0,28	3,9	7,8	11,6	15,5	19,4	23,5	27,5	31,5	35,0	39,0	43,0	47,0	51	55	59
0,30	4,5	8,9	13,4	17,8	22,5	27,0	31,5	36,0	40,5	45,0	49,0	54	58	63	67
0,32	5,1	10,1	15,2	20,5	25,5	30,5	35,5	41,0	46,0	51	56	61	66	71	77
0,34	5,8	11,4	17,2	23,0	29,0	34,5	40,5	46,0	51	58	63	69	75	80	85
0,36	6,5	12,8	19,3	26,0	32,5	39,0	45,0	52	58	65	71	78	83	89	96
0,38	7,2	14,3	21,5	29,0	36,0	43,0	50	58	65	72	79	85	93	99	107
0,40	8,0	15,9	24,0	32,0	40,0	48,0	56	64	72	80	87	95	103	111	119
0,42	8,7	17,5	26,5	35,0	44,0	53	62	70	79	87	96	105	113	122	131
0,44	9,5	19,2	29,0	38,5	48,0	58	68	77	86	96	105	115	124	134	144
0,46	10,4	21,0	31,5	42,0	53	63	74	83	94	105	115	126	136	147	157
0,48	11,4	23,0	34,5	46,0	57	69	80	91	103	114	125	137	148	160	171
0,50	12,4	25,0	37,5	50	62	75	86	99	111	124	136	149	161	173	186
0,55	15,0	30,0	45,0	60	75	89	105	119	135	150	165	180	195	210	225
0,60	17,8	36,0	54	72	89	107	125	143	161	178	196	215	235	250	270
0,65	21,0	42,0	63	83	105	126	147	167	189	210	230	255	275	295	315
0,70	24,5	49,0	73	97	121	145	169	195	220	245	270	295	320	340	365
0,75	28,0	56	83	111	139	167	195	225	250	280	310	335	365	395	420
0,80	32,0	64	95	127	159	191	225	255	285	320	350	385	410	450	430
0,85	36,0	72	107	143	179	215	250	290	325	360	395	430	470	500	540
0,90	40,5	81	121	161	200	240	285	325	365	400	440	480	530	570	610
0,95	45,0	89	133	179	225	270	315	360	405	450	500	540	590	630	680
1,00	50	99	149	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
1,10	60	119	179	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	830	890
1,20	72	143	215	285	360	430	500	570	650	720	790	850	920	1000	1070
1,30	83	167	255	335	420	510	590	670	760	830	920	1000	1090	1170	1250
1,40	97	195	295	390	490	590	680	780	870	970	1060	1160	1260	1360	1460
1,50	111	225	335	450	560	670	780	890	1000	1110	1220	1340	1450	1560	1670
1,60	127	255	385	510	640	770	880	1010	1140	1270	1390	1520	1650	1780	1900
1,70	143	290	430	580	720	850	1000	1140	1290	1430	1457	1720	1860	2000	2150
1,80	161	325	485	650	800	960	1120	1280	1440	1610	1770	1930	2100	2250	2400
1,90	179	360	540	720	890	1070	1250	1430	1610	1790	1970	2150	2350	2500	2700
2,00	200	400	600	790	990	1190	1390	1580	1780	1980	2200	2400	2600	2800	3000
2,10	220	440	660	870	1095	1315	1535	1800	1865	2190	2425	2650	2850	3075	3300
2,20	240	480	720	950	1200	1440	1680	1920	2150	2400	2650	2900	3100	3350	3600
2,30	262	525	785	1045	1315	1575	1840	2110	2350	2625	2900	3175	3400	3675	3950
2,40	285	570	850	1140	1430	1710	2000	2300	2550	2850	3150	3450	3700	4000	4300
2,50	310	620	925	1240	1550	1855	2175	2500	2775	3100	3425	3725	4025	4350	4650
2,60	335	670	1000	1340	1670	2000	2350	2700	3000	3350	3700	4000	4350	4700	5000
2,70	362	725	1080	1445	1805	2175	2550	2900	3250	3625	3975	4325	4650	5075	5400
2,80	390	780	1160	1550	1940	2350	2750	3100	3500	3900	4250	4650	5050	5450	5800
2,90	420	835	1250	1665	2095	2500	2925	3300	3750	4175	4575	4975	5425	5825	6250
3,00	450	890	1340	1780	2250	2650	3100	3500	4000	4450	4900	5300	5800	6200	6700

Figura 5

RESISTENZA AL PASSAGGIO DEI FLUIDI  
OFFERTA DALLE VALVOLE E RACCORDI FILETTATE



RESISTENZA AL PASSAGGIO DEI FLUIDI  
OFFERTA DALLE VALVOLE ED ACCESSORI A SALDARE



## 6. DIMENSIONAMENTO DELLA CENTRALE TERMICA E FRIGORIFERA

### Centrale termica

Lo schema di centrale termica (tavola grafica T0) prevede l'installazione di una caldaia, collegata mediante un circuito primario con pompa di circolazione dedicata (P4), ad un collettore di distribuzione a cui saranno allacciati i circuiti radiatori e ventilconvettori, con collegamento idraulico del tipo a iniezione.

Questo tipo di circuito ha la caratteristica principale che consente di mantenere costanti le portate d'acqua sia nel circuito primario (sia esso collegato ad un generatore di calore che ad un refrigeratore d'acqua), sia nel circuito secondario.

La schematizzazione di funzionamento di tale tipo circuito per le due utenze, ventilconvettori e radiatori invernale ed illustrato e radiatori negli schemi di fig. 6.

In pratica le pompe primarie (P4) provvederanno alla circolazione in caldaia ed all'alimentazione delle portate di acqua calda necessaria a garantire, nelle condizioni di progetto, che l'alimentazione del circuito radiatori avvenga alla temperatura di 75 °C e quella del circuito ventilconvettori avvenga alla temperatura di 41 °C, in condizione di massima apertura delle rispettive valvole di regolazione.

La potenza termica richiesta dal circuito ventilconvettori ( $P_{tv}$ ) risulta:

$$P_{tv} = 66692 \text{ W}$$

il salto termico ( $\Delta t_v$ ) in condizioni di progetto è pertanto di:

$$\Delta t_v = (66692 \times 0,86)/16820 = 3,4 \text{ °C (ritorno impianto a } 37,6 \text{ °C)}$$

La potenza termica richiesta dal circuito radiatori ( $P_{tr}$ ) risulta:

$$P_{tr} = 2520 \text{ W}$$

il salto termico ( $\Delta t_r$ ) in condizioni di progetto è pertanto di:

$$\Delta t_r = (2520 \times 0,86)/475 = 4,56 \text{ °C (ritorno impianto a } 70,44 \text{ °C)}$$

Avendo a disposizione acqua prodotta in caldaia a 75 °C è necessario prevedere l'iniezione dal circuito primario delle seguenti quantità di acqua calda:

### Circuito Ventilconvettori:

$$[16820 \times (41 - 37,6)]/(75 - 37,6) = 1529 \text{ l/h}$$

dove:

- 16820 : portata acqua circuito ventilconvettori (l/h)
- 41 : temperatura acqua mandata ventilconvettori (C)
- 37,6 : temperatura acqua ritorno ventilconvettori (C)
- 75 : temperatura acqua prodotta dalle caldaie (C)

### Circuito Radiatori (\*):

$$(2520 \times 0,86)/(75 - 70,44) = 475 \text{ l/h}$$

(\*) poiché la temperatura di alimentazione del circuito secondario è pari a quella del primario la portata di iniezione coincide con quella in circolazione nel secondario.

In considerazione della potenza termica richiesta si prevede l'installazione di un generatore di calore della potenzialità di 90 kW (77400 kcal/h); ciò consente di avere disponibile una riserva di potenza

termica del 30% rispetto quella massima dispersa, da utilizzare nelle fasi di messa a regime dell'impianto.

Il ritorno generale dell'acqua in caldaia risulta essere pertanto alla temperatura di:

$$[(1529 \times 37,6) + (475 \times 70,4)] / (1529 + 475) = 45,38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Il salto termico sulla caldaia risulta così di 29,6°C. Tale valore appare troppo elevato, potendo dare luogo a tensioni nella caldaia e a scarsa uniformità di raffreddamento della stessa.

E' infatti consigliabile fare funzionare i generatori di calore con salti termici compresi fra 10°C e 15°C.

Fissando pari a 13°C questo valore e nota la potenza richiesta dalle utenze (69 kW), risulta necessario avere a disposizione una portata di acqua di 4565 l/h nel circuito primario di caldaia.

La differenza di portata rispetto ai 2004 l/h spillati dai circuiti di utenza e cioè 2561 l/h, sarà by-passata fra collettore di mandata e collettore di ritorno attraverso un apposito ramo, dotato di valvola di taratura avente una perdita di carico pari a quella delle valvole di iniezione nei circuiti di utenza.

Per il dimensionamento della pompa del circuito primario (P4), si dovranno considerare i seguenti componenti del circuito idraulico:

- m 20 di tubazioni di diametro 43/48 mm;
- n° 8 curve a 90 gradi;
- n° 7 valvole a sfera  $\varnothing = 1\text{''}1/2$ ;
- n° 1 separatore d'aria  $\varnothing = 2\text{''}$  ( $\Delta p = 0,3 \text{ kPa}$ );
- n° 1 tronchetto misuratore di portata  $\varnothing = 1\text{''}1/2$  ( $\Delta p = 4,5 \text{ kPa}$ );
- n° 2 giunti elastici;
- n° 2 imbocchi nei collettori;
- n° 2 sbocchi dai collettori;
- n° 1 valvola di iniezione a 3 vie  $\varnothing = \text{DN}15$  ( $\Delta p = 15 \text{ kPa}$ );
- perdita di carico in caldaia ( $\Delta p = 1 \text{ kPa}$ ).

Utilizzando le tabelle con i coefficienti di perdita (Z) e individuate su cataloghi dei costruttori le perdite di carico di componenti specifici, quali le valvole di regolazione e la caldaia, s'individua una prevalenza necessaria per la pompa di circolazione (P4) di 35 kPa.

Dal punto di vista del circuito idraulico é opportuno fare notare che, nel caso non si riuscisse ad ottenere per le due valvole di iniezione la stessa perdita di carico, si dovrebbe inserire sul circuito di minore perdite una valvola di bilanciamento.

### **Centrale frigorifera**

Per quanto riguarda la centrale frigorifera, la potenzialità frigorifera massima contemporanea dell'edificio risulta di 66,4 kW e si verifica alle ore 16.

Nella scelta del gruppo frigorifero sono comunque da tenere in considerazione i seguenti parametri:

- potenzialità richiesta
- temperatura acqua richiesta
- temperatura aria alle condizioni di progetto
- portata acqua all'impianto (da ciò deriva il  $\Delta t$  dell'impianto e di conseguenza il set-point del gruppo).

La scelta del gruppo refrigeratore d'acqua va pertanto effettuata sulla base di questo valore, tenendo presenti comunque anche le seguenti considerazioni:

- la potenza calcolata considera la contemporaneità dei carichi massimi elettrici di illuminazione e dovuti alle persone, caso questo che ben raramente avviene, a rigore si potrebbe pertanto ridurre la potenza in base a cui selezionare il gruppo refrigeratore;

- in antitesi al punto precedente va invece considerata la necessita' di disporre di una riserva di potenza per far fronte a situazioni particolari di carico esterno e/o di affollamento;
- in presenza di gruppi frigoriferi a più circuiti indipendenti, si privilegia a volte il fatto di poter avere a disposizione, in caso di manutenzione o di avaria di un circuito frigorifero del gruppo, una potenza frigorifera per fare fronte, almeno parzialmente, alle esigenze.

Ovviamente la scelta definitiva va operata dal progettista in accordo con il committente, una volta valutati costi e benefici dalle varie soluzioni.

Nel caso in esame si prevede l'installazione di un gruppo frigorifero AERMEC mod. NRA350L in grado di erogare, nelle condizioni di progetto, una potenza frigorifera di 76 kW.

Analizzando i dati di funzionamento di questo gruppo si vede che, alimentato con una portata di acqua di 16820 l/h, da luogo a una perdita di carico nell'evaporatore di circa 72 kPa.

Si deve poi tenere in considerazione la perdite di carico del circuito idrico che collega la centrale frigorifera con la copertura dell'edificio, ove é installato il gruppo. Detta perdita ammonta a circa 27 kPa dovuti a:

- m 40 di tubazioni di diametro 70/76 mm;
- n° 14 curve a 90 gradi;
- n° 2 raccordi di imbocco e sbocco;
- n° 2 giunti antivibranti  $\varnothing = 2''1/2$ ;
- n° 1 filtro a Y avente diametro  $\varnothing = 2''1/2$ ;
- n° 1 valvola di ritegno a disco di diametro  $\varnothing = 2''1/2$ ;
- n° 4 valvole a sfera di diametro  $\varnothing = 2''1/2$

La totale perdita del circuito risulta perciò di 99 kPa.

L'entità di questa perdita é tale che si rende necessario prevedere una pompa (P1), indipendente rispetto a quella (P2) del circuito ventilconvettori.

In tale modo nel funzionamento estivo le due pompe (P1) e (P2) funzioneranno in serie mentre nel funzionamento invernale si fermerà la pompa del gruppo frigorifero (P1) e funzioneranno in serie le pompe (P2) e (P4).

Per la definizione completa dei componenti della centrale termica e frigorifera é necessario dimensionare ora i vasi di espansione chiusi e la valvola di sicurezza.

### ***Vasi di espansione chiusi***

E' innanzi tutto necessario definire:

a) i contenuti d'acqua dell'impianto, sia per quanto attiene al funzionamento invernale che estivo; i singoli contenuti risultano:

- 1) 60 litri per la rete radiatori;
- 2) 1085 litri per la rete ventilconvettori;
- 3) 320 litri per il circuito primario caldo in centrale;
- 4) 25 litri per i radiatori;
- 5) 55 litri per i ventilconvettori;
- 6) 250 litri per la caldaia;
- 7) 195 litri per il circuito del gruppo refrigeratore d'acqua;
- 8) 6 litri del refrigeratore d'acqua.

La somma dei termini 1-2-3-4-5-6 fornisce il contenuto invernale d'acqua dell'impianto  
 $C_i = 1795$  litri.

La somma dei termini 2-5-7-8 fornisce il contenuto estivo d'acqua dell'impianto  $C_e = 1341$  litri.

- b) La pressione iniziale  $P_i$  assoluta dell'impianto, data dall'altezza idrostatica dello stesso in corrispondenza al punto di installazione del vaso di espansione, maggiorato di almeno 0,3÷0,5 bar per sicurezza.

Nel caso in esame, l'altezza idrostatica dell'impianto é, nel caso invernale di 7,0 m (ventilconvettori del piano primo installati a quota +5,00 e vaso di espansione in centrale termica a quota -2,00) mentre nel caso estivo é di 10 m (gruppo frigorifero in copertura a quota +8,00 e vaso di espansione in centrale alla quota -2,00).

- c) La pressione finale assoluta ( $P_f$ ) dell'impianto, coincidente con quella cui é tarata la valvola di sicurezza, dipendente dalla pressione massima di funzionamento dei terminali o della caldaia oltre che della pressione idrostatica; di solito questo valore é mantenuto nei limiti di 4-5 bar assoluti.
- d) Il coefficiente ( $E$ ) di espansione dell'acqua nel campo di temperature di funzionamento; a tale fine si può fare riferimento alla tabella 6.

Tab. 6 - Coefficiente ( $E$ ) di espansione dell'acqua

Temperatura massima dell'acqua °C

°C	20	30	40	50	60	70	80	90
E	0,001	0,005	0,009	0,013	0,018	0,023	0,029	0,035

Per il caso in esame si può adottare, per il funzionamento invernale il valore  $E = 0,035$  e per quello estivo il valore  $E = 0,005$ .

Si calcola la capacità ( $V$ ) dei vasi di espansione chiusi secondo la formula:

$$V = (C \times E) / (1 - P_i/P_f) \quad \text{risulta pertanto:}$$

$$V_i = (1795 \times 0,035) / (1 - 2/4,5) = 113 \text{ litri}$$

$$V_e = (1374 \times 0,005) / (1 - 2,2/4,5) = 13,47 \text{ litri}$$

La capacità dei vasi di espansione effettivamente installati dovrà eguagliare quella calcolata con una tolleranza del  $\pm 10\%$ .

Il calcolo del contenuto d'acqua del circuito estivo consente inoltre di valutare la necessità o meno di prevedere l'installazione di un serbatoio di accumulo, avente lo scopo di ridurre il numero di accensioni e spegnimenti del refrigeratore, assicurando così una temperatura media dell'acqua di alimentazione all'impianto più costante e salvaguardando i compressori dal danneggiamento.

Questa situazione si verifica particolarmente in impianti di medio-piccola estensione i cui circuiti idraulici sono estremamente ridotti. Per evitare comunque un numero orari elevato di spunti dei compressori, i costruttori di gruppi frigoriferi equipaggiano le macchine con temporizzatori di avviamento, che impediscono avviamenti ravvicinati, con frequenze superiori a 6 minuti.

Questo tempo é certamente sufficiente per l'equilibratura delle pressioni all'interno del circuito frigorifero e per evitare stress al motore elettrico del compressore, ma potrebbe essere eccessivamente lungo per le utenze che, in situazioni di carico vedrebbero aumentare la temperatura dell'acqua refrigerata di alimentazione.

L'accumulo ha pertanto anche una funzione di smorzamento di questo effetto a vantaggio del mantenimento delle regolari condizioni di funzionamento dell'intero impianto.

Uno dei criteri di verifica della adeguata capacità dell'impianto é quello che fissa un minimo di 20 litri di acqua per ogni kW di potenza frigorifera disponibile al gradino più basso di parzializzazione del gruppo refrigeratore d'acqua. Nel caso in esame il gruppo refrigeratore d'acqua é dotato di due compressori di

potenza unitaria 38,3 kW; il contenuto di acqua minimo richiesto per l'impianto è dunque di 766 litri a fronte di un valore calcolato di 1400 litri e non si rende perciò necessaria l'installazione del serbatoio di accumulo.

### **Valvola di sicurezza**

Per la scelta della valvola di sicurezza è necessario ricorrere ai cataloghi dei costruttori per selezionare un modello di diametro tale da scaricare, alla pressione relativa di intervento prevista di 3,5 bar, almeno la potenza termica prodotta in caldaia e cioè 90 kW

Nel caso in esame va installata una valvola di diametro nominale 1/2".

## **7. SISTEMA DI REGOLAZIONE DELL'IMPIANTO**

I sistemi di regolazione dovranno essere in grado di mantenere i parametri di funzionamento degli impianti nel campo di variazione delle tolleranze previste, al variare delle condizioni di carico termico e frigorifero.

Alcuni di questi sistemi di regolazione sono già installati a bordo delle apparecchiature come il generatore di calore ed il gruppo frigorifero per il controllo della temperatura dei fluidi primari termovettori.

La regolazione della temperatura ambiente come già detto sarà effettuata mediante termostato agente sull'attacco e stacco del ventilatore dei ventilconvettori.

Nei locali dotati di radiatori la temperatura invernale sarà controllata da valvole termostatiche installate su ciascun corpo scaldante.

La regolazione invernale della temperatura di mandata dell'acqua calda ai ventilconvettori, rilevata dalla sonda T3, sarà effettuata mediante la valvola a tre vie (V1) comandata, tramite il regolatore elettronico (RET1) ad azione proporzionale e dotato di compensazione in funzione della temperatura esterna.

Quest'ultima prerogativa si rende necessaria per evitare che si possa avere surriscaldamento dei locali a causa dell'effetto convettivo creato dal passaggio di acqua calda nella batteria anche a ventilatore fermo.

Questo effetto risulta particolarmente sensibile nelle mezze stagioni quando il carico termico in ambiente si riduce notevolmente.

E' perciò opportuno, in questa situazione diminuire proporzionalmente anche la temperatura di mandata dell'acqua ai ventilconvettori con una apposita compensazione, ad esempio la seguente:

T esterna	-5 °C	15 °C
T mandata	41 °C	30 °C

Per evitare agli utenti sensazioni di freddo specialmente nelle fasi di avviamento dell'impianto è buona norma prevedere sulla tubazione generale di alimentazione dell'acqua ai ventilconvettori una sonda limite di minima temperatura, che inibisce il funzionamento dei terminali al di sotto del valore imposto (normalmente 25 °C); tale sonda andrà disattivata nel funzionamento estivo.

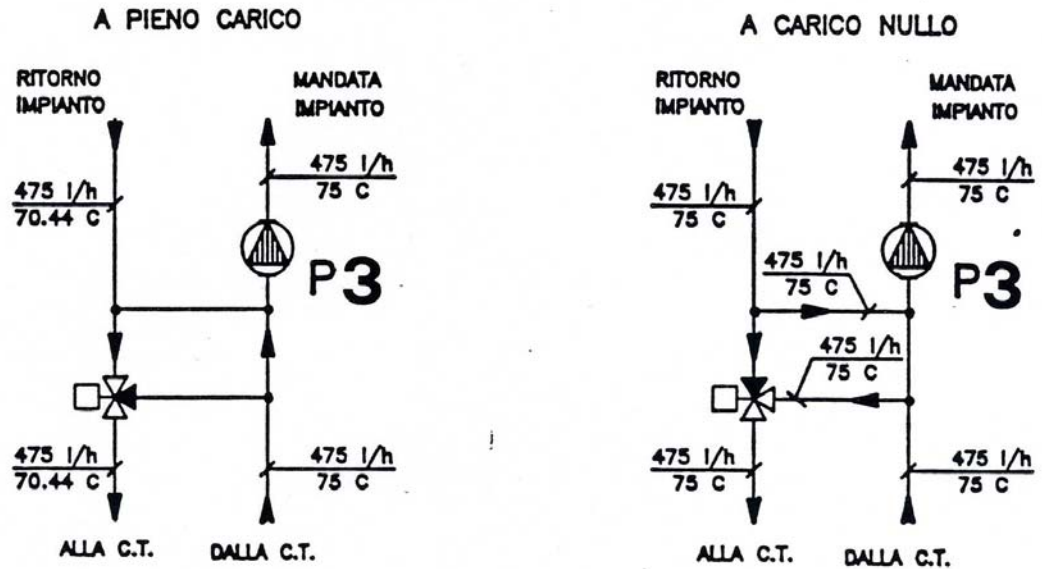
Analogamente si prevede la regolazione a punto fisso, con compensazione in funzione della temperatura esterna, per l'acqua del circuito radiatori, realizzata mediante l'impiego della sonda (T1) ad immersione, del regolatore elettronico (RET2) e della valvola (V2); in questo caso i valori di compensazione potranno essere i seguenti:

T esterna	-5 °C	15 °C
T mandata	75 °C	30 °C

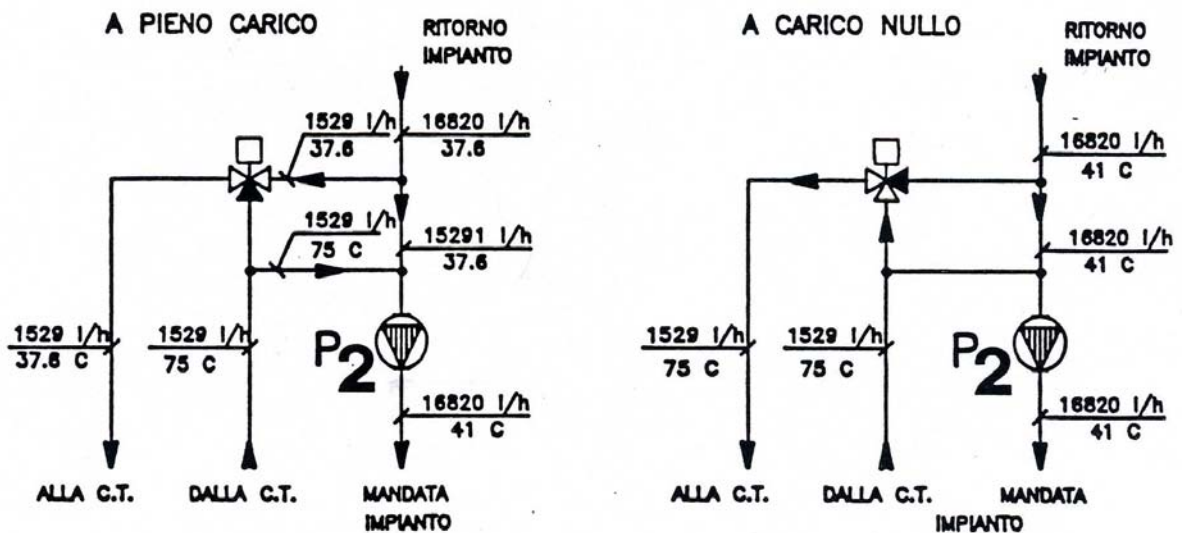


Figura 6  
Circuiti ad iniezione

SCHEMA DI PRINCIPIO CIRCUITO DI INIEZIONE  
RETE RADIATORI



SCHEMA DI PRINCIPIO CIRCUITO DI INIEZIONE  
RETE VENTILCONVETTORI



ALLEGATO 1

TRASMITTANZE DELLE STRUTTURE

Sigla della struttura n° 1: STR 101

Descrizione: parete verticale esterna  
 Parete verticale esterna con isolamento e barriera al vapore  
 Giacitura: VE struttura verticale rivolta verso l'esterno

	Materiali	Spessore (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Conduktività (kcal/hm°C)	Conduktività (W/m°C)	Conduktivanza (kcal/hm <sup>2</sup> °C)	Conduktivanza (W/m <sup>2</sup> °C)
1	INT17 Intonaco plastico	0,030	1400,00	0,260	0,302	8,667	10,077
2	MUR19 Mattoni medi (forati)	0,130	1800,00	0,420	0,488	3,231	3,757
3	ISO58 Stiferite	0,040	30,00	0,033	0,038	0,825	0,959
4	BVA9 Barriera vapore	0,002	1100,00	0,200	0,233	100,000	116,279
5	MUR19 Mattoni medi (forati)	0,130	1800,00	0,420	0,488	3,231	3,757
6	INT6 Int. Calce-sabbia (int.)	0,020	1800,00	0,600	0,698	30,000	34,884

Spessore della struttura	(m)	: 0.352
Peso per m <sup>2</sup> della struttura	(kg/m <sup>2</sup> )	: 549
Coefficiente di assorbimento est.		: 0.5
Coefficiente liminare esterno	(W/m <sup>2</sup> °C)	: 23.255
Coefficiente liminare interno	(W/m <sup>2</sup> °C)	: 8.139
Resistenza unitaria struttura R	(m <sup>2</sup> °C/W)	: 1.711
Trasmittanza totale K	(W/m°C)	: 0.532

Sigla della struttura n° 2: STR 102

Descrizione: parete verticale esterna  
 Parete verticale esterna con isolamento e barriera al vapore  
 Giacitura: VE struttura verticale rivolta verso l'esterno

	Materiali	Spessore (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Conduktività (kcal/hm°C)	Conduktività (W/m°C)	Conduktivanza (kcal/hm <sup>2</sup> °C)	Conduktivanza (W/m <sup>2</sup> °C)
1	INT17 Intonaco plastico	0,020	1400,00	0,260	0,302	13,000	15,116
2	CLS1 Calcestruzzo armato	0,300	2400,00	1,300	1,512	4,333	5,039
3	ISO58 Stiferite	0,010	30,00	0,033	0,038	3,300	3,837
4	BVA9 Barriera vapore	0,002	1100,00	0,200	0,233	100,000	116,279
5	INT6 Int. Calce-sabbia (int.)	0,020	1800,00	0,600	0,698	30,000	34,884

Spessore della struttura	(m)	: 0.352
Peso per m2 della struttura	(kg/m <sup>2</sup> )	: 787
Coefficiente di assorbimento est.		: 0.5
Coefficiente liminare esterno	(W/m <sup>2</sup> °C)	: 23.255
Coefficiente liminare interno	(W/m <sup>2</sup> °C)	: 8.139
Resistenza unitaria struttura R	(m <sup>2</sup> °C/W)	: 0.562
Trasmittanza totale K	(W/m°C)	: 1.373

Sigla della struttura n° 3: PAV 100

Descrizione: pavimento  
Pavimento con flusso discendente  
Giacitura: PE pavimento rivolto verso l'esterno

	Materiali	Spessore (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Conduttività (kcal/hm°C)	Conduttività (W/m°C)	Conduttanza (kcal/hm <sup>2</sup> °C)	Conduttanza (W/m <sup>2</sup> °C)
1	INT6 Int. Calce-sabbia (int.)	0,020	1800,00	0,600	0,698	30,000	34,884
2	SOL3 Soletta in laterizio	0,280	1800,00	0,710	0,826	2,536	2,948
3	CLS1 Calcestruzzo armato	0,400	2400,00	1,300	1,512	32,500	37,791
4	CLS30 CLS di argilla espansa	0,100	1300,00	1,120	1,302	11,200	13,023
5	SOT1 Sottofondo sabbia-cemento	0,030	2200,00	1,200	1,395	40,000	46,512
6	PAV2 Piastrelle in cotto	0,010	1800,00	0,800	0,930	80,000	93,023

Spessore della struttura (m) : 0.48  
 Peso per m2 della struttura (kg/m<sup>2</sup>) : 850  
 Coefficiente di assorbimento est. : 0.7  
 Coefficiente liminare esterno (W/m<sup>2</sup>°C) : 16.279  
 Coefficiente liminare interno (W/m<sup>2</sup>°C) : 5.813  
 Resistenza unitaria struttura R (m<sup>2</sup>°C/W) : 0.503  
 Trasmissione totale K (W/m°C) : 1.357

Sigla della struttura n° 4: FIN 2

Descrizione: finestra esterna  
Finestra esterna con retrocamera e telaio in legno  
Giacitura: VE struttura verticale rivolta verso l'esterno

	Materiali	Spessore (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Conduttività (kcal/hm°C)	Conduttività (W/m°C)	Conduttanza (kcal/hm <sup>2</sup> °C)	Conduttanza (W/m <sup>2</sup> °C)
1	VET1 Vetro monolitico	0,003	2500,00	0,800	0,930	266,660	310,070
2	INA6 Intercapedine aria V. 20mm	0,020	1,200	0,110	0,128	5,500	6,395
3	VET1 Vetro monolitico	0,003	2500,00	0,800	0,930	266,660	310,070

Spessore della struttura (m) : 0.026  
 Peso per m2 della struttura (kg/m<sup>2</sup>) : 15  
 Coefficiente di assorbimento est. : 0.5  
 Coefficiente liminare esterno (W/m<sup>2</sup>°C) : 23.255  
 Coefficiente liminare interno (W/m<sup>2</sup>°C) : 8.139  
 Resistenza unitaria struttura R (m<sup>2</sup>°C/W) : 0.162  
 Trasmissione totale K (W/m°C) : 3.042

Sigla della struttura n° 5 SOL 100

Descrizione: solaio interno  
Solaio interno isolato con barriera al vapore  
Giacitura: SI solaio rivolto verso un locale interno

	Materiali	Spessore (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Conduktività (kcal/hm°C)	Conduktività (W/m°C)	Conduktivanza (kcal/hm <sup>2</sup> °C)	Conduktivanza (W/m <sup>2</sup> °C)
1	ISO58 Stiferite	0.040	30,00	0.033	0.038	0.825	0.959
2	BVA10 Barriera al vapore	0.005	1200.00	0.200	0.233	40.000	46.512
3	CLS1 Calcestruzzo armato	0.040	2400.00	1.300	1.512	32.500	37.791
4	SOL3 Soletta in laterizio	0.240	1800.00	0.710	0.826	2.958	3.440
5	INT6 Int. Calce-sabbia (int.)	0,020	1800,00	0,600	0,698	30,000	34,884

Spessore della struttura	(m)	: 0.345
Peso per m <sup>2</sup> della struttura	(kg/m <sup>2</sup> )	: 571
Coefficiente di assorbimento est.		: 0.5
Coefficiente liminare esterno	(W/m <sup>2</sup> °C)	: 9.302
Coefficiente liminare interno	(W/m <sup>2</sup> °C)	: 9.302
Resistenza unitaria struttura R	(m <sup>2</sup> °C/W)	: 1.409
Trasmittanza totale K	(W/m°C)	: 0.615

Sigla della struttura n° 6 SOL 101

Descrizione: solaio esterno  
Solaio esterno con isolatamento e con barriera al vapore  
Giacitura: SE solaio rivolto verso l'esterno

	Materiali	Spessore (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Conduktività (kcal/hm°C)	Conduktività (W/m°C)	Conduktivanza (kcal/hm <sup>2</sup> °C)	Conduktivanza (W/m <sup>2</sup> °C)
1	ISO58 Stiferite	0.040	30,00	0.033	0.038	0.825	0.959
2	SOL1 Soletta in lutezio	0.160	1100.00	0.460	0.535	2.875	3.343
3	BVA9 Barriera al vapore	0.002	1100.00	0.200	0.233	100.000	116.279
4	ISO23 Polistirolo espanso	0.040	25.00	0.030	0.035	0.750	0.872

Spessore della struttura	(m)	: 0.242
Peso per m <sup>2</sup> della struttura	(kg/m <sup>2</sup> )	: 180
Coefficiente di assorbimento est.		: 0.5
Coefficiente liminare esterno	(W/m <sup>2</sup> °C)	: 23.255
Coefficiente liminare interno	(W/m <sup>2</sup> °C)	: 9.302
Resistenza unitaria struttura R	(m <sup>2</sup> °C/W)	: 2.496
Trasmittanza totale K	(W/m°C)	: 0.377

Sigla della struttura n° 7 FIN 4

Descrizione: porta in legno  
Porta esterna in legno

Giacitura: VE struttura verticale rivolta verso l'esterno

	Materiali	Spessore (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Conduttività (kcal/hm°C)	Conduttività (W/m°C)	Conduttanza (kcal/hm <sup>2</sup> °C)	Conduttanza (W/m <sup>2</sup> °C)
1	LEG4 Legno di pino	0.050	545.00	0.130	0.151	2.600	3.023

Spessore della struttura	(m)	: 0.05
Peso per m2 della struttura	(kg/m <sup>2</sup> )	: 27
Coefficiente di assorbimento est.		: 0.7
Coefficiente liminare esterno	(W/m <sup>2</sup> °C)	: 23.255
Coefficiente liminare interno	(W/m <sup>2</sup> °C)	: 8.139
Resistenza unitaria struttura R	(m <sup>2</sup> °C/W)	: 0.330
Trasmittanza totale K	(W/m°C)	: 2.013

Sigla della struttura n° 8 FIN 10

Descrizione: finestra in vetrocemento  
Finestra esterna in vetrocemento

Giacitura: VE struttura verticale rivolta verso l'esterno

	Materiali	Spessore (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Conduttività (kcal/hm°C)	Conduttività (W/m°C)	Conduttanza (kcal/hm <sup>2</sup> °C)	Conduttanza (W/m <sup>2</sup> °C)
1	VET8 Vetrocemento	0.150	1000.00	0.390	0.453	2.600	3.023

Spessore della struttura	(m)	: 0.15
Peso per m2 della struttura	(kg/m <sup>2</sup> )	: 150
Coefficiente di assorbimento est.		: 0.5
Coefficiente liminare esterno	(W/m <sup>2</sup> °C)	: 23.255
Coefficiente liminare interno	(W/m <sup>2</sup> °C)	: 8.139
Resistenza unitaria struttura R	(m <sup>2</sup> °C/W)	: 0.330
Trasmittanza totale K	(W/m°C)	: 2.013

ALLEGATO 2

TABULATI DI CALCOLO

## DATI DI PROGETTO

### Dati generali

Sigla identificazione progetto : L02  
Descrizione progetto : Palazzo municipale  
Ubicazione progetto : Provincia di Padova  
Committente : Ente comunale  
Progettista edile :  
Consulente termotecnico :  
Impresa costruttrice :  
Installatore impianti :  
Data di progetto : 31/01/1992  
Data ultima revisione : 07/10/2004

Classe edificio : E.2 E.4(1)  
Ubicazione edificio : Ponte S. Nicolò  
Altezza sul livello del mare (m) : 12  
Gradi giorno (°Cgg) : 2383  
Zona climatica : E

### Dati geoclimatici

Località climatica di riferimento : Padova  
Temperatura di progetto invernale (°C) : -5  
Conduttività termica del terreno (W/m°C) : 2.90  
Temperatura acqua di fonda (°C) : 12  
Durata periodo di riscaldamento (gg) : 180  
Temperatura media del mese più freddo (°C) : 1.5  
Velocità del vento (m/s) : 1.5

Situazione ambientale : edificio in piccolo agglomerato  
Correzione della temperatura esterna (°C) : -1.0

Altezza s.l.m. località riferimento (m) : 12  
Differenza di quota (m) : 0  
Correz. temperatura est. per diff. quota (°C) : 0

Temperatura esterna di progetto proposta (°C) : -6.0  
Temperatura esterna di progetto adottata (°C) : -5.0



## Riepilogo delle dispersioni

N° loc.	Q conduz. W	N° ric.	V/h	Q Ventilaz. W	Q totale W	Superficie m2	Vol. netto m3
1	4494		0,5	1172	5666	173,0	268,8
2	721		0,5	230	951	26,4	52,8
3	704		0,5	227	931	24,5	52,1
4	1486		0,5	641	2127	51,8	147,1
5	4646		0,5	1165	5811	158,8	267,1
6	169		0,5	48	217	5,0	11,1
7	135		0,5	86	221	5,8	19,7
8	32		0,5	20	52	1,4	4,6
9	32		0,5	20	52	1,4	4,6
10	1242		0,5	608	1850	54,3	139,5
11	1737		0,5	778	2516	68,1	178,5
12	1242		0,5	608	1850	54,3	139,5
13	300		0,5	134	434	10,7	30,7
14	24		0,5	15	39	1,0	3,5
15	24		0,5	15	39	1,0	3,5
16	24		0,5	15	39	1,0	3,5
17	1572		0,5	441	2013	50,8	101,2
18	862		0,5	261	1123	28,7	59,8
19	1905		0,5	310	2215	52,0	71,1
20	430		0,5	147	576	14,7	33,7
21	570		0,5	365	935	24,4	83,7
22	1614		0,5	261	1875	44,1	59,8
23	89		0,5	56	145	3,8	12,9
24	165		0,5	54	219	8,4	12,4
25	869		0,5	273	1142	29,8	62,6
26	1364		0,5	374	1738	42,9	85,7
27	1306		0,5	463	1770	51,1	106,3
28	1621		0,5	420	2041	73,5	96,3
29	2706		0,5	918	3624	111,3	210,5
30	263		0,5	96	359	15,8	22,0
31	1206		0,5	581	1787	50,8	133,3
32	3956		0,5	1062	5018	151,7	243,6
33	137		0,5	44	181	4,8	10,1
34	226		0,5	78	304	5,8	17,9
35	53		0,5	18	72	1,4	4,2
36	53		0,5	18	72	1,4	4,2
37	944		0,5	554	1498	48,5	127,1
38	1229		0,5	473	1702	35,0	108,5
39	944		0,5	292	1236	35,9	67,0
40	943		0,5	554	1493	48,5	127,1
41	226		0,5	122	348	10,6	28,0
42	40		0,5	14	54	1,0	3,2
43	40		0,5	14	54	1,0	3,2
44	40		0,5	14	54	1,0	3,2
45	3892		0,5	1062	4954	151,7	243,6
46	1232		0,5	581	1814	50,8	133,6
47	1693		0,5	420	2113	73,5	96,2
48	559		0,5	154	712	20,7	35,0
49	2131		0,5	685	2816	83,1	157,1
50	262		0,5	96	359	15,8	22,0
Totale	52154			17057	69211	1982,8	3912,7

N° progressivo locale : 001  
 N° locale di riferimento : 001  
 Descrizione del locale : ufficio ai servizi sociali  
 Piano di appartenenza : T Categoria di destinazione d'uso : E.2 Zona di appartenenza : 1  
 Impianto di riscaldamento : 1 Impianto di ventilazione meccanica :  
 Area della superficie (m<sup>2</sup>) : 79.055 Altezza del locale (m) : 3.4 Vol. netto locale (m<sup>3</sup>) : 268.787

Temperatura interna locale (°C) : 20  
 N° ricambi orari d'aria naturali (vol/h) : 0.5 N° ricambi orari d'aria forzati (vol/h) :

**Dispersioni (W) del locale ripartite per struttura disperdente**

Struttura	K (W/m <sup>2</sup> °C)	Sup. m <sup>2</sup>	Q trasm.			Totale W
			Esterno W	Loc. n.r. W	Loc. adiac. W	
STR101	0,533	80,8	1131	0	0	1131
PAV100	1,357	79,1	0	1610	0	1610
FIN2	3,043	13,2	1004	0	0	1004
<b>Totale</b>		<b>173,0</b>	<b>2135</b>	<b>1610</b>	<b>0</b>	<b>3745</b>

Area della superficie disperdente:	esterno		altri locali		Totale
	Esterno	Loc. non risc.			
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
	94.0	79.1	0.0	173.0	

Potenza totale dispersa	conduzione	ventilazione	recupero	totale
	W	W	W	W
	4493.7	1172.0	0.0	5665.8

Potenza totale max. disperdibile per legge (W) : 6460.34

Rapporto Area sup. int. Verso est./Vol netto del locale : 0.634  
 CD max ammesso dalla legge per il locale (W/m<sup>3</sup>°C) : 0.961  
 CD effettivi del locale (W/m<sup>3</sup>°C) : 0.668

#### Fabbisogno di calore totale dell'edificio

Margine di sicurezza	(%)	: 0
Dispersioni totali per conduzione	(W)	: 52154.26
Dispersioni prt ventilazione	(W)	: 17057.30
Calore recuperato	(W)	: 0
Dispersioni per ventil. Con recup.	(W)	: 17057.30

#### Valori calcolati dei coefficienti volumici

Cd	(W/hm <sup>3</sup> °C)	: 0.312
Cv	(W/hm <sup>3</sup> °C)	: 0.102
Cg	(W/hm <sup>3</sup> °C)	: 0.414

#### Valori massimi ammissibili dei coefficienti volumici

Cd max	(W/hm <sup>3</sup> °C)	: 0.437
Cv max	(W/hm <sup>3</sup> °C)	: 0.102
Cg max	(W/hm <sup>3</sup> °C)	: 0.539

Verifica dell'edificio : positiva

Potenza termica di ventilazione	(W)	: 17057.30
Potenza complessiva calcolata	(W)	: 69111.56
Potenza massima ammessa	(W)	: 90060.95

## DATI DI PROGETTO

### Dati generali

Edificio : palazzo municipale  
Ubicazione : provincia di Padova

Committente : Ente comunale  
Progettista edile :  
Progettista termotecnico :  
Impresa costruttrice :  
Installatore impianti :

Data del progetto : 31/01/1992  
Data ultima revisione : 07/10/1993

### Caratteristiche geografiche del luogo di edificazione

Località : Ponte San Nicolò  
Altezza s.l.m. (m) : 12  
Località climatica di riferimento : Padova

### Dati caratteristici fisici e geoclimatici della località effettiva

Temperatura b.s. esterna (ore 15) (°C) : 34  
Temperatura b.u. esterna (ore 15) (°C) : 24  
Latitudine (°) : 45  
Escursione termica giornaliera (°C) : 11  
Escursione termica annua (°C) : 39  
Velocità del vento (m/s) : 1.5

### Temperature ed umidità esterne

Ora	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
T °C b.s.	26.1	27.3	28.5	29.8	31.0	32.3	33.5	34.0	33.5	33.0	32.5	31.4
T °C b.u.	22.0	22.3	22.5	23.0	23.5	23.8	24.0	24.0	24.0	23.8	23.5	23.3
U.R.%	70.3	64.9	60.0	56.6	53.6	49.4	45.7	43.8	45.7	46.4	47.2	50.5

### Condizioni di progetto

Ore di funzionamento dell'impianto : 12  
Mese di riferimento del progetto : 7 (luglio)

Riepilogo rientrate estive

N° loc.	Vol. netto m3	Ora max. carico	Q sens. (W)	Q lat. (W)	Q tot. (W)	R = Qs/Qt
1	268,8	14	3552	1075	4627	0,768
2	52,8	14	1460	173	1643	0,889
3	52,1	15	2705	502	3208	0,843
4	147,1	9	2343	601	2945	0,796
5	267,1	15	2300	838	3138	0,733
6	11,1	8	0	0	0	
7	19,7	8	0	0	0	
8	4,6	8	0	0	0	
9	4,6	8	0	0	0	
10	139,5	14	1352	675	2026	0,667
11	178,5	9	2768	579	3346	0,827
12	139,5	14	1351	675	2026	0,667
13	30,7	8	0	0	0	
14	3,5	8	0	0	0	
15	3,5	8	0	0	0	
16	3,5	8	0	0	0	
17	101,2	8	1962	521	2484	0,790
18	59,8	8	1337	441	1779	0,752
19	71,1	9	1692	412	2104	0,804
20	33,7	15	647	387	1034	0,626
21	83,7	14	579	486	1065	0,544
22	59,8	16	2064	441	2504	0,824
23	12,9	8	0	0	0	
24	12,4	8	0	0	0	
25	62,6	17	1144	325	1469	0,779
26	85,7	17	2102	368	2470	0,851
27	106,3	15	1370	334	1704	0,804
28	96,3	14	1402	185	1586	0,884
29	210,5	14	2882	893	3775	0,763
30	22,0	19	176	40	215	0,819
31	133,3	9	2612	576	3188	0,819
32	243,6	17	1983	1008	2991	0,663
33	10,1	8	0	0	0	
34	17,9	8	0	0	0	
35	4,2	8	0	0	0	
36	4,2	8	0	0	0	
37	127,1	17	1033	642	1674	0,617
38	108,5	18	2941	332	3273	0,899
39	67,0	8	1175	339	1514	0,776
40	127,1	17	1158	642	1799	0,644
41	28,0	8	0	0	0	
42	3,2	8	0	0	0	
43	3,2	8	0	0	0	
44	3,2	8	0	0	0	
45	243,6	8	3751	1285	5032	0,745
46	133,6	16	1220	396	1616	0,755
47	96,2	17	1411	178	1589	0,888
48	35,0	17	1208	134	1343	0,899
49	157,1	17	2422	372	2794	0,867
50	22,0	19	176	40	215	0,819
Totale	3912,7		56278	15895	72176	0,780

N° progressivo locale : 1

N° locale di riferimento : 1  
Descrizione locale : ufficio ai servizi sociali  
Piano di appartenenza : terra  
Zona di utilizzazione : 1  
Superficie in pianta del locale (m<sup>2</sup>) : 79.055  
Altezza del locale (m) : 3.4  
Superficie disperdente totale (m<sup>2</sup>) : 93.96  
Peso del pavimento (kg/(m<sup>2</sup>)) : 450  
Volume netto del locale (m<sup>3</sup>) : 268.8

#### Dati termoigrometrici di progetto

Temperatura estiva interna del locale (°C) : 26  
Umidità relativa interna del locale (%) : 50  
N° di ricambi orari d'aria (vol/h) : 0.5

#### Carichi interni

N° di persone mediamente presenti : 8  
Grado di attività(1 – 11) : 4

Carichi interni	sensibili		latenti	
	frig/h	W	frig/h	W
Carico dovuto alle persone	440	512	480	558
Riscaldamento elettrico	0	0		
Illuminazione ad incandescenza	0	0		
Illuminazione a fluorescenza	860	1000		
Presenza di motori elettrici	0	0		
Altri carichi sensibili	0	0		
Altri carichi latenti	0	0		
Carichi interni totali	1300	1512	480	558

N° progressivo del locale: 1

Rientrate di calore alle varie ore del giorno

Ora	Q trasm.		Q irragg.		Q infiltrazione		Altri carichi		Q totale		Totale
	W		W		Sens.	Lat.	Sens.	Lat.	Sens.	Lat.	
	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	
8	-124	784	-80	520	1512	558	2091	1078	3169		
9	-77	1058	-30	504	1512	558	2463	1062	3525		
10	-28	1316	21	492	1512	558	2820	1050	3870		
11	42	1496	74	517	1512	558	3124	1075	4199		
12	115	1604	127	542	1512	558	3358	1100	4458		
13	218	1590	180	531	1512	558	3500	1089	4589		
14	316	1491	233	516	1512	558	3552	1075	4627		
15	379	1265	254	493	1512	558	3410	1051	4461		
16	375	957	233	516	1512	558	3077	1075	4152		
17	388	585	212	497	1512	558	2696	1055	3751		
18	368	394	191	477	1512	558	2464	1035	3499		
19	299	0	144	486	1512	558	1955	1044	2999		

Rientrate di calore alle varie ore del giorno suddivise in calore sensibile e latente

Ora	Q tot.	Q tot.	Q sens.	Q sens.	Q lat.	Q lat.	R=Qs/Qt
	(frig/h)	W	(frig/h)	W	(frig/h)	W	
8	2726	3169	1798	2091	927	1078	0,660
9	3032	3525	2118	2463	914	1062	0,699
10	3329	3870	2425	2820	903	1050	0,729
11	3611	4198	2686	3124	924	1075	0,744
12	3834	4458	2888	3358	946	1100	0,753
13	3946	4589	3010	3500	936	1089	0,763
14	3979	4627	3055	3552	924	1075	0,768
15	3839	4461	2933	3410	904	1051	0,764
16	3570	4151	2646	3077	924	1075	0,741
17	3226	3751	2319	2696	907	1055	0,719
18	3009	3499	2119	2464	890	1035	0,704
19	2579	2999	1681	1955	898	1044	0,652

Riepilogo della condizioni di massimo carico

Ora di massimo carico		: 14
Rientrate di calore max. per trasmissione	(W)	: 316
Rientrate di calore max per irraggiamento	(W)	: 1491
Rientrate di calore max per ventilazione	(W)	: 749
Carichi interni	(W)	: 2070
Rientrate di calore totali	(W)	: 4627

Rientrate di calore complessive dell'edificio alle varie ore del giorno,  
suddivise in calore sensibile e latente

Ora	Q tot. (frig/h)	Q tot. W	Q sens. (frig/h)	Q sens. W	Q lat. (frig/h)	Q lat. W	R=Qs/Qt
8	49812	57921	35963	41818	13849	16103	0,721
9	50988	59289	37329	43406	13659	15883	0,732
10	51323	59678	37808	43963	13515	15715	0,736
11	51738	60161	37931	44106	13807	16055	0,733
12	52350	60872	38236	44461	14113	16411	0,730
13	53723	62469	39746	46216	13977	16253	0,739
14	55596	64647	41790	48593	13806	16053	0,751
15	56876	66135	43354	50412	13522	15723	0,762
16	57081	66373	43275	50320	13806	16053	0,758
17	55913	65015	42342	49235	13571	15780	0,757
18	54430	63290	41098	47789	13331	15502	0,755
19	42511	49431	29071	33803	13441	15629	0,683

Dati relativi al carico massimo contemporaneo

Ora di massimo carico complessivo	: 14
Potenza sensibile richiesta	: 316
Potenza latente richiesta	: 1491
Potenza totale richiesta	: 749
Rapporto Qs/Qt	: 0.758



LEGENDA SIMBOLI

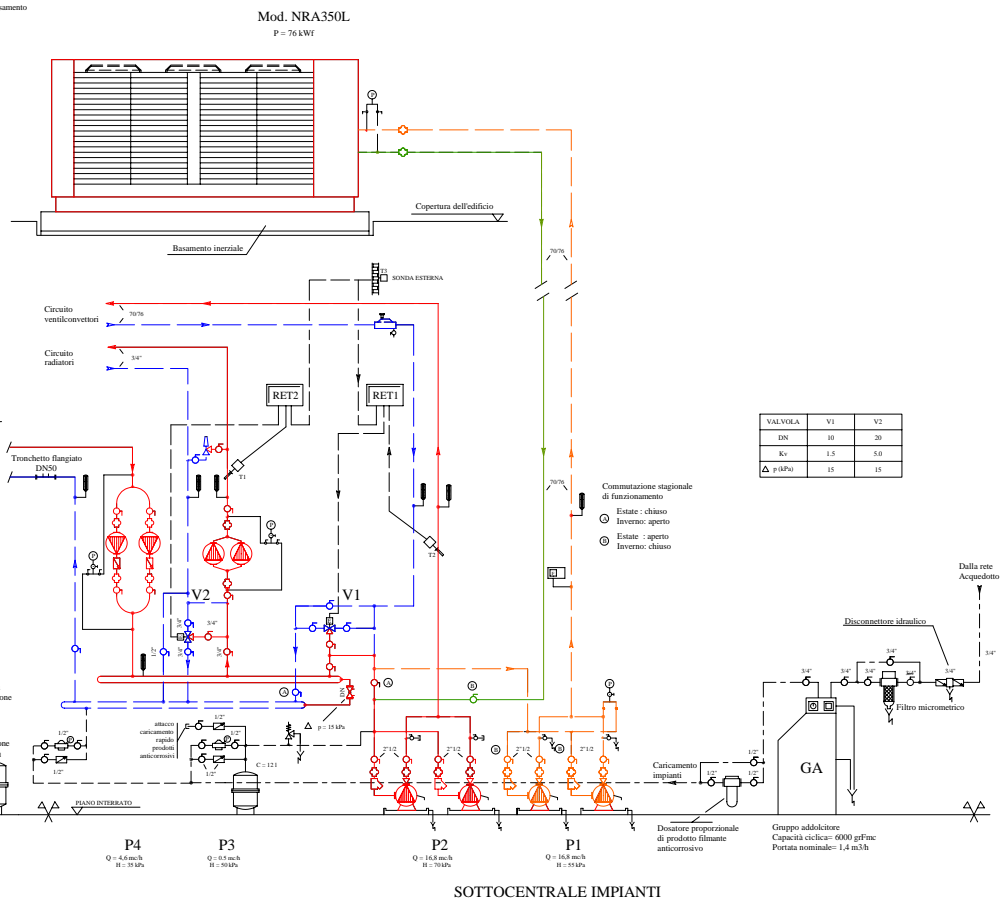
- Valvola di regolazione a due vie
- Valvola di regolazione a tre vie
- Valvola di taratura con attacchi picrometrici
- Valvola di ritorno a battente
- Valvola di ritorno a disco
- Valvola di intercettazione a sfera
- Giunto antivibrante
- Rubinetto a sfera di scarico con porta-gomma
- Valvola intercettazione combustibile
- Riduttore/stabilizzatore di pressione
- Manometro antivibrante
- Filtro per gas
- Controllo tenuta valvole
- Valvola di sicurezza
- Gruppo di caricamento
- Valvola differenziale di by-pass
- Termometro a colonna
- Manometro a quadrante con riciclo
- Manometro a quadrante per misure differenziali
- Termostato di regolazione
- Pressostato
- Flusostato
- Modulo di regolazione
- Sonda
- Pozzetto per organi di controllo
- Termometro a quadrante
- Elettropompa a tubazione
- Elettropompa a basamento
- Filtro a Y

X: H: IDENTIFICALTA  
 Y: F: IDENTIFICAZIONE  
 Z: F: IDENTIFICAZIONE  
 A: C: IDENTIFICAZIONE

**AERMEC**

ESEMPI DI CALCOLO IMPIANTISTICO

Esmpio:	Domestico
<b>E1</b>	Impianto a ventilconvettori per uffici
Tavola	<b>T0</b>
	<b>Rete tubazioni Schema funzionale</b>
Consulenza impiantistica:	Servizio Tecnico Commerciale - Aermec sede
<b>E1 T0</b>	<b>10/09/2004</b>
<small>A norma di legge il presente elaborato non può essere riprodotto o comunicato a terzi senza permesso e preventiva autorizzazione del titolare del progetto.</small>	



VALVOLA	V1	V2
DN	10	20
Kv	1.5	5.0
Δ p (kPa)	15	15

Commutazione stagionale di funzionamento  
 ☉ Estate : chiuso  
 ☉ Inverno: aperto  
 ☉ Estate : aperto  
 ☉ Inverno: chiuso

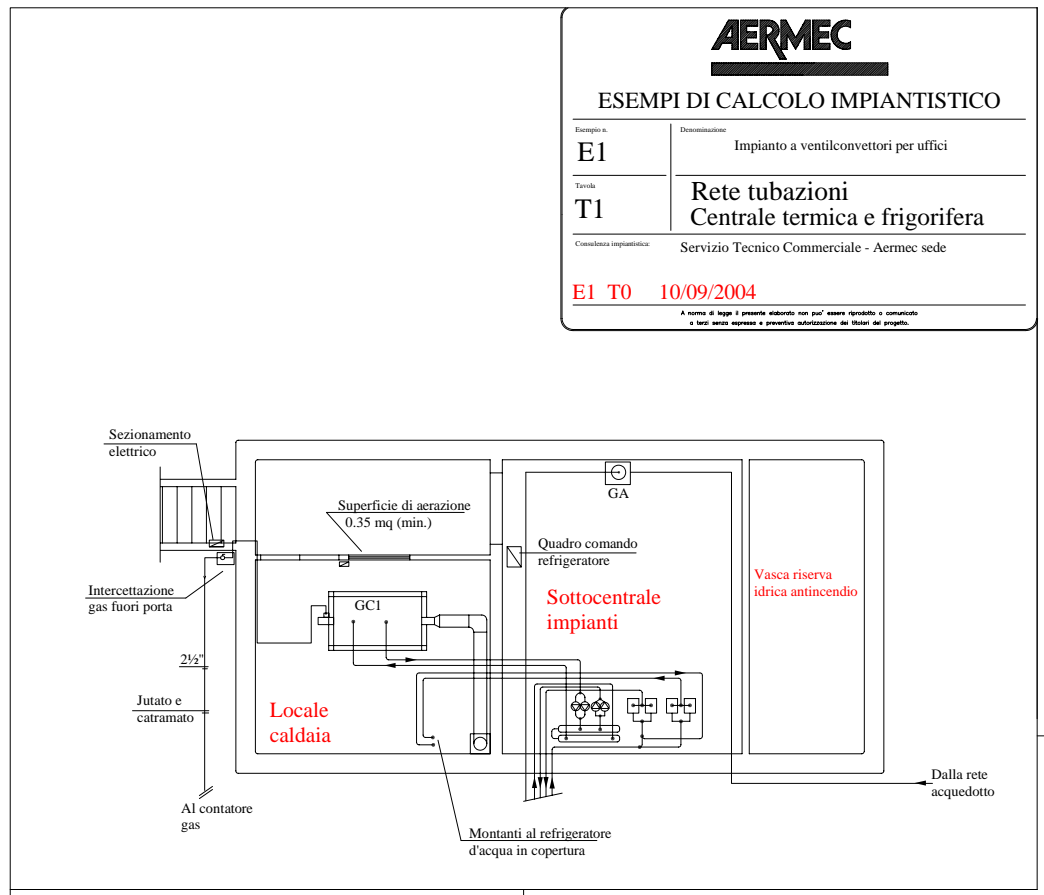
LOCALE CALDAIA

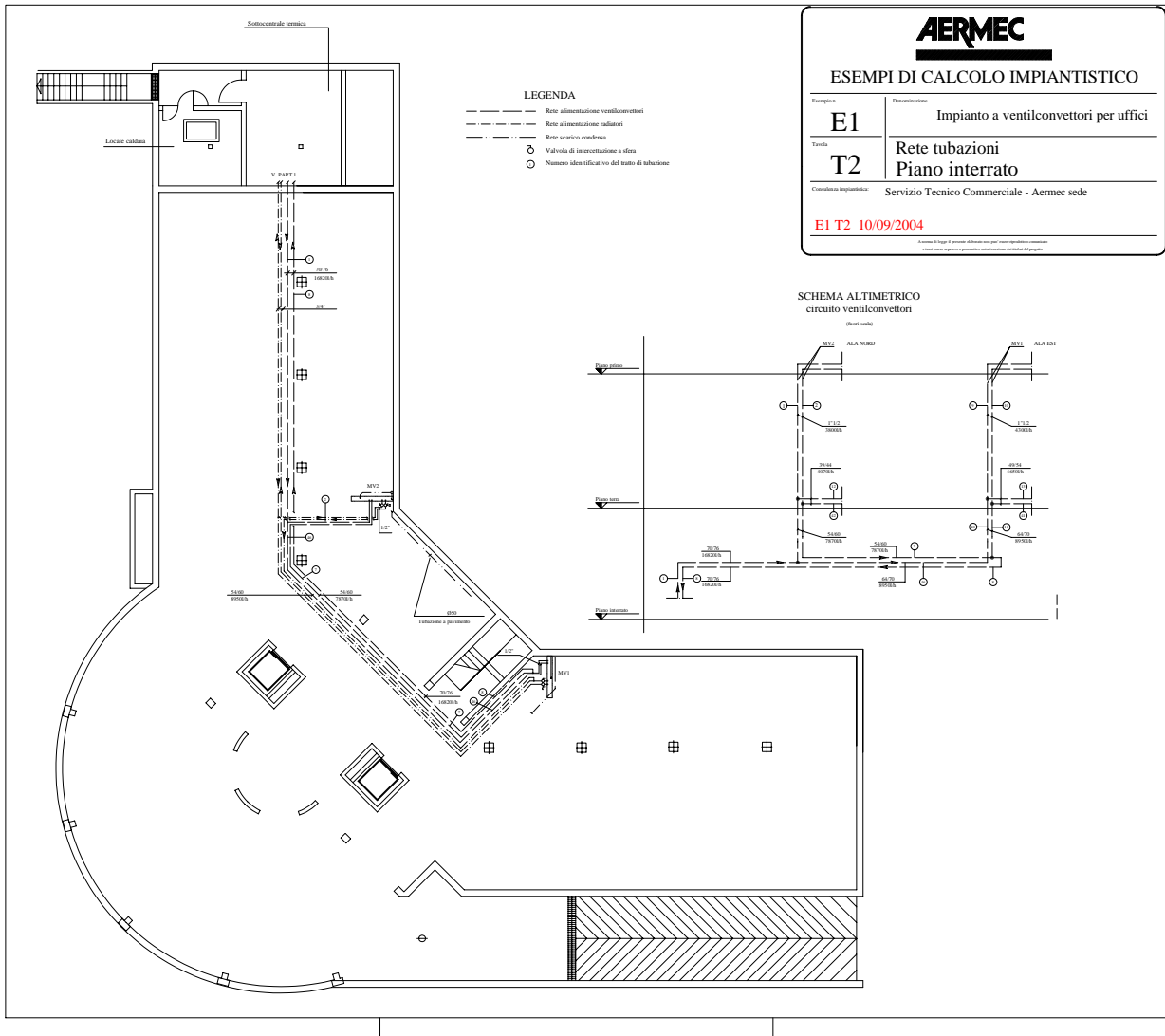
SOTTOCENTRALE IMPIANTI

# AERMEC

## ESEMPI DI CALCOLO IMPIANTISTICO

Esmpio n. <b>E1</b>	Denominazione Impianto a ventilconvettori per uffici
Tavola <b>T1</b>	<b>Rete tubazioni Centrale termica e frigorifera</b>
Consuetudine impiantistica:	Servizio Tecnico Commerciale - Aermec sede
<b>E1 TO 10/09/2004</b>	
<small>A norma di legge il presente elaborato non può essere riprodotto o comunicato a terzi senza espresse e preventive autorizzazioni del titolare del progetto.</small>	





**AERMEC**

**ESEMPI DI CALCOLO IMPIANTISTICO**

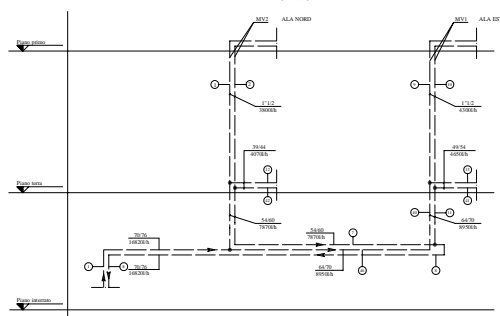
Esempio n.	Descrizione
<b>E1</b>	Impianto a ventilconvettori
Tavola	Rete tubazioni Piano interrato
Consultato in ingegneria:	Servizio Tecnico Commerciale - Aermecc sede

**E1 T2 10/09/2004**

Autore di tutti i diritti. È vietata espressamente la ristampa o l'uso non autorizzato senza permesso scritto dalla Aermecc.

- LEGENDA**
- Rete alimentazione ventilconvettori
  - Rete alimentazione radiatori
  - Rete scarico condensa
  - Valvola di intercettazione a sfera
  - Numero identificativo del tipo di situazione

**SCHEMA ALTIMETRICO**  
circuiti ventilconvettori



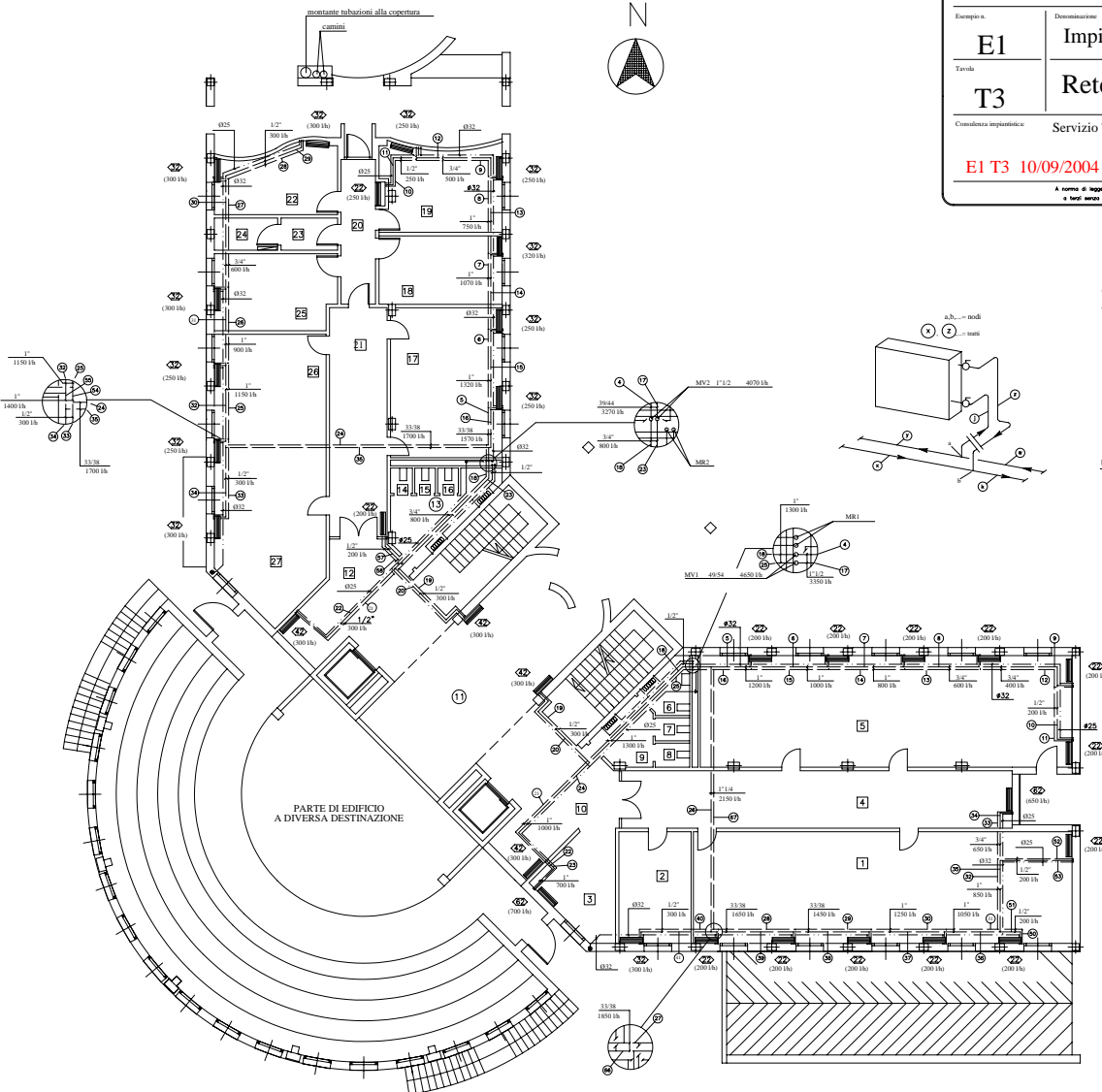


## ESEMPI DI CALCOLO IMPIANTISTICO

Esempio n.	Denominazione:
<b>E1</b>	Impianto a ventilconvettori per uffici
Tavola	Rete tubazioni piano terra
Consulenza impiantistica:	Servizio Tecnico Commerciale - Aermec sede

**E1 T3 10/09/2004**

A norma di legge il presente elaborato non può essere riprodotto o comunicato a terzi senza permesso e preventivo autorizzazione del titolare del progetto.



### LEGENDA

- Rete alimentazione ventilconvetori
- - - Rete alimentazione radiatori
- Rete scarico condensa
- ⊕ (V) Ventilconvettore (V identificativo del modello)
- ⊕ (R) Radiatore (RYY WXXX potenza termica secondo UNI 6514-99)
- 5 numero identificativo del locale
- ⓪ numero identificativo del tratto di tubazione

- NOTE:**
- Tutti i ventilconvetori sono dotati di regolazione con termostato agente sul ventilatore.
  - Gli attacchi dei ventilconvetori sono per i modelli V22 e V20 da 1/2" e per i modelli V24 e V26 da 3/4"
  - Gli attacchi dello scarico condensa ai ventilconvetori e' in tubo di PVC di #25mm.
  - Tutte le tubazioni del piano sono a pavimento.







