



MINISTERO DELLA DIFESA
8° Reparto Infrastrutture
Via Todi, 6 - 00181 Roma

POLMANTEO - ROMA

AREA
SGD

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA E VERIFICA SISMICA PER I LAVORI DI
AMMODERNAMENTO E RINNOVAMENTO DI STRUTTURE, IMPIANTI ED OPERE
INFOSTRUTTURALI DEL FABBRICATO "EX DIREZIONE" AI FINI DELLA RILOCAZIONE
DEL TRIBUNALE E PROCURA MILITARE DI ROMA DALLA CAS. MANARA"**

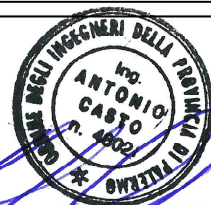
IMPIANTO TERMICO E CLIMATIZZAZIONE

**RELAZIONE TECNICA
IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO**



Il Responsabile del procedimento:
Col. g. (gua.) RN Severino AMATUCCI
Il Collaboratore del RUP
Ten. Col. Ing. Antonio Carpentiero
Il Direttore del Servizio
Cap. Ing. Riccardo Miosi

Progettista:
Aurea Ingegneria s.r.l.
Ing. Antonio Casto



Codice Documento/Tavola: **E.CDZ.01.Rv.01**

Data: 05/04/2022

1.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
2.	PREMESSA	5
3.	DESCRIZIONE GENERALE DEL FABBRICATO.....	5
A.	CONSIDERAZIONI PRELIMINARI	5
B.	DATI GEOMETRICI E CLIMATICI	5
I.	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA.....	7
II.	DATI CLIMATICI	7
III.	PERIODO DI RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO.....	7
IV.	TEMPERATURA INTERNA	7
V.	CARATTERISTICHE TERMOFISICHE DEI MATERIALI.....	7
4.	IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO.....	7
A.	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	7
I.	APPORTI ISTANTANEI.....	8
II.	CALCOLO DEL CARICO TERMICO INVERNALE	8
III.	CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO.....	11
5.	SCELTA DELL'IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO.....	15
I.	IMPIANTO A VENTILCONVETTORI.....	15
II.	IMPIANTO RICAMBIO ARIA ED ESPULSIONE.....	17
III.	POMPA DI CALORE	27
6.	IMPIANTO DI PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA.....	27

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Tutti gli impianti dovranno essere forniti completi in ogni loro singola parte e perfettamente funzionanti, con tutte le apparecchiature ed accessori prescritti dalle norme vigenti o necessari per il perfetto funzionamento, anche se non espressamente menzionati. A tal fine la progettazione impiantistica svolta e la futura messa in opera (stante la responsabilità dell'Appaltatore circa l'esecuzione degli impianti, il raggiungimento dei valori di progetto e la loro collaudabilità) rispettano tutte le norme di legge e di regolamento vigenti, ed in particolare:

- le norme di sicurezza di cui al regolamento in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici di cui al D.M. n. 37 del 22/01/2008;
- le norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione di cui il Decreto Min. dell'1/12/1975;
- le norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici di cui alla legge n. 10 del 9/1/1991 e ss.mm.ii. e del relativo regolamento di esecuzione di cui al D.P.R. n. 412 del 26/8/1993;
- UNI TS 11300-1:2008 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;
- UNI TS 11300-2:2008 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;
- UNI 8364-1:1984 Impianti di riscaldamento - Parte 1: Esercizio;
- UNI 8364-2:1984 Impianti di riscaldamento - Parte 2: Conduzione;
- UNI 8364-3:1984 Impianti di riscaldamento - Parte 3: Controllo e manutenzione;
- UNI 10349:1994 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.;
- UNI 10412-1:2006 Impianti di riscaldamento ad acqua calda - Requisiti di sicurezza - Parte 1: Requisiti specifici per impianti con generatori di calore alimentati da combustibili liquidi, gassosi, solidi polverizzati o con generatori di calore elettrici;
- UNI 8199:1998 30/11/98 Acustica - Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione;
- UNI 10339:1995 30/06/95 Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura;
- UNI EN 12097:2007 Ventilazione negli edifici - Rete delle condotte - Requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte;
- UNI EN 12599:2001 Ventilazione per edifici - Procedure di prova e metodi di misurazione per la presa in consegna di impianti installati di ventilazione e di condizionamento dell'aria;
- UNI ENV 1805-2:1998 Comunicazione dati per rete di gestione per applicazione HVAC - Trasmissione dati indipendente dal sistema per l'automazione degli edifici mediante comunicazione aperta (FND);
- UNI 8065:1989 01/06/89 Trattamento dell'acqua negli impianti termici ad uso civile;
- le ulteriori norme U.N.I. inerenti al settore;
- le disposizioni vigenti sulla prevenzione infortuni;
- le prescrizioni dell'I.N.A.I.L.;
- le disposizioni del locale corpo dei Vigili del Fuoco;
- regolamenti e le prescrizioni comunali.
- D. Lgs. 192 del 19.08.2005 sulla rispondenza alle prescrizioni in materia di contenimento del consumo energetico degli edifici;
- Legge 10/1991

- DPR 412/1993 Determinazione
- DM 26.06.15 Rendimento globale medio stagionale;
- UNI/TS 11300-4 e 5:2016 Regime Normativo
- ISO 7345 Isolamento termico - Grandezze termiche e definizioni
- UNI 7357 Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento degli edifici
- UNI 7979 Edilizia - Serramenti esterni (verticali) - Classificazione in base alla permeabilità all'aria, tenuta all'acqua e resistenza al vento
- UNI 9182:2008 Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda - Criteri di progettazione, collaudo e gestione
- UNI 847711 Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Valutazione dell'energia raggiante ricevuta
- UNI 5364 Temperatura esterna minima di progetto
- UNI 10344 Calcolo del fabbisogno di energia
- UNI 10345 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Trasmittanza termica dei componenti edilizi finestrati - Metodo di calcolo
- UNI 10346 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Scambi di energia termica tra terreno ed edificio - Metodo di calcolo
- UNI 10347 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante - Metodo di calcolo
- UNI 10348 Riscaldamento degli edifici - Rendimenti dei sistemi di riscaldamento - Metodo di calcolo
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici
- UNI 10351 Materiali da Costruzione - Valori della conduttività termica e permeabilità al vapore
- UNI 10355 Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo
- UNI EN ISO 13790:2008 Prestazione energetica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.
- UNI EN ISO 13788 Verifica di condensa interstiziale;
- 2.3.3 Normativa impianti di riscaldamento e condizionamento
- UNI 5364:1976: Impianti di riscaldamento ad acqua calda. Regole per la presentazione dell'offerta e per il collaudo.
- UNI 5634:1997: Colori distintivi delle tubazioni convoglianti fluidi liquidi o gassosi.
- UNI 8364-1-2:2007: Impianto di riscaldamento. Controllo e manutenzione. (FA 146-84).
- UNI 8364-2:2007: Impianti di riscaldamento. Conduzione e controllo.
- UNI EN 15758:2016: Isolamento termico degli impianti di riscaldamento e raffrescamento degli edifici.
- UNI 10412-1:2006: Impianti di riscaldamento ad acqua calda. Prescrizioni di sicurezza.
- UNI 5634:1997: Sistemi di identificazione delle tubazioni e canalizzazioni convoglianti fluidi.
- UNI 10412:2006: Impianti di riscaldamento ad acqua calda - Requisiti di sicurezza - Parte 1: Requisiti specifici per impianti con generatori di calore alimentati da combustibili liquidi, gassosi, solidi polverizzati o con generatori di calore elettrici
- UNI 8364-1:2007: Impianti di riscaldamento - Parte 1: Esercizio
- UNI EN 16147:2017: Condizionatori, refrigeratori di liquido e pompe di calore con compressore elettrico - Riscaldamento - Prove e requisiti per la marcatura delle apparecchiature per acqua calda per uso sanitario.

- UNI EN 12098-1:2013: Regolazioni per impianti di riscaldamento - Dispositivi di regolazione in funzione della temperatura esterna per gli impianti di riscaldamento ad acqua calda.
- UNI EN 442-1:2015: Radiatori e convettori - Valutazione della conformità.
- UNI EN 810:1999: Deumidificatori con compressore elettrico - Prove prestazionali, marcatura, requisiti di funzionamento.
- UNI EN 14511-1:2013 Condizionatori e pompe di calore con compressore elettrico - Raffreddamento - Termini, definizioni e designazione.
- UNI EN 14511-2-3:2013: Condizionatori e pompe di calore con compressore elettrico - Raffreddamento - Prove e requisiti per la marcatura.
- UNI EN 14511-4:2013: Condizionatori e pompe di calore con compressore elettrico - Raffreddamento - Requisiti.
- UNI EN 1264-1:2011: Riscaldamento a pavimento - Impianti e componenti - Definizioni e simboli.
- UNI EN 1264-2:2013: Riscaldamento a pavimento - Impianti e componenti - Determinazione della potenza termica.
- UNI EN 1264-3:2009-4/3: Riscaldamento a pavimento - Impianti e componenti - Dimensionamento.
- UNI EN 1264-4:2009: Riscaldamento a pavimento - Impianti e componenti – Installazione.

2. PREMESSA

Nella redazione del progetto definitivo della struttura di cui in epigrafe sono state fatte scelte progettuali tese al soddisfacimento di due fattori fondamentali:

- risparmio di combustibile fossile e minori spese di gestione mediante il ricorso all'uso di energie rinnovabili nell'ottica del soddisfacimento delle direttive comunitarie e nazionali;
- raggiungimento degli standard di benessere termico ottimale per tutti gli occupanti la struttura.

Tutte le apparecchiature degli impianti sono stata dimensionate, sia per il funzionamento estivo che per quello invernale, in relazione alle condizioni esterne più sfavorevoli e sulla base dei risultati provenienti dalle imposizioni della legge n. 10 del 09/01/1991 "Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia" e successive modifiche ed integrazioni

Successivamente saranno puntualizzati i dati tecnici relativi a:

- condizioni termo igrometriche esterne;
- condizioni termo igrometriche interne e ricambi d'aria;
- fabbisogni termici invernali ed estivi e potenze termiche installate;

dalle quali scaturiranno le scelte dimensionali e l'individuazione delle macchine da installare.

3. DESCRIZIONE GENERALE DEL FABBRICATO

a. Considerazioni preliminari

Il fabbricato in esame è destinato ad ospitare il Tribunale Militare e la Procura Militare di Roma. L'uso dei locali sarà di tipo intermittente sia nell'arco della giornata, orario lavorativo 8-16, sia nell'arco della settimana, da lunedì a venerdì.

In base alle considerazioni suesposte, il manufatto si può classificare, in base al DPR 412/93, come edificio E.2.

Il metodo di calcolo utilizzato in questa sede è basato sul bilancio energetico giornaliero in regime stazionario, effettuato nel giorno di caratteristiche medie mensili, in cui si trascurano le variazioni giornaliere di temperatura esterna e della radiazione solare. Si tiene conto inoltre delle possibili variazioni della temperatura interna, per effetto di apporti energetici interni (solari e fonti interne), tramite un fattore di utilizzo. La norma utilizzata è la UNI EN 13790.

b. Dati geometrici e climatici

Il fabbricato, nel suo complesso, ha superficie riscaldata pari a 2267,84 mq per un Volume complessivo distribuito su due livelli pari a 16.027,48, per superficie disperdente pari a 6187 mq circa. Presenta un tetto a terrazzo. L'edificio è realizzato mediante diverse tipologie di strutture opache esterne ed interne multistrato, segnatamente:

n.5 tipologie di pareti disperdenti verso l'esterno di cui una da locali non climatizzati,

n.11 tipologie di pareti interne,

n.1 tipologia per il tetto.

Per i dettagli termo igrometrici si rimanda all'allegata relazione di calcolo dalla lettura della quale sarà possibile desumere le caratteristiche di ogni singolo componente edilizio nonché il rispetto delle vigenti norme circa le trasmittanze limite da possedere per ogni singola struttura opaca, sia orizzontale che verticale.

La superficie del tetto è pari a 1432 m² in pianta. Le pareti esterne hanno spessori variabili da 0,35 m a 0,65 m. Il tetto ha uno spessore pari a 0,405 m. Le pareti esterne verticali presentano diverse tipologie di finestre tutte le quali saranno munite di doppio vetro camera con vetri basso emissivi per soddisfare i requisiti di cui al DM 192/2005 allegato B.

L'impianto di riscaldamento sarà centralizzato ed avrà come generatore una macchina a pompa di calore della potenza di 250 kW, utilizzata per la climatizzazione estiva ed invernale degli ambienti, situata in apposito spazio soprastante l'edificio in corrispondenza del tetto del nuovo corpo ascensore. Il dimensionamento della macchina è stato effettuato per il funzionamento estivo.

La distribuzione del calore (o della frigoria) sarà garantita dal fluido termovettore (acqua), attraverso tubi in multistrato.

Il sistema di emissione sarà costituito da ventilconvettori installati in tutti gli ambienti, e da canalizzazione per la distribuzione dell'aria primaria alimentati da recuperatori entalpici posti a controsoffitto.

La regolazione della climatizzazione ambientale sarà garantita per il tramite di termostati di zona a controllo remoto (wireless) posti nei singoli ambienti ed agenti sulle valvole servoassistite poste sui ventilconvettori.

L'edificio oggetto del calcolo rientra tra quelli di proprietà pubblica o adibiti ad uso pubblico, ai fini dell'art.5, comma 15, del D.P.R. 412 del 26/08/93 e successive modifiche ed integrazioni (utilizzo delle fonti rinnovabili di energia) e dell'Allegato I, comma 14 del D. Lgs. 192/05 e ss.mm.ii.. Nell'elenco riassuntivo posto di seguito, vengono riportate le caratteristiche dell'edificio. Il suo volume lordo è individuato dalle pareti che delimitano lo spazio riscaldato; le superfici disperdenti sono invece calcolate al lordo delle aperture.

Per quanto riguarda le superfici disperdenti, saranno prese in considerazione quelle confinanti con l'ambiente esterno, con gli ambienti non climatizzati, con il pavimento e con il tetto.

Nella tabella seguente si riportano i dati di interesse suddivisi per zona d'uso. Si terrà conto della controsoffittatura solo per il calcolo delle perdite per ventilazione mentre per le perdite per trasmissione si tiene conto del volume effettivo interno, al netto delle pareti interne.

Ne consegue che per il condizionamento invernale avremo i seguenti parametri geometrici e di temperatura interna posti alla base dei calcoli:

Descrizione	V [m ³]	S [m ²]	S/V [1/m]	Su [m ²]	Θ _{int} [°C]	Φ _{int} [%]
Intero edificio	16027,48	6187,85	0,39	2267,84	26,0	65,0

E per le singole zone:

Descrizione	V [m ³]	S [m ²]	S/V [1/m]	Su [m ²]	Θ _{int} [°C]	Φ _{int} [%]
PT_Zona 1	2354,76	919,96	0,39	272,13	20,0	65,0
PT_Zona 2	1379,17	493,59	0,36	196,58	20,0	65,0
PT_Zona 3	1790,43	714,08	0,40	254,41	20,0	65,0
PT_Zona 4	1462,86	628,42	0,43	209,61	20,0	65,0
PT_Zona 5	1777,64	829,22	0,47	282,19	20,0	65,0
P1_Zona 6	1677,90	559,17	0,33	237,81	20,0	65,0
P1_Zona 7	2343,97	797,62	0,34	344,13	20,0	65,0
P1_Zona 8	1735,66	614,39	0,35	249,87	20,0	65,0
P1_Zona 9	1505,09	631,40	0,42	221,11	20,0	65,0

Mentre per il condizionamento estivo avremo i seguenti parametri geometrici e di temperatura interna posti alla base dei calcoli:

Descrizione	V [m3]	S [m2]	S/V[1/m]	Su[m2]	$\theta_{int}[^{\circ}\text{C}]$	$\varphi_{int}[\%]$
Intero edificio	16027,48	6187,85	0,39	2267,84	26,0	55,0

i. Localizzazione geografica

Il Polmanteo è posto nel comune di ROMA, Viale Angelico n. 19.

ii. Dati Climatici

La zona climatica di interesse è la D, Gradi Giorno 1415, Temperatura esterna di progetto per il periodo invernale T_{es} 0 °C e 34°C per il periodo estivo. Irradiazione media mensile su piano orizzontale per il periodo invernale 106 W/m²,

iii. Periodo di riscaldamento e raffrescamento

Il periodo di riscaldamento è stato posto dal 15 Novembre al 15 Aprile.

Il periodo di raffrescamento inizia il 15 Aprile e termina il 15 Novembre.

iv. Temperatura interna

La temperatura interna da utilizzare nel calcolo del fabbisogno energetico è rappresentata dalla temperatura “operante” della zona e tale da assicurare condizioni di comfort termoigrometrico agli occupanti durante le due stagioni di interesse.

Per il periodo invernale la temperatura interna è posta pari a 22 °C, mentre per il periodo estivo la temperatura è posta pari a 26°C.

v. Caratteristiche termofisiche dei materiali.

Trasmittanza delle superfici opache verticali esterne.

Le pareti verticali opache esterne sono costituite da materiali edilizi di svariata tipologia aventi uno spessore complessivo variabile, nello specifico;

- Parete da 0,65 m, coibentata internamente, trasmittanza termica U pari a 0,254 W/m²K.

Trasmittanza delle superfici finestrate.

Per quanto riguarda le pareti finestrate, queste sono dimensionate tali da avere valore di trasmittanza termica complessiva pari a 1,3 W/m²K.

Trasmittanza del pavimento.

Il valore della trasmittanza è pari a 0,22 W/m²K.

Trasmittanza del tetto.

Il tetto è costituito da materiali multistrato aventi uno spessore complessivo pari a 0,405 m, trasmittanza termica U pari a 0,196 W/m²K.

Le superiori eccellenti caratteristiche termo igrometriche dei componenti opachi e trasparenti della struttura consentiranno, come si vedrà di seguito di non sopportare costi di gestione energetica dell'edificio.

4. IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO.

a. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

Il calcolo della potenza di dispersione e dei fabbisogni energetici per la scelta e il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento è stato svolto in conformità a quanto previsto nella Legge 10/91e sue successive modifiche ed al D.P.R. 412/93.

Esso è riportato nella relazione tecnica specialistica come previsto dalla stessa legge, fornita in fascicolo separato, contenente anche le schede delle strutture utilizzate per il calcolo termico e termo igrometrico secondo la recente norma UNI EN ISO 13788 per la verifica, oltre che della condensa interstiziale, anche di quella superficiale.

Il dimensionamento degli impianti di climatizzazione estiva ed invernale è stato eseguito tenendo conto delle seguenti condizioni al contorno:

CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE ESTERNE

-INVERNO: temperatura 0°C umidità relativa 80%
 -ESTATE: temperatura 36°C umidità relativa 60%
 CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE INTERNE E RICAMBI D'ARIA
 -INVERNO: temperatura 22°C umidità relativa 52 %
 -ESTATE: temperatura 26°C umidità relativa 52 %
 -TOLLERANZA: temperatura $\pm 1^{\circ}\text{C}$ umidità relativa $\pm 5 \%$
 -RICAMBI D'ARIA: servizi 3 vol. amb./ora

FABBISOGNI TERMICI INVERNALI ED ESTIVI E POTENZE TERMICHE

carico estivo totale	69.250 kWh;
potenza frigorifera richiesta	205,00 KW;
carico invernale totale	142.774 kWh;
potenza termica richiesta	123,00 kW.

i. Apporti istantanei

L'apporto (o perdita) di calore per componente è definito come il flusso di calore (Watt) che attraversa la superficie interna di un componente edilizio (parete, tetto, superficie vetrata, ecc.) considerato separatamente dal contesto edilizio in cui esso è inserito e nella ipotesi che:

- la temperatura dell'aria interna sia mantenuta costantemente al valore prefissato di progetto;
- gli effetti degli scambi per radiazione e convezione, rispettivamente tra la superficie interna del componente e le restanti superfici, tra la stessa e l'aria interna (condizioni al contorno sullo strato limite interno del componente) sia riconducibile ad un prefissato valore del coefficiente liminare interno (adduttanza interna). Un apporto di calore può essere ottenuto, ad esempio, per radiazione attraverso le superfici vetrate, per conduzione attraverso un componente opaco, per convezione, per effetto delle infiltrazioni, per radiazione/convezione in relazione alla presenza di sorgenti di calore interne (persone, lampade, apparecchiature). Gli apporti di calore forniscono, per tipo di eccitazione incidente (radiazione, conduzione, convezione), l'ammontare della quantità di calore che entra o esce da ogni componente edilizio.

Vengono calcolati i valori orari dei seguenti apporti di calore:

- conduzione in regime transitorio, attraverso componenti opachi, quali pareti verticali, solai, coperture, ecc. definiti tutti sotto il nome di pareti, soffitti, ecc.;
- conduzione in regime stazionario attraverso componenti opachi e trasparenti a inerzia termica trascurabile (porte, finestre);
- infiltrazioni attraverso serramenti o aperture;
- radiazione solare incidente su superfici trasparenti (finestre);
- occupanti;
- apparecchiature;
- luci.

Tutto questo per determinare il corretto fabbisogno termico dell'edificio in questione considerando ogni tipo di apporto, calcolato come di seguito.

ii. Calcolo del carico termico invernale

Per il calcolo delle dispersioni termiche in regime stazionario, attraverso le pareti, utilizziamo i risultati ottenuti dalla relazione 10/91 basato sul seguente modello:

$$Q_d = \sum_j K_j \times S_j \times (t_i - t_e) \times i_{strj} \times i_{espj}$$

in cui:

S = superficie del perimetro verticale e dei solai;

K_j = trasmittanza termica del perimetro verticale e dei solai (W/m² K);

t_i = temperatura ambiente (°C);

t_e = temperatura esterna di progetto invernale (°C);

i_{strj} = fattore di sicurezza relativo alla struttura in esame;

i_{espj} = fattore di sicurezza relativo all'esposizione della frontiera;

Q_d = flusso termico che si trasferisce all'esterno per trasmissione attraverso il perimetro opaco e vetrato dell'involucro edilizio: è composto dal flusso termico attraverso le superfici disperdenti e dal flusso termico attraverso i punti singolari.

Ogni ambiente avrà una dispersione e la somma di tutte le dispersioni dei singoli ambienti sarà pari al flusso termico totale.

Ne consegue un **fabbisogno di energia utile stagione invernale come di seguito evidenziato:**

Categoria DPR 412/93	E.2	-	Superficie esterna	6187,85	m ²
Superficie utile	2267,84	m ²	Volume lordo	16027,48	m ³
Volume netto	11654,80	m ³	Rapporto S/V	0,39	m ⁻¹

Dispersioni, apporti e fabbisogno di energia utile:

Mese	$Q_{H,tr}$ [kWh]	$Q_{H,r}$ [kWh]	$Q_{H,ve}$ [kWh]	$Q_{H,ht}$ [kWh] _t	$Q_{sol,k,w}$ [kWh]	Q_{int} [kWh]	Q_{gn} [kWh]	$Q_{H,nd}$ [kWh]
Novembre	10737	1829	7681	20247	3126	9797	12923	7641
Dicembre	17744	1548	12287	31578	3078	10124	13202	18389
Gennaio	18720	1408	12939	33067	3120	10124	13243	19832
Febbraio	15179	1795	10705	27679	3712	9144	12856	14851
Marzo	12460	1792	9242	23494	4760	10124	14883	8937
Aprile	3088	942	2680	6709	2877	4899	7776	758
Totali	77928	9313	55533	142774	20672	54210	74883	70409

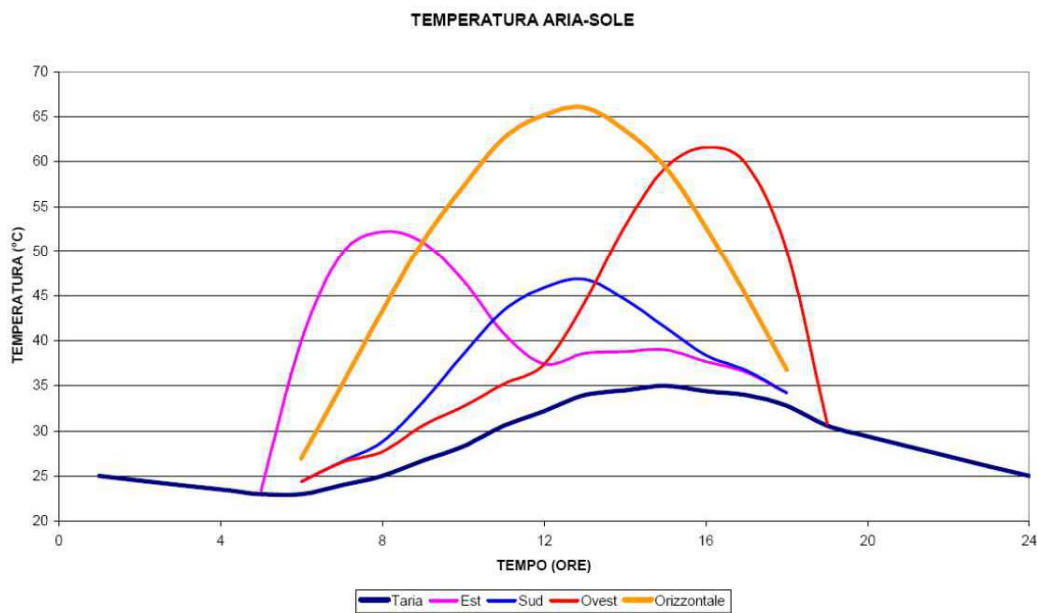
Legenda simboli

$Q_{H,tr}$	Energia dispersa per trasmissione dedotti gli apporti solari diretti attraverso le strutture opache ($Q_{sol,k,H}$)
$Q_{H,r}$	Energia dispersa per extraflusso
$Q_{H,ve}$	Energia dispersa per ventilazione
$Q_{H,ht}$	Totale energia dispersa = $Q_{H,tr} + Q_{H,ve}$
$Q_{sol,k,w}$	Apporti solari attraverso gli elementi finestrati
Q_{int}	Apporti interni
Q_{gn}	Totale apporti gratuiti = $Q_{sol} + Q_{int}$
$Q_{H,nd}$	Energia utile

iii. CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO

Le variabili che influenzano il calcolo dei carichi termici estivi sono numerose, spesso difficili da definire in modo preciso e sempre difficilmente correlate tra loro. Le potenze erogate variano notevolmente nelle 24 ore di funzionamento, in un range abbastanza largo ed in modo non simultaneo, quindi c'è la necessità di calcolare i carichi massimi contemporanei.

Dopo un'attenta analisi delle condizioni di carico termico cui potrebbe essere soggetta la struttura in relazione all'orientamento dei locali, alla maggiore o minore vicinanza di ostacoli esterni, alle caratteristiche di trasmissività delle superfici finestrate ed all'orientamento delle stesse, alla presenza di schermature appositamente dedicate, si considera che la condizione di carico più gravosa legata alla contemporaneità di questi differenti contributi, si verifichi nelle ore pomeridiane (16:00) del mese più caldo (Luglio).



Riportiamo per comodità di lettura su di una scheda puramente riassuntiva, i valori dell'energia utile ed il valore dei carichi sensibili e latenti precedentemente calcolati attraverso l'ausilio di software specifici in relazione alle condizioni estive di progetto (in tale scheda non figurerà il contributo di carico dovuto all'aria esterna), ne consegue il seguente **fabbisogno di energia utile stagione estiva**:

Categoria DPR 412/93	E.2	-	Superficie esterna	6187,85	m2
Superficie utile	2267,84	m2	Volume lordo	16027,48	m3
Volume netto	11654,80	m3	Rapporto S/V	0,39	m-1
Temperatura interna	26,0	°C	Capacità termica specifica	165	kJ/m2K
Apporti interni	4,00	W/m2	Superficie totale	1594,45	m2

Legenda simboli

$Q_{C,tr}$	Energia dispersa per trasmissione dedotti gli apporti solari diretti attraverso le strutture opache ($Q_{sol,k,C}$)
$Q_{C,r}$	Energia dispersa per extraflusso
$Q_{C,ve}$	Energia dispersa per ventilazione

$Q_{C,ht}$	Totale energia dispersa = $Q_{C,tr} + Q_{C,ve}$
$Q_{sol,k,w}$	Apporti solari attraverso gli elementi finestrati
Q_{int}	Apporti interni
Q_{gn}	Totale apporti gratuiti = $Q_{sol} + Q_{int}$
$Q_{C,nd}$	Energia utile

Con Carichi termici nell'ora di massimo carico della zona:

Zona	Locale	Descrizione	Mese	Ora	$Q_{gl,sen}$ [W]	$Q_{gl,lat}$ [W]	Q_{gl} [W]
1	1	WC	luglio	16	946	562	1508
1	2	SALA CONSIGLIO GIP	luglio	16	817	473	1290
1	3	UDIENZA GIP	luglio	16	1471	933	2405
1	4	Disimpegno	luglio	14	195	154	350
1	5	Ingresso	luglio	16	909	635	1544
1	6	SALA UDIENZE	luglio	14	9189	7231	16420
1	7	CAMERA CONSIGLIO	luglio	16	1178	928	2106
1	8	WC2	luglio	14	513	405	917
1	9	SALA ATTESA TESTIMONI	luglio	14	468	369	838
2	1	TRIBUNALE 3P	luglio	16	1402	972	2374
2	2	WC4	luglio	16	555	411	966
2	3	TRIBUNALE 2P	luglio	16	781	546	1327
2	4	TRIBUNALE 2P	luglio	14	893	537	1430
2	5	WC3	luglio	14	374	177	550
2	6	Corridoio	luglio	14	2432	1910	4342
2	7	TRIBUNALE 3P	luglio	16	1072	836	1908
2	8	Scala	luglio	16	1134	860	1994
2	9	CORPI DI REATO	luglio	16	590	460	1050
3	1	Ingresso	luglio	18	381	211	592
3	2	CONTROLLO ACCESSI	luglio	16	680	474	1154
3	3	WC5	luglio	16	1264	800	2064
3	4	LOGISTICA 3P	luglio	16	1101	736	1837
3	5	SALA D'ASPETTO	luglio	10	1323	758	2081
3	6	Biblioteca	luglio	16	2280	1393	3673
3	7	POLIZIA GIUDIZIARIA 3P	luglio	10	1341	775	2116
3	8	POLIZIA GIUDIZIARIA 3P	luglio	10	1358	789	2147
3	9	Corridoio 2	luglio	16	1302	976	2278
3	10	Disimpegno	luglio	16	210	158	367
3	11	POLIZIA GIUDIZIARIA 1P	luglio	16	1101	664	1765
3	12	POLIZIA GIUDIZIARIA 3P	luglio	16	1306	816	2122
4	1	ARCHIVIO1	luglio	16	2579	1294	3872
4	2	DIR. AMM.VA	luglio	10	1184	630	1815
4	3	CED	luglio	16	696	374	1070
4	4	Corridoio	luglio	16	1422	1068	2490
4	5	CC	luglio	16	1118	742	1860
4	6	UFFICIO SCANSIONI	luglio	10	1169	618	1786
4	7	DIRETTORE SEGRETERIA AMM.VA	luglio	10	1195	642	1837
4	8	SEGR.AMM.VA 3P	luglio	10	2065	990	3055
4	9	Scala	luglio	16	1200	644	1843
5	1	FUNZIONARIO DELEGATO 2P	luglio	16	1134	425	1560

5	2	WC7	luglio	16	273	77	351
5	3	DIR. UFFICIO ESEC. PENALE	luglio	16	989	378	1367
5	5	ARCHIVIO3	luglio	16	1908	858	2766
5	6	ARCHIVIO2	luglio	16	1544	582	2126
5	7	WC6	luglio	16	1837	576	2414
5	8	SEGR. UDIENZE 3P	luglio	14	1459	957	2416
5	9	REGISTRO GEN. 4P	luglio	10	2002	929	2931
5	10	DIR. REGISTRO GENERALE	luglio	10	1012	474	1485
5	11	REGISTRO GEN. 2P	luglio	10	1093	547	1639
5	12	SPESE GIUSTIZIA 1P	luglio	10	1102	555	1657
5	13	SPESE GIUSTIZIA 2P	luglio	10	1065	521	1586
5	14	Corridoio	luglio	16	2750	1975	4725
6	1	PROCURA 1P	luglio	14	909	460	1369
6	2	WC1_1	luglio	16	146	109	255
6	3	PROCURA 2P	luglio	16	1818	1360	3178
6	4	WC2_1	luglio	14	388	177	565
6	5	CORRIDOIO 1_1	luglio	16	2411	1794	4205
6	6	PROCURA 2P	luglio	14	1018	601	1619
6	7	PROCURA 1P	luglio	16	758	500	1258
6	8	PROCURA 2P	luglio	14	673	439	1112
6	9	PROCURA 2P	luglio	14	741	488	1229
6	10	PROCURA 1P	luglio	14	723	474	1198
6	11	Scala	luglio	16	1219	875	2094
6	12	PROCURA 2P	luglio	14	1407	836	2242
7	1	PROCURA 2P	luglio	16	1316	816	2131
7	2	PROCURA 2P	luglio	16	1366	856	2222
7	3	PROCURA 2P	luglio	16	1015	597	1612
7	4	PROCURA 1P CC	luglio	16	1042	617	1659
7	5	PROCURA 1P	luglio	16	1449	915	2364
7	6	PROCURA 1P	luglio	16	1422	895	2318
7	7	PROCURA 1P	luglio	16	1799	945	2744
7	8	PROCURA 3P	luglio	16	1332	745	2077
7	9	PROCURA 1P	luglio	16	1243	847	2090
7	10	SALA ATTESA1_1	luglio	16	850	569	1419
7	11	PROCURATORE GENERALE	luglio	16	1594	1103	2697
7	12	PROCURA 3P	luglio	16	1234	843	2077
7	13	Corridoio2	luglio	16	2764	1991	4755
8	1	TRIBUNALE 2P	luglio	16	1066	629	1695
8	2	UFFICIALE GIUDIZIARIO	luglio	16	1011	581	1592
8	3	Scala	luglio	16	869	628	1497
8	4	TRIBUNALE 1P	luglio	16	1192	717	1909
8	5	TRIBUNALE 1P	luglio	16	586	425	1011
8	6	TRIBUNALE 1P	luglio	16	749	388	1137
8	7	Coridoio 3	luglio	16	1489	1111	2600
8	8	TRIBUNALE 2P	luglio	16	1195	807	2002
8	9	TRIBUNALE 2P	luglio	14	1115	754	1869
8	10	TRIBUNALE 1P	luglio	14	869	576	1445
8	11	TRIBUNALE 2P	luglio	14	1039	698	1737
8	12	TRIBUNALE 1P	luglio	14	857	567	1424
8	13	TRIBUNALE 3P	luglio	14	973	643	1616
9	1	Corridoio4	luglio	16	2038	1479	3516
9	2	TRIBUNALE 2P	luglio	14	1263	855	2118

9	3	WC4_1	luglio	16	543	362	905
9	4	Locale COPIE	luglio	16	332	230	562
9	5	GIUDICE TRIBUNALE	luglio	16	752	381	1133
9	6	GIUDICE TRIBUNALE	luglio	16	1518	742	2261
9	7	WC5_1	luglio	16	238	96	334
9	8	PRESIDENTE TRIBUNALE	luglio	14	1904	1019	2923
9	9	PRESIDENTE SEZIONE	luglio	14	978	650	1629
9	10	TRIBUNALE 1P	luglio	14	810	531	1340
9	11	TRIBUNALE 1P	luglio	14	810	531	1340
9	12	TRIBUNALE 1P	luglio	14	1002	668	1670

Legenda simboli

$Q_{gl,sen}$ Carico sensibile globale

$Q_{gl,lat}$ Carico latente globale

Q_{gl} Carico globale

Da questa analisi globale degli apporti di calore in regime estivo, si deduce la quantità di calore da sottrarre agli ambienti da climatizzare pari a 203920 W al picco massimo del mese di luglio alle ore 16

5. SCELTA DELL'IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO

Come anzidetto l'impianto di riscaldamento sarà del tipo a ventilconvettori ed aria primaria.

I ventilconvettori saranno alimentati con acqua a temperatura massima e comunque variabile con la temperatura esterna.

Il controllo nei vari vani avverrà a mezzo di termostati ambiente agenti con azione modulante sulle valvole a tre vie installate sui ventilconvettori e comandate dal sistema di regolazione e controllo, per una regolazione della temperatura in ciascun ambiente.

Sarà previsto inoltre un impianto di ventilazione aria primaria mediante recuperatori entalpici attivi, posti nei controsoffitti e collegati alle medesime zone dell'impianto a ventilconvettori. Tali recuperatori saranno dotati di batteria per il riscaldamento o raffrescamento dell'aria fino alle condizioni neutre di immissione ambiente e silenziatori.

L'aria trattata verrà inviata agli ambienti tramite canalizzazioni in PVC opportunamente coibentate e poste nei controsoffitti dei corridoi. Le bocchette d'immissione saranno installate a parete previa foratura a misura delle murature mentre le bocchette di ripresa saranno installate a controsoffitto lungo i corridoi. Il ricambio d'aria per singolo ambiente sarà garantito da griglie di passaggio silenziate ricavate nelle porte di accesso alle stanze.

L'acqua prodotta dalla pompa di calore sarà inviata ai ventilconvettori mediante n. 5 pompe gemellari a numero di giri variabili con motori dotati di inverter, dopo che la portata totale sarà equilibrata dal passaggio in un puffer di accumulo.

Le pompe di circolazione potranno lavorare a numero di giri fisso, oppure con portata o prevalenza variabile, essendo alimentate da inverter. La temperatura dell'acqua in mandata sarà controllata dalla pompa di calore e dalla sua sonda di aria esterna e dal sistema di supervisione previsto.

Le reti di distribuzione dell'acqua dalle pompe di calore ai ventilconvettori saranno realizzate in multistrato.

La produzione di acqua calda avverrà mediante pompa di calore condensata ad aria in versione pompa di calore a gas R410a e di tipo silenzioso. La pompa di calore, dotata di accumulo inerziale, sarà installata sul terrazzo mentre i gruppi di pompaggio ad inverter a servizio dei circuiti saranno installati in locale tecnico al piano seminterrato.

La regolazione avverrà tramite il sistema di supervisione e controllo.

L'impianto a ventilconvettori garantirà anche il raffrescamento degli ambienti operando un'inversione di ciclo sulla pompa di calore a cui risulta collegato.

i. IMPIANTO A VENTILCONVETTORI

Come detto l'impianto di climatizzazione si compone di:

- una unità a pompa di calore esterna atta a soddisfare il fabbisogno termico dell'edificio (la stessa dovrà inoltre garantire il fabbisogno di acqua calda sanitaria dell'edificio);
- Ventilconvettori ubicati con ventilocassaforma negli ambienti riscaldati e raffrescati dell'edificio;
- N. 9 recuperatori d'aria attivi con relativo impianto canalizzato atto a garantire nel periodo invernale/estivo gli adeguati ricambi d'aria ed il perfetto funzionamento del raffrescamento (agendo sul calore latente).

Per il dimensionamento dei ventilconvettori si rimanda all'allegata relazione di calcolo.

In termini di comfort, è preferibile controllare la temperatura dell'ambiente come una funzione della temperatura operativa nell'area occupata. Oltre alla posizione, è importante considerare forma, taglia e colore (importante per gli scambi termici radiativi) del sensore per caratterizzare lo scambio termico convettivo radiativo tra sensore e spazio in modo analogo a quanto avviene con la persona (EN 7726) [C 17].

Il posizionamento del sensore ambientale di temperatura nell'area occupata consentirà un risparmio di energia rispetto al posizionamento sul muro. Posizionando il sensore nell'area occupata, le variazioni nella temperatura saranno più piccole. Questo vorrà dire che la temperatura desiderata è settata più bassa su un sensore di temperatura che misura la temperatura operativa nell'area occupata. Il risultato è un risparmio di energia del 3 - 5%.

Poiché gli effetti del clima esterno sono sentiti vicino alle finestre, e le persone sono posizionate spesso vicino le finestre stesse, è raccomandato posizionare il sensore di stanza a 1 - 2 m da una finestra ad un'altezza di 0,6 - 1,1 m, poiché a queste altezze corrispondono persone sedute o in piedi.

Poiché la radiazione solare provoca un aumento nella temperatura della stanza, è meglio collocare il sensore in quelle zone che per prime sono colpite dalla radiazione solare. Un ulteriore vantaggio è che un sensore di stanza "senza fili" può essere installato e può essere mosso facilmente in un'altra posizione in accordo con i mobili della stanza (mobilia, mensole, quadri, ecc.).

Le caratteristiche tecniche dei componenti di impianto sono le seguenti:

Pompa di calore:

La pompa di calore sarà un refrigeratore da esterno aria/acqua reversibile in pompa di calore in versione alta efficienza silenziata, con compressori scroll ad elevata efficienza, ventilatori assiali, batterie esterne in rame con alette in alluminio in configurazione V-Block, scambiatore lato impianto a piastre. Il basamento, la struttura e la pannellatura saranno in acciaio zincato trattato con vernici poliestere anticorrosione. L'unità sarà dotata di n.2 circuiti frigoriferi progettati per fornire il massimo rendimento a pieno carico, garantendo elevate efficienza anche ai carichi parziali e assicurando continuità in caso di fermata di uno dei circuiti. La regolazione sarà del tipo a microprocessore, completo di tastiera e display LCD. La potenza frigorifera nominale 242 kW. Potenza termica nominale 258 kW. Alimentazione elettrica 400V/3/50Hz. La pompa di calore dovrà essere munita di certificazione Eurovent per pompe di calore ad alta efficienza silenziate. Sarà munita di n. 8 ventilatori assiali ad inverter, dovrà essere munita di kit idronico con pompa di circolazione del circuito primario avente portata $G = 11,55$ l/sec e prevalenza $H = 71$ kPa in raffreddamento $G = 12,44$ l/sec e prevalenza $H = 54$ kPa in riscaldamento, oltre a riserva e accumulo costituita da serbatoio in acciaio da 600 litri. Gli attacchi idraulici in ingresso ed uscita saranno da 3".

Ventilconvettori:

I ventilconvettori saranno del tipo incassati in ventil cassaforma a parete dotati di batteria 3 ranghi a basse perdite di carico, ventilatore centrifugo con motore brushless inverter che permette una modulazione continua della velocità (0-100%), ammortizzato con supporti elastici.

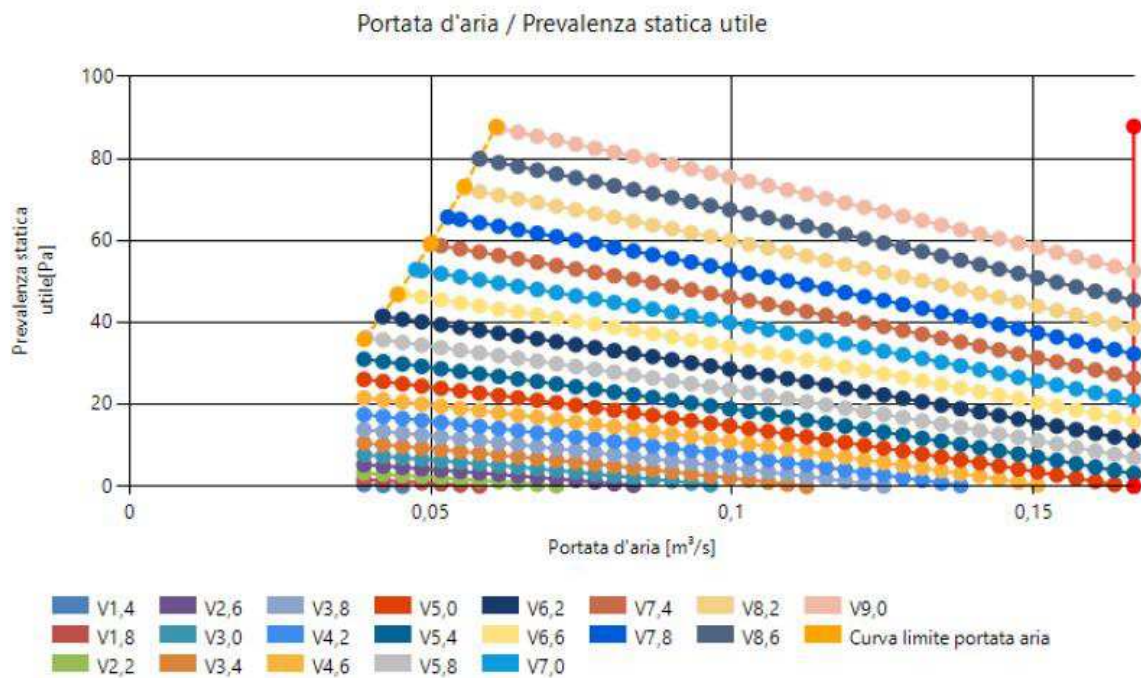
Installazione verticale/orizzontale da incasso per impianti 2/4tubi. Di potenza adeguata alla copertura di fabbisogno termico/frigorifero dell'ambiente nel quale viene installato.

Realizzato con struttura portante in lamiera zincata, nella parte posteriore dotato di fori per il fissaggio a muro dell'apparecchio e corredato di bacinella di raccolta condensa.

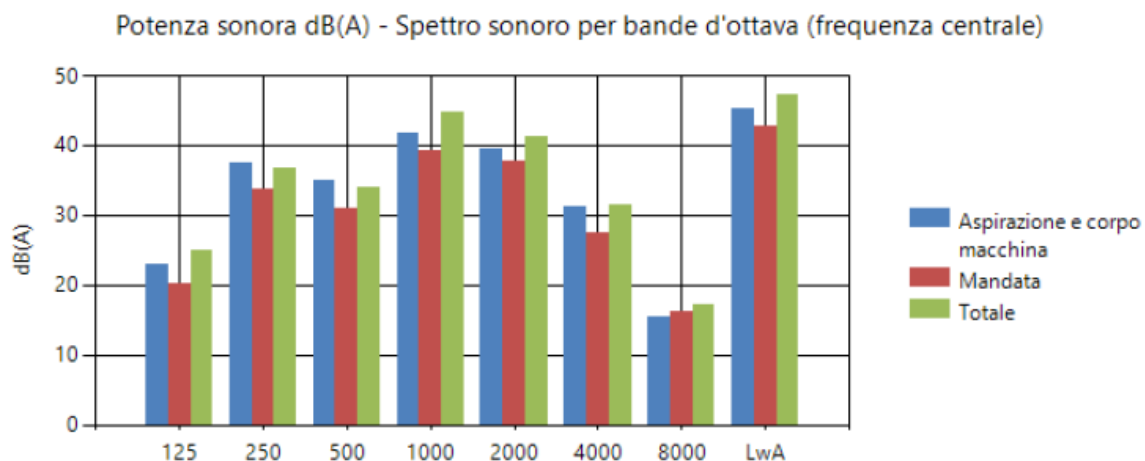
Corredato di Ventilatori centrifughi in ABS a doppia aspirazione con pale a profilo alare sviluppate in lunghezza per ottenere elevata portata con basso numero di giri. Coclea estraibile ed ispezionabile in materiale plastico a bassa trasmissione acustica.

Filtro estraibile, costituito con materiali rigenerabili e pulibile mediante lavaggio. Classe di filtrazione G2.

Le curve di ventilazione saranno le seguenti:



Come di seguito si riportano i dati di pressione sonora in ambiente:



ii. IMPIANTO RICAMBIO ARIA ED ESPULSIONE

Parallelamente alla climatizzazione dei locali ad opera dell'impianto a ventilconvettori, si provvederà alla realizzazione di un impianto di recupero del calore mediante recuperatori di calore entalpico che invieranno l'aria di rinnovo nei locali in modo da assicurarne il necessario ricambio; il volume di aria di rinnovo viene determinato con riferimento ai valori forniti dalla norma UNI 10339. L'impianto sarà costituito da recuperatori di calore entalpico attivi con batteria di riscaldamento e/o raffrescamento integrata.

Le unità di trattamento dell'aria servono ogni zona dell'edificio e provvedono all'immissione di aria "pulita" nei vari locali ed all'estrazione dell'aria viziata dai corridoi e dai bagni.

L'aria esterna verrà trattata nei recuperatori e portata in condizioni di umidità e temperatura coincidenti con quelle interne di progetto sia in estate che in inverno. La distribuzione dell'aria avverrà per mezzo di canali in PVC coibentato e serrande per la regolazione dell'aria, il tutto coibentato, partendo dai recuperatori posti a controsoffitto in posizione dedicata, e sviluppandosi

nei diversi locali dove saranno installati opportuni terminali (bocchette o diffusori), che provvederanno alla corretta immissione dell'aria, rispettando i livelli di benessere acustico.

Per la ripresa dell'aria viziata si dovrà utilizzare un'altra rete di canali munita di bocchette di ripresa a controsoffitto per l'aspirazione dell'aria dai corridoi e dai bagni; per consentire un adeguato funzionamento dell'impianto sarà necessario installare, sulle porte dei locali nei quali si ha immissione di aria, delle griglie, che consentiranno l'espulsione forzata dell'aria.

L'aria viziata, prima di essere espulsa all'esterno, verrà fatta passare nel recuperatore di calore, in modo tale da avere quello scambio di calore con l'aria di rinnovo proveniente dall'esterno, che permette una riduzione della potenza termica (o frigorifera) da generare.

Calcolo della potenza termica per ventilazione

Il calcolo è effettuato sulla portata d'aria esterna totale di ogni zona calcolata come sommatoria:

$$G_{TOT} = \sum_i G_{amb\ i}$$

dove

$G_{amb\ i}$ = portata d'aria esterna per l'ambiente i-esimo calcolata scegliendo il massimo tra i due valori:

$$G_1 = n V$$

$$G_2 = n_{pers} \times ric_{pers}$$

dove:

n = numero di ricambi ambiente orari (vol/h)

n_{pers} = numero di persone nell'ambiente

V = volume dell'ambiente (mc)

ric_{pers} = portata di rinnovo minima per persona (l/s)

Fissando una portata di rinnovo ric_{pers} pari a 11 l/s per persona e un affollamento pari a 300 persone si ottiene una portata:

$$G_{TOT} = n_{pers} \times ric_{pers} = 300 \times 11 = 3300 \text{ l/s} = 11880 \text{ mc/h}$$

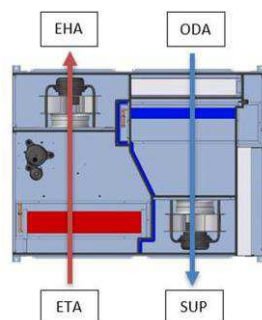
Suddivisi per n. 9 recuperatori d'aria con portata cadauno pari a 2100 mc/h

Infatti, fissato il numero di ricambi in 3 Vol/h ed un volume netto di 6.187 mc si ottiene un valore di

$G_1 = n V = 18.561 \text{ mc/h}$ che si assume come valore per il dimensionamento dei recuperatori per un volume di ricambio pari a 2.062 mc/h per ogni recuperatore.

Le modalità di funzionamento e le caratteristiche delle unità di recupero entalpico si riportano di seguito.

L'unità effettua il ricambio e il trattamento dell'aria ed è dotata di recupero termodinamico ad alta efficienza. Il recupero è effettuato mediante circuito frigorifero integrato operante in pompa di calore. L'unità opera con due flussi d'aria, un flusso d'aria di rinnovo proveniente dall'esterno dell'edificio (che deve essere trattato per raggiungere la temperatura voluta) e un flusso d'aria di espulsione proveniente dall'interno dell'edificio dal quale si preleva l'energia mediante il circuito frigorifero (effetto termodinamico).



Condizioni di ingresso aria		
	Funzionamento invernale	Funzionamento estivo
Temperatura Aria Rinnovo (aria esterna)	7 °C	35 °C
Umidità Relativa Aria Rinnovo (aria esterna)	87 %	40 %
Temperatura Aria Ripresa (aria ambiente interno)	20 °C	27 °C
Umidità Relativa Aria Ripresa (aria ambiente interno)	60 %	47,5 %
Condizioni uscita aria		
	Funzionamento invernale	Funzionamento estivo
Temperatura aria mandata	26 °C	21,9 °C
Umidità relativa aria mandata	25 %	79 %
Valori riferiti alla massima velocità del compressore con batteria elettrica e/o batteria ad acqua funzionanti (se selezionate)		
ATTENZIONE: l'unità funziona con set di temperatura a punto fisso in mandata. Pertanto le temperature di mandata dipendono dal set impostato nel range permesso dal controllore.		
Dati elettrici Macchina base		
Potenza assorbita totale (senza accessori)	5,2 kW	5,5 kW
Corrente assorbita totale (senza accessori)	15,6 A	15,6 A
Potenza assorbita ventilatori	738 W	730 W
Corrente assorbita ventilatori condizioni funzionamento	1,4 A	1,4 A
F.L.I. macchina base	6,2 kW	6,2 kW
F.L.A. macchina base	17 A	17 A
M.I.C. Corrente di avviamento totale (senza accessori)	13,6 A	13,6 A
Alimentazione elettrica macchina base	400V 3~ 50Hz	400V 3~ 50Hz
Potenze sonore aperture unità		
ODA Aria esterna	73,6 dB(A)	73,6 dB(A)
SUP Aria mandata	76,2 dB(A)	76,2 dB(A)
ETA Aria estratta	71,1 dB(A)	71,1 dB(A)
EHA Aria espulsa	74,5 dB(A)	74,5 dB(A)

La struttura delle macchine sarà costituita da un pannello inferiore di tipo sandwich avente spessore 50 mm in lamiera zincata con isolamento in poliuretano iniettato avente densità 45 kg/m³. L'espansione della schiuma poliuretanica è a base d'acqua. Il pannello sarà in classe di reazione al fuoco M1 secondo la norma NF P 92-512:1986. I pannelli laterali in lamiera zincata rivestita internamente con materiale termoisolante e fonoisolante (reazione al fuoco Classe 1 secondo norma UNI 9177). I pannelli laterali, dotati di maniglie, sono facilmente removibili. Pannello superiore in lamiera zincata rivestita internamente con materiale termoisolante e fonoisolante (reazione al fuoco Euroclasse E secondo norma EN 13501-1). Vasche di raccolta condensa in lega di alluminio inclinate verso gli scarichi laterali.

I ventilatori, sia per il flusso d'aria esterna che per il flusso d'aria di espulsione, di tipo plug-fan a pale rovesce azionati da motori a corrente continua brushless a controllo elettronico.

L'unità mantiene costante la portata d'aria del flusso di rinnovo. Il valore della portata d'aria è impostabile da pannello remoto o BMS (all'interno dei limiti di funzionamento previsti dalla taglia). La velocità del ventilatore di espulsione è in relazione fissa e impostabile da parametro sul controllore, rispetto alla velocità del ventilatore di mandata.

<i>Plug fan Lato Rinnovo-Mandata</i>			
Posizione	Mandata	Pressione tot. / stat. / din.	250 Pa / 217 Pa / 33 Pa
n° ventilatori	1	Pressione statica utile	50 Pa
Giri ventilatore	1669 rpm	Potenza assorbita	386 W
SFP Specific Fan Power	0,46 kW/m³/s	K factor	128
Percentuale numero di giri		75 %	

<i>Motore</i>			
Potenza motore	1 X0,93 kW	Tensione / Fasi	380-480 V/ 3FASI
Poli	Brushless	Cla.Protezione / Isolam.	IP54 / CLB
Output per regolazione Vdc ± 1	7,5 V		
La temperatura dell'aria, dov'è posizionato il motore, non dovrebbe superare i 40°C			

Le prestazioni del ventilatore sono calcolate con filtri a inizio vita

<i>Plug fan Lato Ripresa-Espulsione</i>			
Posizione	Espulsione	Pressione tot. / stat. / din.	228 Pa / 195 Pa / 33 Pa
n° ventilatori	1	Pressione statica utile	50 Pa
Giri ventilatore	1618 rpm	Potenza assorbita	352 W
SFP Specific Fan Power	0,42 kW/m³/s	K factor	128
Percentuale numero di giri		72 %	

<i>Motore</i>			
Potenza motore	1 X0,93 kW	Tensione / Fasi	380-480 V/ 3FASI
Poli	Brushless	Cla.Protezione / Isolam.	IP54 / CLB
Output per regolazione Vdc ± 1	7,2 V		
La temperatura dell'aria, dov'è posizionato il motore, non dovrebbe superare i 40°C			
Prestazioni del ventilatore di espulsione calcolate con funzionamento a portata costante			

Le prestazioni del ventilatore sono calcolate con filtri a inizio vita

Il circuito frigorifero ad inversione di ciclo (funzione di raffrescamento e riscaldamento) operante con fluido frigorifero R410A costituito da:

Compressore

Compressore ermetico twin rotary con motore elettrico di tipo BLDC comandato da inverter. Il compressore è montato su supporti antivibranti in gomma ed è posizionato sul flusso dell'aria di espulsione.

Scambiatori

Sono presenti due scambiatori ad espansione diretta a pacco alettato con tubi in rame e alette in alluminio, uno posto sul flusso dell'aria di rinnovo (scambiatore per il trattamento dell'aria) e uno posto sul flusso d'aria di espulsione (scambiatore per il recupero dell'energia).

Altri componenti:

- Valvola di espansione elettronica
- Valvola di inversione del ciclo a 4 vie
- Valvola unidirezionale
- Filtro deidratatore
- Pressostato di alta pressione
- Indicatore di passaggio di liquido e presenza umidità
- Attacchi di servizio e di carica
- Carica di refrigerante R410A

<i>Circuito frigo Funzionamento estivo</i>			
Fluido frigorifero	R410A / 3,05 Kg	F.L.A. Corrente assorbita massima compressore	13,3 A
N. compressori scroll	1	L.R.A. Corrente di avviamento compressore	0 A
Potenza assorbita dal compressore	4,7 kW	Corrente assorbita dal compressore	14 A
Potenza frigorifera totale compressore	16 kW		
Potenza frigorifera sensibile compressore	13,2 kW		

<i>Circuito frigo Funzionamento invernale</i>			
Fluido frigorifero	R410A / 3,05 Kg	F.L.A. Corrente assorbita massima compressore	13,3 A
N. compressori scroll	1	L.R.A. Corrente di avviamento compressore	0 A
Potenza assorbita dal compressore	4,4 kW	Corrente assorbita dal compressore	10,4 A
Potenza termica compressore	19,5 kW		

La filtrazione dell'aria è effettuata mediante filtro posizionato internamente sulla presa dell'aria esterna. Il filtro è completo di pressostato per il rilevamento dello sporco: la segnalazione genera un allarme al controllore elettronico programmabile.

Perdita di carico massima ammissibile 250 Pa; comportamento alla fiamma F1 secondo norma DIN 53438-3, classe B2 secondo norma DIN 4102/1.

<i>Filtro Lato Rinnovo-Mandata</i>			
Tipo filtro	Filtri ondulati	Efficienza (EN779)	M5
		Efficienza (ISO 16890)	Epm10 50%
Sezione utile	0,353 m ²	Perdite di carico Pa (filtro nuovo)	99 Pa
Portata di calcolo	3000 m ³ /h	Perdite di carico Pa (filtro mezza vita)	174 Pa
Velocità di attraversamento alla portata di calcolo	2,36 m/s	Spessore	98 mm

Il quadro elettrico comprende la parte di potenza e di controllo:

- Controllore elettronico programmabile (per le caratteristiche principali si veda il paragrafo successivo)
- Inverter di azionamento del compressore
- Fusibili per il compressore
- Fusibili per i ventilatori
- LED presenza tensione rete
- Trasformatore 24V
- Teleruttore compressore
- Predisposizione per il collegamento di controllo e potenza della batteria elettrica antigelo (accessorio)
- Predisposizione per la gestione della batteria ad acqua (versione W)

Il controllore elettronico programmabile presenta le seguenti caratteristiche:

- Ingressi/uscite universali configurate per collegare sonde attive, passive, ingressi digitali, uscite analogiche.
- Navigazione tra i menù disponibili (privilegi di accesso con password a seconda dell'utente) attraverso il pannello remoto (accessorio consigliato) o BMS
- Gestione della regolazione dei ventilatori con protocollo MODBUS RTU
- Gestione della regolazione dell'inverter compressore con protocollo MODBUS RTU
- Driver della valvola di espansione elettronica integrato
- Connettività tramite web-server integrato (supporta lo standard HTML e Javascript) su porta Ethernet 10/100Mbps/s di serie con protocollo MODBUS TCP-IP. Per altri eventuali protocolli contattare Sede.
- Porta micro USB utilizzabile per eseguire le operazioni di aggiornamento del programma applicativo, del sistema operativo, il salvataggio dei logger, ecc.
- Controllore di tipo blind (la visualizzazione dei dati avviene attraverso il pannello remoto o BMS)

TERMOREGOLAZIONE

- Regolazione della temperatura a punto fisso in mandata impostabile tramite pannello remoto o BMS (all'interno dei limiti di funzionamento prevista dalla taglia)
- Attivazione e gestione dei dispositivi di potenza (compressore, batteria ad acqua e batteria elettrica) in modalità raffreddamento, riscaldamento, funzionamento automatico
- Funzioni di protezione dei dispositivi (compressore, batterie)

- Funzione di protezione antigelo della batteria ad acqua mediante rilevazione della temperatura di mandata (per temperature esterne dell'aria inferiori a 2°C è comunque necessario utilizzare soluzioni anti congelabili)
- Sistema di autodiagnosi con visualizzazione immediata dell'allarme
- Programmazione giornaliera, settimanale, periodo di chiusura e festività con gestione del set point di temperatura e della modalità di funzionamento
- Contatti puliti per: ON-OFF remoto, allarme generale, consenso pompa acqua, consenso per la gestione della serranda esterna.

La rilevazione della:

- temperatura dell'aria di mandata

- temperatura dell'aria esterna

avviene attraverso sonde di temperatura per montaggio a canale dotate di circa 2 metri di cavo con grado di protezione IP65.

Calcolo canalizzazioni

L'analisi delle reti di canali si pone come obiettivo quello di ricavare la pressione statica e totale fornita dal ventilatore, allo scopo di garantire la portata d'aria richiesta in corrispondenza di ogni terminale della rete. Tale analisi prevede innanzitutto una suddivisione della rete in segmenti, che debbono essere studiati singolarmente. Per ciascuno di essi, note le relative dimensioni della sezione in seguito all'applicazione di uno dei metodi di dimensionamento disponibili, è necessario provvedere al calcolo della perdita di pressione totale, dovuta ai fenomeni di attrito nei tratti di canale rettilinei, di turbolenza nelle accidentalità e nelle eventuali apparecchiature montate (silenziatori, batterie ecc.) nonché ai fenomeni fluidodinamici legati all'accoppiamento tra ventilatore e rete (Fan System Effect). Note le perdite di pressione totale di ogni segmento, si procede quindi al calcolo della perdita totale di ogni percorso individuabile tra ciascun terminale di aspirazione, ripresa o estrazione e ciascun terminale di mandata, sommando anche le perdite di pressione totale di tali terminali. Si individuerà in questo modo un percorso più sfavorito, caratterizzato dalla perdita di pressione totale massima, che sarà quella richiesta al ventilatore; la pressione statica richiesta sarà data dalla differenza fra la pressione totale e quella dinamica. Al fine di avere ad ogni terminale la portata di progetto, è però necessario garantire a monte di esso una pressione totale pari a quella di progetto. Questo significa che i terminali appartenenti ai percorsi con perdita complessiva inferiore a quella massima riscontrata risulteranno "sbilanciati", se non si provvede ad aumentare le perdite di pressione dei percorsi a cui essi appartengono, fino ad ottenere una perdita complessiva del singolo percorso pari a quella massima riscontrata. Questa azione è nota come "bilanciamento del circuito", che può essere ottenuto restringendo opportunamente le sezioni dei segmenti della rete, oppure inserendo opportunamente delle perdite di carico "artificiali", costituite dalle note serrande di regolazione, oppure ancora utilizzando ambedue questi metodi. Questo modo di procedere è anche detto "metodo delle pressioni totali", in quanto si basa esclusivamente sullo studio delle variazioni di pressione totale nel circuito.

Esiste però un altro modo di ragionare, basato sullo studio delle variazioni di pressione statica, di grande utilità quando si dimensiona il circuito col metodo del "recupero di statica" nonché quando si vuole arrivare con il calcolo direttamente alla pressione statica richiesta al ventilatore o condizionatore. La variazione di pressione statica di un segmento differisce dalla variazione di

pressione totale per una quantità che rappresenta la variazione di pressione dinamica, che è anche chiamata “recupero di pressione statica”; ebbene, dimensionando opportunamente un segmento, è possibile fare in modo che la variazione di pressione totale e il recupero di statica siano uguali o molto vicini tra di loro, col risultato di ottenere una variazione di pressione statica nulla o quasi. Dimensionando tutti i segmenti con questo criterio si ottengono indubbi vantaggi, in termini di minore pressione statica richiesta al ventilatore. Quando il ventilatore è contenuto all'interno di una unità, è noto che al costruttore della macchina si deve dare la “pressione statica utile”, che è quella richiesta dal circuito. Sarà poi il costruttore a tener conto delle ulteriori perdite di pressione dovute ai componenti della macchina, ai fini della scelta della “sezione ventilante”. In questo caso può essere utile ragionare in termini di variazioni (o perdite) di pressione statica di ogni segmento, per arrivare col calcolo direttamente alla pressione statica utile da richiedere al costruttore della unità. In questo caso, il modo di procedere è perfettamente analogo a quello visto per il “metodo delle pressioni totali”, con l'unica differenza che, per la sola parte di rete di mandata, si calcolano le perdite o variazioni di pressione statica dei segmenti in luogo delle perdite o variazioni di pressione totale. In questa maniera, nel calcolo della pressione statica richiesta da ogni percorso individuabile, si dovrà conteggiare per i terminali di mandata la relativa perdita di pressione statica, in luogo della perdita di pressione totale.

Le variazioni di pressione nelle reti di canali

Per tutti i tratti di rete a sezione costante, le perdite di pressione totale e statica sono uguali. In corrispondenza degli allargamenti di sezione, la pressione dinamica diminuisce, la pressione totale assoluta diminuisce, la pressione statica assoluta può aumentare; tale incremento di pressione statica è già noto come “recupero di pressione statica”. In corrispondenza di diminuzioni di sezione, la pressione dinamica aumenta nella direzione del flusso d'aria e le pressioni assolute statica e totale diminuiscono. All'uscita del condotto, la perdita di pressione totale dipende dalle caratteristiche del flusso d'aria e dell'uscita del canale. Il coefficiente di perdita dell'uscita C_0 , può essere maggiore, uguale o minore di uno.

La pressione totale immediatamente a valle dell'entrata è uguale alla differenza fra la pressione a monte di essa, che è zero (pressione atmosferica), e la perdita di pressione attraverso l'entrata.

La pressione statica dell'aria ambiente è zero; diversi diametri a valle, la pressione statica è negativa, uguale alla somma della pressione totale (negativa) e della pressione dinamica (sempre positiva). La resistenza del sistema al flusso dell'aria è caratterizzata dalla pendenza della curva delle pressioni totali. Nei tratti principali della rete sono incluse le perdite di pressione dovute al Fan System Effect. Per ottenere la pressione statica richiesta al ventilatore, quando è nota la pressione totale ad esso richiesta, è necessario utilizzare la seguente equazione.

$$P_s = P_t - p_{v0}$$

dove

P_s = pressione statica del ventilatore, (Pa)

P_t = pressione totale del ventilatore, (Pa)

p_{v0} = pressione dinamica alla bocca di mandata del ventilatore, (Pa)

Dimensionamento delle reti di canali

Il dimensionamento delle reti di canali può essere eseguito essenzialmente attraverso tre criteri: il metodo a recupero di pressione statica, il metodo a perdita unitaria per attrito costante ed il metodo a velocità minima. Per il dimensionamento delle reti di canali inerente questa progettazione si è utilizzato il metodo a perdita unitaria per attrito costante, che è basato sul dimensionamento di tutti i segmenti di rete in base al raggiungimento di un unico costante valore di perdita di pressione

unitaria per attrito in tutto il circuito. Il metodo a perdita costante porta in genere a reti intrinsecamente sbilanciate. Questo significa che quasi sempre è necessario provvedere ad una successiva azione di bilanciamento, tramite riduzione della sezione dei segmenti (tronchi e rami) e tramite l'aggiunta di eventuali serrande di regolazione. Sia durante il pre dimensionamento a perdita costante, sia durante la successiva azione di bilanciamento con riduzione della sezione dei segmenti, è necessario prestare attenzione a non raggiungere velocità dell'aria eccessive, allo scopo anche in questo caso di non causare l'insorgere di problemi di rumorosità. In genere, le azioni di bilanciamento richieste in un circuito pre dimensionato a perdita costante sono più "sostanziose" rispetto a quelle richieste in un circuito pre dimensionato a recupero di statica. Questo spiega perché nel "recupero di statica" sono sufficienti azioni di bilanciamento con la riduzione della sezione dei soli rami, mentre in quello a "perdita costante" è in genere necessario agire con la riduzione della sezione sia di tronchi sia di rami. Nel metodo in questione, tutti i canali sono dimensionati in base ad un valore costante della perdita di pressione per unità di lunghezza. Il metodo a perdita costante porta ad una rete non intrinsecamente bilanciata. Per bilanciare la rete è pertanto necessario procedere con opportune riduzioni di sezione, che possono interessare sia i tronchi sia i rami. In alternativa è possibile procedere al bilanciamento, tramite l'uso di serrande di taratura, da posizionare opportunamente sui segmenti e/o sui terminali. Tuttavia è consigliabile prima bilanciare la rete, tramite la riduzione di sezione degli opportuni segmenti, e poi provvedere eventualmente

ad eliminare gli sbilanciamenti residui con l'uso delle serrande di taratura. Riportiamo di seguito la procedura per il dimensionamento ed il bilanciamento di una intera rete col metodo in esame.

- 1) Si stabilisce una perdita di pressione unitaria nonché un valore limite di velocità da non superare nei tronchi e nei rami della rete, sulla base di criteri di rumorosità. È opportuno in genere individuare due valori limite di velocità differenti per i tronchi e per i rami, a causa delle differenti problematiche di rumorosità che si possono riscontrare nei due casi.
- 2) Normalmente, più ci si avvicina al terminale più conviene "rallentare" col flusso dell'aria.
 - 2) Sulla base della perdita unitaria e dei limiti di velocità di cui al punto precedente, si dimensiona l'intera rete, con una procedura iterativa.
- 3) Si determina la pressione statica o totale per il percorso più sfavorito. In particolare, al fine della determinazione della pressione statica utile del condizionatore o della pressione statica richiesta al ventilatore, ricordiamo che per le reti di mandata si determina la pressione statica per il percorso più sfavorito, mentre per le reti di ripresa o estrazione si determina la pressione totale per il percorso più sfavorito.
- 4) Si valutano gli sbilanciamenti dei terminali.
- 5) Si bilancia la rete riducendo la sezione dei tronchi e dei rami. Nel metodo in questione, dopo il pre dimensionamento, la rete è in genere intrinsecamente sbilanciata, con sbilanciamenti che possono essere di grande entità. Per questo, l'azione di bilanciamento con riduzione di sezione deve interessare sia i tronchi sia i rami. Agendo solo sui rami, si dovrebbero ridurre eccessivamente le corrispondenti sezioni, raggiungendo delle velocità dell'aria eccessive, in termini di rumorosità indotta. Nell'azione di bilanciamento sarà necessario prestare attenzione a non superare nei tronchi e nei rami le velocità consigliate/massime.
- 6) Qualora, dopo l'azione di bilanciamento di cui al punto precedente, sussistano ancora sbilanciamenti non accettabili, si provvede ad annullare questi ultimi tramite serrande di taratura. Esse possono essere posizionate o sui segmenti di rete (tronchi/rami), o direttamente sui terminali.

Nella prima ipotesi, per una rete dimensionata col metodo a perdita di pressione costante, è necessario cercare di posizionare le serrande in maniera distribuita sia sui tronchi, sia sui rami, a valle delle diramazioni/confluenze; infatti, anche dopo l'azione di bilanciamento di cui al punto precedente, possono permanere degli sbilanciamenti consistenti, a causa della natura del metodo di dimensionamento e della disponibilità di diametri commerciali; tali sbilanciamenti non possono essere annullati inserendo serrande esclusivamente sui rami, in quanto queste dovrebbero introdurre delle perdite concentrate consistenti, inducendo fenomeni di rumorosità che potrebbero trasmettersi fino ai terminali e quindi in ambiente. Si agisce quindi posizionando serrande sia sui rami sia sui tronchi, in maniera da inserire in più punti perdite concentrate di minore entità. Qualora si prevedano invece esclusivamente serrande sui terminali, è opportuno comunque prestare attenzione alla massima perdita di pressione introducibile con esse, in relazione al possibile insorgere di problemi di rumorosità; è chiaro che questa soluzione è accettabile solo nei casi in cui gli sbilanciamenti residui risultanti dopo l'azione di bilanciamento di cui al punto precedente sono contenuti.

Le canalizzazioni dell'aria saranno realizzate con condotte in PVC coibentato. Le sezioni sono variabili in funzione della portata d'aria necessaria sul tratto.

Il calcolo delle sezioni è stato eseguito con il software "Edilclima" che tiene presente la rugosità delle condotte, delle varie perdite di carico e vari elementi di calcolo.

Si fissa la velocità massima dell'aria nei condotti principali pari a 4 m/s. Nelle condotte secondarie, da collegare alle griglie di aerazione, all'interno dei locali, la velocità massima dell'aria è stata imposta non superiore 2 m/s.

In sintesi i dati di calcolo sono rappresentati nella tabella sottostante che indica i vari tratti contraddistinti nella tavola grafica di riferimento dell'impianto di aria primaria.

Per il calcolo ed i relativi valori delle sezioni dei canali di ventilazione in mandata e ripresa si rimanda allo specifico elaborato allegato alla presente.

I diffusori dovranno essere del tipo lineari a feritoie con deflettore a goccia, realizzati in alluminio anodizzato estruso, provvisti di deflettore nero in PPE per le mandate, mentre per la ripresa sono state utilizzate griglie sia di forma rettangolare che conica.

In sintesi, le apparecchiature da installare per l'impianto VMC saranno sommariamente le seguenti:

- recuperatore di calore con portate varie e pressione statica utile 200 Pa del tipo statico a flussi incrociati interamente realizzato in alluminio. In corrispondenza dello stesso è prevista una vasca per il drenaggio della condensa;
- ventilatori del tipo centrifugo a doppia aspirazione con motore elettrico direttamente accoppiato. I motori sono a 3 velocità mentre le giranti sono bilanciate sia staticamente che dinamicamente per ridurre al minimo le vibrazioni ed il rumore;
- all'interno delle unità saranno montate le celle filtranti ondulate in fibra sintetica, telaio in acciaio zincato e reti di protezione in filo di acciaio zincato elettrosaldato;
- gruppo post trattamento invernale/estivo per il recuperatore di calore;
- canalizzazioni d'aria di sezioni varie in PVC coibentato compresi raccordi e derivazioni;
- griglie di ripresa e immissione da installare a parete o soffitto in funzione dei locali da servire.

iii. POMPA DI CALORE

L'impianto di condizionamento deve funzionare in modo intermittente, sia nell'arco della giornata, che nell'arco della settimana, e deve inoltre funzionare nelle modalità di riscaldamento che di raffreddamento.

Di conseguenza si è scelto un sistema a pompa di calore/refrigeratore. Dall'analisi energetica si è potuto constatare, il fabbisogno termico maggiore si ha nel periodo di gennaio, e in base a questo dato si dimensiona il dispositivo, che dovrà avere una potenzialità termica non inferiore a 250 kW. Dai dati tecnici di alcuni dispositivi commerciali, si sceglie un modello avente le seguenti caratteristiche tipiche.

Pompa di calore e refrigeratore, aria/acqua, con ventilatori assiali, gas refrigerante R410A, temperatura max acqua prodotta 60°, temperatura massima esterna 42°C, temperatura minima esterna -20 °C, provvista di pompa inverter avente prevalenza non inferiore a 51 kPa, corrente massima 23,6 A, corrente allo spunto 10 A, attacco idraulico 1" ¼, pressione sonora 36,7 dB(A), potenza sonora 67,7 dB(A).

Funzionamento a caldo acqua 40/45 °C, aria 7° C b. s. 6° b. u.:

- Potenza termica: 257,70 kW;
- Potenza assorbita 82,80 kW;
- Corrente assorbita totale: 146 A;
- COP: 3,11;
- Portata acqua 44.784 l/h;
- Perdite di carico totali: 57 kPa.
- SCOP: 3,73 W/W

Funzionamento a freddo acqua 12/7 °C - aria esterna 35° C:

- Potenza frigorifera: 242,00 kW;
- Potenza assorbita 79,80 kW;
- Corrente assorbita totale: 138 A;
- Portata acqua 41.580 l/h;
- Perdite di carico totali: 71 kPa.
- EER: 4,00;
- SEER: 4,15 W/W
- Certificazione EUROVENT.

Il sistema di condizionamento deve inoltre essere dotato di sistema di regolazione dotato di programmatore che consenta la regolazione della temperatura ambiente nell'arco delle 24 ore. Il gruppo termoregolatore inoltre deve essere pilotato da sonda termometrica di rilevamento della temperatura esterna. Le sonde di temperatura, sia esterna che del fluido di mandata e di ritorno devono presentare una incertezza di misura inferiore a ± 1 °C. La sonda per la temperatura esterna non deve essere esposta alla radiazione solare diretta e lontana da fonti di calore. Il sistema di regolazione inoltre dovrà prevedere almeno una valvola di regolazione a tre vie motorizzata.

6. IMPIANTO DI PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

L'impianto è stato progettato tenendo conto delle modeste richieste di acqua calda dell'immobile nel suo complesso.

L'impianto è quindi stato dimensionato nella relazione idrica di adduzione con uno spillamento dal collettore principale che porta ad una serpentina del Boyler di accumulo da 1000 litri

Il bollitore dovrà presentare le seguenti caratteristiche tecniche:

- Materiale in acciaio inox AISI316-L con trattamento di decapaggio;
- Coibentazione in poliuretano spessore minimo 50 mm;

- Anodo elettronico anticorrosione;
- Rivestimento esterno in lamiera preverniciata a polveri.

