



PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



PROGETTO ESECUTIVO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Giulio Davini

I PROGETTISTI

S.I.N.T.E.C. s.r.l.



Via Oriani n.3 - Pozzuoli (NA) 80078 - P.IVA. 07780130636



Amm. Ing. Rodolfo Fisciano

Mandante

Ing. Luigi Passante



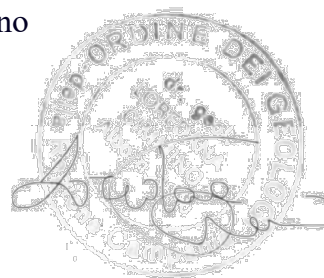
Mandante

Ing. Massimo Di Palma



Mandante

Geol. Loredana Cimmino



Mandante

Ing. Francesca Rosaria Fele



| | | |
|------------------------------------|--|-----------|
| ELABORATO N. EID-RTI | TITOLO ELABORATO Relazione Tecnica di Calcolo Impianti Meccanici | SCALA |
| | | REVISIONE |



OGGETTO: RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE E MESSA IN SICUREZZA DEL 21°
CIRCOLO DIDATTICO SCUOLA DELL'INFANZIA "MARCO AURELIO"

C.U.P.: B68I22000170006

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO IMPIANTI MECCANICI

Sommario

| | |
|---|----|
| 1. PREMESSA..... | 3 |
| 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO..... | 4 |
| 3. STATO DI FATTO..... | 5 |
| 4. STATO DI PROGETTO | 6 |
| 4.1 Dati generali di progetto | 7 |
| 4.2 Condizioni termo-igrometriche di progetto..... | 7 |
| 4.3 Carichi di progetto..... | 7 |
| 4.4 Descrizione impianto termico | 8 |
| 4.4.1 Dimensionamento terminali di scambio termico | 9 |
| 4.4.3 Distribuzione fluido termovettore..... | 10 |
| 4.5 Descrizione impianto per la produzione di ACS | 11 |
| 4.6 Descrizione impianto di riscaldamento/raffrescamento mediante Monosplit | 12 |
| 4.7 Ricambio d'aria..... | 12 |
| 4.7.1 Dimensionamento del sistema di distribuzione | 14 |
| 4.7.2 Recuperatore di calore a Flusso incrociato | 18 |
| 5. CONCLUSIONI | 19 |

1. PREMESSA

La presente relazione si pone l'obiettivo di definire la progettazione dell'impianto meccanico Relativo all' "Intervento di messa in sicurezza ed efficientamento energetico Scuola dell'Infanzia Marco Aurelio in via Marco Aurelio 93 Napoli". L'edificio oggetto di intervento, che ospita il 21° Circolo Scuola dell'Infanzia "Marco Aurelio" ricade in "Municipalità 9 – Soccavo" ed è sito in Napoli alla via Marco Aurelio n° 93. I lavori da eseguire prevedono principalmente i seguenti interventi :

- Sostituzione dei generatori attuali per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria (ACS);
- Sostituzione radiatori in ghisa con radiatori in alluminio;
- Installazione di monosplit nelle aule, refettorio ed ufficio.
- Installazione di impianto per la ventilazione meccanica.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- UNI 8364 Impianti di riscaldamento controllo e manutenzione;
- UNI 10412 Impianti di riscaldamento ad acqua calda. Prescrizioni per la sicurezza;
- UNI 9182 Edilizia - Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua calda e fredda - Criteri di progettazione, collaudo e gestione;
- UNI 7128 Impianti a gas per uso domestico alimentati da reti di distribuzione - Termini e definizioni;
- UNI 7129 Impianti a gas per uso domestico alimentati da reti di distribuzione - Progettazione, installazione e manutenzione.
- UNI EN 12975-1:2006 Impianti solari termici e loro componenti – Collettori solari – Parte 1: Requisiti generali
- UNI EN 12976-1:2006 Impianti solari termici e loro componenti – Impianti prefabbricati – Requisiti generali
- UNI 10339 Impianti aerulici a fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti - Regole per la richiesta di offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.
- UNI EN 1505 Ventilazione negli edifici. Condotte metalliche e raccordi a sezione rettangolare – Dimensioni.
- UNI EN 13779:2008 Ventilazione degli edifici non residenziali – Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione

3. STATO DI FATTO

Lo stato di fatto, della scuola oggetto di intervento, relativo agli impianti meccanici è costituito da un impianto per il riscaldamento realizzato mediante una caldaia tradizionale, un sistema di distribuzione e dei radiatori e da n°3 boiler elettrici per l'ACS. All'interno della centrale termica sono presenti una caldaia tradizionale con bruciatore, un vaso di espansione, sistemi di misurazione e due pompe gemellari che pompano il fluido termovettore (acqua) verso i terminali mediante tubazioni. Dalla centrale termica parte la tubazione di mandata della caldaia verso i terminali di scambio termico, ovvero, i radiatori, posti nei vari ambienti interni dell'edificio. I radiatori presenti sono in ghisa nel corpo centrale e nelle aule, mentre nel corpo in acciaio sono presenti radiatori in alluminio. La distribuzione è eseguita mediante lo schema a ritorno diretto. I boiler sono da 80 l ognuno e sono posti nei tre bagni. È presente uno split nella sala professori.

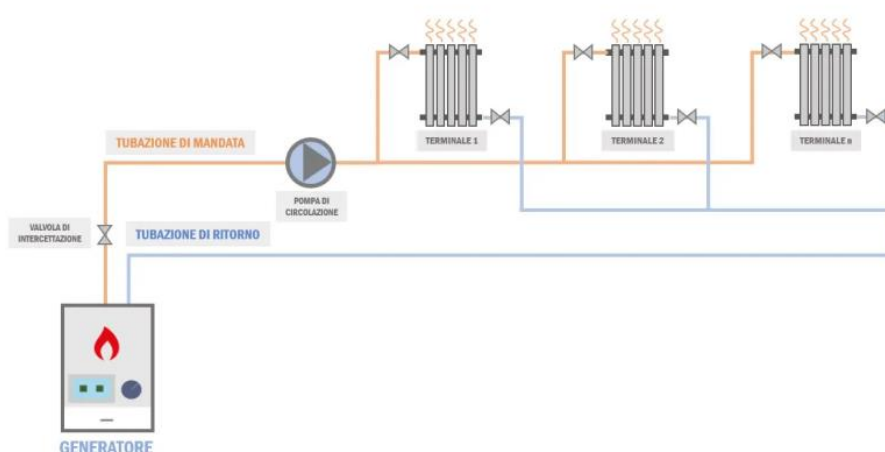


Figura 1 Impianto di riscaldamento esistente



Figura 2 Boiler elettrico per l'ACS

4. STATO DI PROGETTO

Lo stato di progetto per la scuola, oggetto di intervento, relativo alla realizzazione di impianti meccanici è stato realizzato tenendo conto di tutti i fattori relativi al benessere degli occupanti. Gli interventi relativi allo stato di progetto sono di seguito elencati:

- Sostituzione del generatore esistente per il riscaldamento (caldaia tradizionale) con caldaia a condensazione;
- Sostituzione dei radiatori in ghisa esistenti con radiatori in alluminio nel solo corpo centrale;
- Sezionamento della rete di distribuzione in prossimità delle diramazioni delle aule e rimozione dei radiatori presenti nelle aule.
- Sostituzione dei generatori esistenti per l'ACS (Boiler elettrici) con sistema di accumulo termico alimentato mediante n°2 collettori solari ed integrazione termica mediante la medesima caldaia a condensazione. L'integrazione avverrà mediante una serpentina avente una superficie di scambio termico in cui scorre il fluido termovettore riscaldato dalla caldaia;
- Installazione di n°6 monosplit nelle aule, refettorio e ufficio;

- Realizzazione di impianto di ventilazione meccanica per il solo ricambio d'aria con l'installazione di recuperatore di calore, canalizzazioni per l'aria e diffusori/griglie per la mandata ed il ritorno dell'aria.

4.1 Dati generali di progetto

Il sito, oggetto di intervento, si trova nel comune di Napoli, precisamente nel quartiere di Soccavo in Via Marco Aurelio 93 ed appartiene alla zona climatica C.

COMUNE

Comune: **NAPOLI** CAP: **80100**

Provincia: **NAPOLI** Sigla: **NA**

Regione: **CAMPANIA**

Dati geografici: Latitudine: 40°50'25" Longitudine: 14°11'20" Altitudine: 86 m

DATI INVERNALI DI PROGETTO

Zona Climatica C

Temperatura esterna [°C]: **1.53**

Umidità relativa esterna [%]: **48.80**

Gradi Giorno: **1034**

Velocità Vento [m/s]: **3.74**

DATI ESTIVI DI PROGETTO

Temperatura esterna [°C]: **31.9**

Umidità relativa esterna [%]: **46.8**

Escursione termica giornaliera [°C]: **10.0**

Riduzione irrad. TOT per foschia [%]: **0.0**

TEMPERATURE MEDIE MENSILI [°C]

| gen | feb | mar | apr | mag | giu | lug | ago | set | ott | nov | dic |
|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 9.4 | 8.4 | 11.1 | 14.2 | 18.9 | 22.6 | 24.7 | 25.2 | 21.3 | 17.6 | 11.3 | 9.5 |

UMIDITA' RELATIVA MENSILE [%]

| gen | feb | mar | apr | mag | giu | lug | ago | set | ott | nov | dic |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 80.00 | 76.30 | 70.40 | 78.60 | 64.10 | 67.70 | 63.90 | 61.10 | 71.20 | 72.80 | 72.20 | 75.70 |

Figura 3 Dati climatici della zona oggetto di intervento

4.2 Condizioni termo-igrometriche di progetto

| | |
|------------------------------------|-----------|
| Temperatura interna invernale | 20°C ± 1 |
| Temperatura interna estiva | 26°C ± 1 |
| Umidità relativa interna estiva | 50% ± 10% |
| Umidità relativa interna invernale | 50% ± 10% |

4.3 Carichi di progetto

I carichi di progetto sono stati calcolati mediante apposito programma di calcolo, gli output del software, ovvero, i carichi termici di progetto invernale sono stati utilizzati per il dimensionamento

dell'impianto di riscaldamento. Di seguito, nella tabella, è possibile visualizzare i carichi termici invernali di progetto:

| Carico termico | |
|------------------------|--|
| <i>Vano</i> | <i>Carico di progetto invernale \dot{Q}_p [w]</i> |
| Aula 1 | 3226 |
| Aula 2 | 3253 |
| Aula 3 | 3238 |
| Atrio | 2534 |
| Spogliatoio/Lavanderia | 848 |
| Ufficio | 1506 |
| Corridoio | 7392 |
| Bagno 1 | 590 |
| Bagno 2 | 2630 |
| Bagno 3 | 510 |
| Scodellamento | 1157 |
| Refettorio | 6037 |

Tabella 1 Carichi di progetto invernale per ogni singolo vano

4.4 Descrizione impianto termico

Per l'impianto termico, relativo al riscaldamento, della scuola oggetto di intervento, si procederà in parete con l'installazione di una caldaia a condensazione all'interno della presente centrale termica, la quale verrà collegata alle tubazioni di distribuzione esistenti mediante uno scambiatore di calore a piastre, che funge da interfaccia tra la parte di impianto esistente ed il nuovo generatore. Le tubazioni di distribuzione del fluido termovettore per il riscaldamento non verranno sostituite e verranno sezionate ed eliminate le diramazioni verso le tre aule in quanto si è scelto di bilanciare i carichi termici invernali con un'altra tipologia di impianto. Per quanto riguarda i terminali di scambio termico, quelli in ghisa presenti nel corpo centrale verranno sostituiti, con radiatori in alluminio, mentre i radiatori nel corpo in acciaio non verranno sostituiti in quanto sono già in alluminio, ad ogni radiatore sostituito verranno installate le valvole termostatiche per la regolazione. Per il riscaldamento invernale delle aule, del refettorio e l'uffici, verranno installati n°6 Monosplit.

4.4.1 Dimensionamento terminali di scambio termico

Per il dimensionamento dei terminali di scambio termico locale, ovvero, i radiatori, si fa riferimento ai carichi termici di ogni vano. I carichi individuati con apposito programma di calcolo sono elencati nel capitolo 2.3. Per ogni vano si considera il carico termico di progetto, dopodiché il carico termico viene diviso per la potenza termica del singolo elemento del radiatore, individuabile mediante cataloghi tecnici. Si ottiene quindi il numero di elementi di ogni radiatore da dover installare nei vari ambienti:

$$N = \dot{Q} / \dot{q}$$

Dove:

- N: numero di elementi del radiatore;
- \dot{Q} : carico termico di progetto invernale;
- \dot{q} : Potenza termica del singolo elemento di scambio termico.

È stato considerato che ogni elemento del radiatore con Δt di 50 K scambia una potenza termica pari a 150 W. Dove Δt è pari a :

$$\Delta t = \frac{t_{m,acqua} + t_{r,acqua}}{2} - t_i$$

Dove:

- $t_{m,acqua}$: temperatura di mandata acqua dalla caldaia ai radiatori;
- $t_{r,acqua}$: temperatura di ritorno acqua dai radiatori alla caldaia;
- t_i : temperatura ambiente interno;
- Δt : temperatura media aritmetica tra mandata e ritorno meno la temperatura ambiente.

Di seguito è possibile visualizzare i terminali da installare nei vari ambienti interni della scuola:

| Terminali di scambio termico | | | | | | |
|------------------------------|------------|------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------------|--|
| | A netta | V netto | Carico di progetto invernale | Numero Terminali | Qp per elemento 80 cm | N. elementi richiesti per terminale |
| Vano | Area | V | Qp | Radiatori | | |
| | [mq] | [mc] | [W] | | | |
| Aula 1 | 37,1 | 125,4 | 3226 | rimoz | | |
| Aula 2 | 37,1 | 125,6 | 3253 | rimoz | | |
| Aula 3 | 37,1 | 125,6 | 3238 | rimoz | | |
| Ingresso | 17,0 | 51,0 | 2534 | 1 | 150 | 18 |
| Spogliatoio/Lavanderia | 8,8 | 26,4 | 848 | 1 | 150 | 6 |
| Bagno 1 | 4,25 | 12,8 | 590 | 1 | 150 | 4 |
| Corridoio | 76,3 | 227,4 | 7392 | 3 | 150 | 18 |
| Uffici | 14,9 | 44,6 | 1506 | 1 | 150 | 10 |

| | | | | | | |
|------------|------|-------|------|---|-----|----|
| Bagno 2 | 26,2 | 78,7 | 2630 | 2 | 150 | 10 |
| Bagno 3 | 3,8 | 11,5 | 510 | 1 | 150 | 3 |
| Cucina | 10,9 | 32,6 | 1157 | 1 | 150 | 8 |
| Refettorio | 46,8 | 186,7 | 6037 | 2 | 150 | 20 |

Tabella 2 Terminali di scambio termico per ogni vano

4.4.2 Dimensionamento Caldaia a condensazione

La caldaia è stata dimensionata tenendo conto dei carichi termici valutati mediante apposito programma di calcolo e di conseguenza il numero di terminali scelti, da questi dati si è dedotto, facendo la somma delle varie potenze termiche da fornire per ogni terminale tenendo conto di eventuali dispersioni termiche, che la potenza termica per il solo riscaldamento è pari a 21,5 kW. La caldaia oltre a realizzare riscaldamento funge da integrazione termica per l'impianto dell'ACS, pertanto è stata scelta una caldaia a condensazione da **28,8 kW**.

| Vani | N. elementi richiesti per terminale | Potenza Terminali singoli | n°terminali | Potenza totale terminali |
|------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------|--------------------------|
| | | [W] | Radiatori | [W] |
| Ingresso | 18 | 2700 | 1 | 2700 |
| Spogliatoio/lavanderia | 6 | 900 | 1 | 900 |
| Bagno 1 | 4 | 600 | 1 | 600 |
| Corridoio | 18 | 2700 | 3 | 8100 |
| Ufficio | 10 | 1500 | 1 | 1500 |
| Bagno 2 | 10 | 1500 | 2 | 3000 |
| Bagno 3 | 3 | 450 | 1 | 450 |
| Scodellamento | 8 | 1200 | 1 | 1200 |
| Refettorio | 10 | 1500 | 2 | 3000 |
| TOT | | | | 21450 |

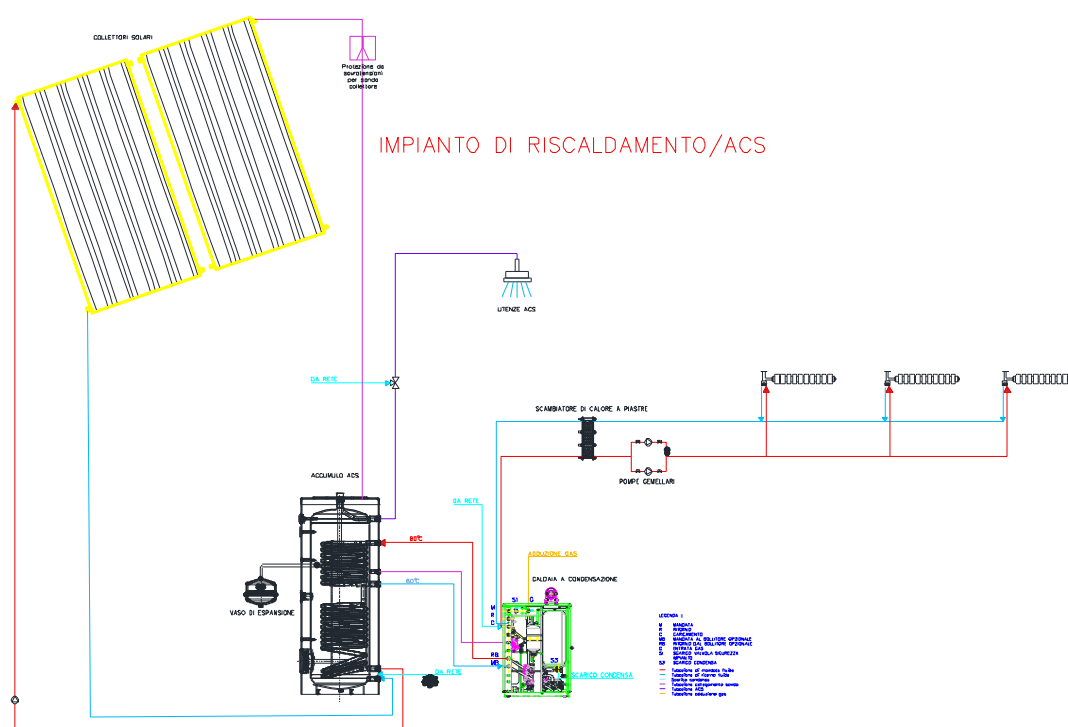
Tabella 3 Calcolo potenza richiesta per i terminali di scambio termico locale (RADAI TORI)

4.4.3 Distribuzione fluido termovettore

Le tubazioni di distribuzione del fluido termovettore non verranno sostituite, pertanto rimarranno quelle esistenti.

4.5 Descrizione impianto per la produzione di ACS

Per la produzione di ACS verrà realizzato un impianto composto da un accumulo termico di 300 l alimentato mediante n°2 collettori solari di superficie captante netta di 2,3 mq ciascuna. L'accumulo termico, inoltre, presenta l'integrazione termica all'occorrenza mediante caldaia a condensazione che realizza il riscaldamento come nei paragrafi precedenti enunciato. Di seguito è possibile visualizzare lo schema funzionale dell'impianto:



Si è considerato un accumulo da 300 l maggiore rispetto ai litri contenuti nei 3 boiler elettrici da 80 l ciascuno presenti nello stato di fatto. Per l'integrazione termica effettuata mediante la caldaia si è tenuto conto del fatto che per innalzare la temperatura, di 1 l di acqua, di 1°C, sono necessari 1,16 Wh. Pertanto nel caso più sfavorevole possibile per riscaldare 300 l di acqua da 10°C (temperatura dell'acqua di rete) a 45°C si necessita di 12,2 kWh trovati mediante la seguente formula:

$$E = 1.16 \text{ V dT (Wh)}$$

Dove:

V: volume di acqua da scaldare (V in litri);

dT: L'innalzamento termico (dT in gradi Celsius);

1,16: fabbisogno di energia per innalzare di 1°C 1 l di acqua.

Con la seguente formula è possibile valutare la potenza termica utile da fornire all'accumulo termico, in maniera costante, per un ora di funzionamento, ovvero 12,2 kW, mentre, se volessimo

considerare un periodo di 2 ore, la potenza utile da fornire all'accumulo in modo costante sarebbe di 6,1 kW. Si è scelta, quindi, una caldaia da 28,8 kW, di cui 21,5 kW per il riscaldamento, al fine di soddisfare il fabbisogno degli occupanti della scuola. Si noti che la temperatura all'interno di un accumulo termico non può scendere al di sotto di 45°C per questioni legate alla legionella, quindi, il presente caso più sfavorevole si verificherà solo nel momento in cui si effettuerà l'installazione e messa in funzione dell'impianto per l'ACS.

4.6 Descrizione impianto di riscaldamento/raffrescamento mediante Monosplit

Per le zone con destinazione d'uso aule, refettorio e ufficio, verranno installati n°6 monosplit sia per il riscaldamento che per il raffrescamento. Per il dimensionamento dei presenti si è tenuto conto dei carichi invernali ed estivi calcolati mediante software di calcolo.

| <i>vano</i> | <i>Carico di progetto invernale \dot{Q}_{invp} [w]</i> | <i>Carico di progetto estivo \dot{Q}_{estp} [w]</i> |
|-------------------|---|--|
| Aula 1 | 3226 | 3708 |
| Aula 2 | 3253 | 3706 |
| Aula 3 | 3238 | 3833 |
| Ufficio | 1506 | 1647 |
| Refettorio | 6037 | 6771 |

Tabella 4 Carichi termici di progetto estivi ed invernali per vani alimentati mediante Monosplit

In base ai carichi termici estivi ed invernali si è deciso di installare n°3 monosplit da 12K BTU uno per ogni aula e n°3 monosplit da 9000 BTU per il refettorio (n°2 monosplit) e l'ufficio (n°1 monosplit). Si rimanda ai grafici per ulteriori informazioni e per il layout.

4.7 Ricambio d'aria

Per l'edificio, oggetto di intervento, si effettuerà la realizzazione di un impianto di ventilazione meccanica per il ricambio d'aria degli ambienti interni. L'impianto di ventilazione meccanica sarà realizzato mediante una macchina esterna, ovvero, un recuperatore di calore che effettuerà il ricambio d'aria realizzando un preriscaldamento/preraffrescamento dell'aria che viene aspirata dall'esterno e convogliata verso l'ambiente interno realizzato mediante uno scambiatore di calore a flussi incrociati, presente all'interno del recuperatore, che scambia potenza termica tra il fluido di mandata e di espulsione.

Per il dimensionamento dell'impianto di ventilazione forzata si è partiti col calcolo delle portate d'aria per gli ambienti interni come da normativa vigente, dalla seguente tabella è possibile visualizzare il metodo:

| Ricambio aria | | | | | | | |
|------------------------|---------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------------|---|--|------------------------------------|
| | Area netta | Volume netto | Numero di persone | Portata minima per persona | Efficienza di ventilazione recuperatore | Potata di aria minima rinnovo | Portata d'aria di estrazione |
| Vano | Area [mq] | V [mc] | N [P] | Qop [mc/hp] | | Vrin [mc/h] | Vest [mc/h] |
| Aula 1 | 37 | 125 | 19 | 14,4 | 0,8 | 350 | 350 |
| Aula 2 | 37 | 126 | 19 | 14,4 | 0,8 | 350 | 350 |
| Aula 3 | 37 | 126 | 19 | 14,4 | 0,8 | 350 | 350 |
| Ingresso | 17 | 51 | | | | | |
| Spogliatoio/Lavanderia | 9 | 26 | | estrazioni | | | 215 |
| Bagno 1 | 4 | 13 | | estrazioni | | | 110 |
| Corridoio | 76 | 227 | | | | | |
| ufficio | 15 | 45 | 6 | 21,6 | 0,8 | 160 | 160 |
| Bagno 2 | 26 | 79 | | estrazioni | | | 650 |
| Bagno 3 | 4 | 12 | | estrazioni | | | 100 |
| Scodellamento | 11 | 33 | 4 | 14,4 | 0,8 | 80 | 80 |
| Refettorio | 47 | 187 | 30 | 14,4 | 0,8 | 540 | 540 |
| Tot | | | | | | 1830 | 2905 |

Tabella 5 Portate di mandata e immissione aria

Il calcolo della portata di immissione è stato effettuato considerando la destinazione d'uso dell'edificio oggetto di intervento, ovvero, scuola materna, si è, quindi, considerato come da normativa la portata minima per persona pari a $Q_{op}=4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ per le aule e $Q_{op}=6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ per l'ufficio, per i servizi e bagni è stata considerata la sola estrazione pari a 8 vol/h per ogni stanza. Trovate le portate minime di immissione per persona si è moltiplicato per le persone presenti in ogni ambiente.

In questo modo, tenendo conto dell'efficienza di ventilazione del recuperatore di calore e, quindi, del fattore di by-pass, che si verifica per questioni relative alla mancata miscelazione dell'aria di immissione con l'aria presente nell'ambiente interno, si è garantita la portata minima di ricambio aria dettata dalla normativa.

4.7.1 Dimensionamento del sistema di distribuzione

Il metodo utilizzato per il dimensionamento delle canalizzazioni è quello a caduta di pressione costante. Tale metodologia è quella maggiormente utilizzata per gli impianti a bassa pressione e prevede di assumere che la perdita di carico al metro lineare sia costante. Le condotte dimensionate attraverso tale metodologia sono solitamente caratterizzate da un minore fabbisogno di potenza elettrica del ventilatore e da una più facile equilibratura dell'impianto.

La procedura da seguire per il dimensionamento dei canali è in questo caso la seguente:

- Si individua il tratto del circuito più sfavorito in termini di caduta di pressione e ponendosi immediatamente a valle del ventilatore di mandata, nel tronco a sezione costante, si fissa la velocità dell'aria al fine di evitare eccessive cadute di pressione e di contenere la rumorosità del flusso d'aria. La velocità consigliata ai fini del confort acustico per i condotti principali nelle scuole va dai 5 ai 6,5 m/s. Al fine di ridurre l'ingombro dei canali è stata considerata la velocità massima pari a 6,5 m/s;
- Successivamente per tale valore di velocità si ricava la sezione trasversale del canale da cui, nota la portata è possibile ricavare la massima caduta di pressione per metro di lunghezza lineare di condotto $\Delta p/L$ da appositi diagrammi, come quello riportato nella figura successiva, da cui è possibile quindi ricavare la caduta di pressione totale essendo nota la lunghezza del canale principale del tronco sfavorito;

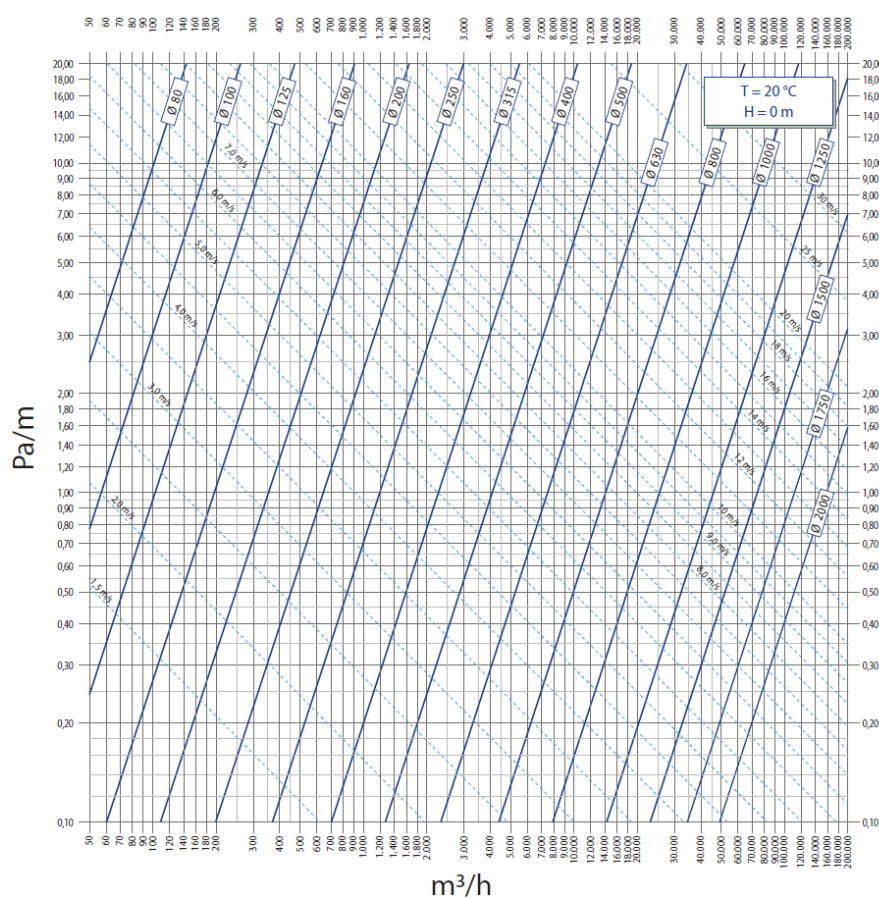


Figura 4 Perdite di carico continue dell'aria - Condotti circolari rugosi

Per i canali rettangolari la perdita di carico continua si può ricavare trasformando la sezione circolare equivalente in sezione rettangolare utilizzando un apposita tabella di conversione nella quale sono riportate, per ogni sezione rettangolare, il diametro e la velocità dell'aria nel condotto circolare equivalente.

- Sui rimanenti tratti a sezione costante del circuito più sfavorito con la caduta di pressione per unità di lunghezza misurata e noto il valore di portata d'aria, si calcolano le velocità dell'aria, l'area delle sezioni trasversali e le cadute di pressione totali;
- Sommando le cadute di pressione totali dei vari tronchi del circuito più sfavorito si ricava la prevalenza H' del ventilatore di mandata;
- Per quanto concerne le diramazioni, si procede fissando un valore per l'area della sezione trasversale di primo tentativo poiché, nota la portata, si ricava la velocità dell'aria e quindi la caduta di pressione totale;
- Si verifica che la caduta di pressione sul circuito più sfavorito calcolata sia coincidente con quella data dal recuperatore di calore (rete bilanciata). Se tale verifica non è soddisfatta si modifica l'area della sezione trasversale fino a soddisfare la condizione per cui la rete è bilanciata;
- Se l'area della sezione trasversale che verifica la suddetta condizione determina una velocità dell'aria nel canale maggiore di quella consentita ai fini del comfort acustico, si considera l'area minima della sezione trasversale tale che la velocità risulti adeguata e si introduce una caduta di pressione concentrata nel tronco considerato mediante l'installazione di una serranda mobile.

Il percorso delle canalizzazioni è stato sviluppato al fine di non essere ostacolato dalla presenza di elementi architettonici (come travi, finestre e portefinestre) e/o impiantistici.

Il dimensionamento è stato sviluppato mediante appositi software di calcolo, che hanno permesso il corretto dimensionamento del ramo principale e dei secondari.

Nelle seguenti tabelle vengono riassunti i dati in uscita dal calcolo, in cui vengono riportate le varie portate d'aria circolanti nei vari tratti, definiti "tronchi", le velocità assunte e le dimensioni calcolate per canali di sezione rettangolare ($b \cdot h$) e la caduta di pressione totale per tutti i rispettivi tronchi.

I dati vengono riportati per entrambe le canalizzazioni in mandata e ripresa dell'aria.

| MANDATA | | | | Dimensioni condotto | | | | |
|------------|------------|------------------------------|---------------|---------------------|-----|-----|---|-------|
| Vano | Tronco | Portata | Velocità aria | b | h | Deq | L | Dptot |
| | | m ³ /h | m/s | mm | mm | mm | m | Pa |
| | 1 | 1830 | 6,5 | 350 | 250 | 325 | 6 | 8,6 |
| Refettorio | Secondario | 270 | 4,7 | 150 | 150 | 165 | 1 | 1,8 |
| | | Perdita aggiuntiva diffusore | | | | | | 20 |

| | | | | | | | | |
|---------------|------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | 2 | 1560 | 6,3 | 300 | 250 | 300 | 3 | 4,4 |
| Refettorio | Secondario | 270 | 4,7 | 150 | 150 | 165 | 1 | 1,8 |
| | | Perdita aggiuntiva diffusore | | | | | | 20 |
| | 3 | 1290 | 6 | 300 | 200 | 270 | 6 | 9,3 |
| Aula 3 | Secondario | 350 | 4,8 | 250 | 10 | 170 | 3,3 | 6 |
| | | Perdita aggiuntiva griglia | | | | | | 18 |
| | 4 | 930 | 5,7 | 300 | 200 | 270 | 1 | 1,4 |
| Scodellamento | Secondario | 80 | 4,1 | 150 | 50 | 95 | 1,5 | 4,1 |
| | | Perdita aggiuntiva griglia | | | | | | 18 |
| | 5 | 860 | 5,6 | 250 | 200 | 245 | 11 | 16,8 |
| Aula 2 | Secondario | 350 | 4,8 | 250 | 100 | 170 | 3,3 | 6 |
| | | Perdita aggiuntiva griglia | | | | | | 18 |
| | 6 | 510 | 5,1 | 250 | 150 | 210 | 4,3 | 6,8 |
| Ufficio | Secondario | 160 | 4,4 | 200 | 100 | 155 | 1,3 | 2,2 |
| | | Perdita aggiuntiva griglia | | | | | | 18 |
| Aula 1 | 7 (sfav.) | 350 | 4,8 | 250 | 100 | 170 | 6,5 | 11,8 |
| | | Perdita aggiuntiva griglia | | | | | | 18 |

Tabella 6 - Dimensionamento rete di mandata

| RIPRESA | | | | Dimensioni condotto | | | | |
|------------|------------|------------------------------|------------------|---------------------|-----|-----|-----|-------|
| Vano | Tronco | Portata | Velocità aria | b | h | Deq | L | Dptot |
| | | m ³ /h | m/s | mm | mm | mm | m | Pa |
| | 1 | 2905 | 6,5 | 500 | 250 | 385 | 4,3 | 5,9 |
| Refettorio | Secondario | 305 | 4,1 | 150 | 150 | 165 | 4 | 6,8 |
| | | Perdita aggiuntiva diffusore | | | | | | 15 |
| | 2 | 2600 | 6,4 | 500 | 250 | 385 | 7 | 9,2 |
| Refettorio | Secondario | 305 | 4,1 | 150 | 150 | 165 | 2,8 | 5,9 |
| | | Perdita aggiuntiva diffusore | | | | | | 15 |
| | 3 | 2295 | 6,2 | 450 | 250 | 365 | 2,5 | 3,4 |
| Corridoio | Secondario | 305 | 4,1 | 150 | 150 | 165 | 0,5 | 0,8 |
| | | Perdita aggiuntiva diffusore | | | | | | 15 |

| | | | | | | | | |
|-------------|------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 4 | 1990 | 6 | 450 | 250 | 365 | 7,4 | 9,3 |
| Bagno 3 | Secondario | 100 | 4,1 | 100 | 100 | 110 | 0,5 | 1,4 |
| | | Perdita aggiuntiva diffusore | | | | | | 15 |
| | 5 | 1890 | 5,9 | 400 | 250 | 345 | 0,5 | 0,7 |
| Corridoio | Secondario | 305 | 4,1 | 150 | 150 | 165 | 0,5 | 0,8 |
| | | Perdita aggiuntiva diffusore | | | | | | 15 |
| | 6 | 1585 | 5,7 | 350 | 250 | 325 | 1 | 1,3 |
| Bagno 2 | Secondario | 325 | 4,1 | 150 | 150 | 165 | 0,5 | 0,4 |
| | | Perdita aggiuntiva diffusore | | | | | | 15 |
| | 7 | 1260 | 5,5 | 300 | 250 | 300 | 7 | 9,6 |
| Corridoio | Secondario | 305 | 4,1 | 150 | 150 | 165 | 0,5 | 0,8 |
| | | Perdita aggiuntiva diffusore | | | | | | 15 |
| | 8 | 955 | 5,3 | 250 | 200 | 245 | 1,5 | 2,5 |
| Bagno 2 | Secondario | 325 | 4,2 | 150 | 150 | 165 | 0,7 | 1,2 |
| | | Perdita aggiuntiva diffusore | | | | | | 15 |
| | 9 | 630 | 5 | 200 | 200 | 220 | 5,5 | 9,4 |
| Bagno 1 | Secondario | 110 | 4,5 | 100 | 100 | 110 | 1,7 | 5,5 |
| | | Perdita aggiuntiva diffusore | | | | | | 15 |
| | 10 | 520 | 4,8 | 150 | 200 | 190 | 2 | 3,8 |
| Corridoio | Secondario | 305 | 4,1 | 150 | 150 | 165 | 0,5 | 0,8 |
| | | Perdita aggiuntiva diffusore | | | | | | 15 |
| Spogliatoio | 11 (sfav.) | 215 | 4,2 | 100 | 150 | 135 | 1,3 | 2,9 |
| | | Perdita aggiuntiva diffusore | | | | | | 15 |

Tabella 7 - Dimensionamento rete di ripresa

Il percorso delle canalizzazioni si può evincere dagli elaborati grafici in allegato.

Il circuito più sfavorito pertanto avrà perdite di carico totali date dalla somma delle perdite di carico distribuite del troco principale più la perdita di carico del ramo più sfavorito e le perdite di carico del diffusore/griglia:

$$\Delta p_{sfav} = \Delta p_{tronco} + \Delta p_{ramo-sfav} + \Delta p_{griglia}$$

La perdita di carico per le condotte di mandata aria del circuito più sfavorito è pari a 65 Pa.

La perdita di carico per le condotte di ritorno aria del circuito più sfavorito è pari a 75 Pa.

Si considera una maggiorazione del 10% pertanto la perdita di carico del circuito più sfavorito per le condotte di mandata aria diventa pari a 72 Pa, e la perdita di carico del circuito più sfavorito per le condotte di ritorno aria diventa 83 Pa. Pertanto, il ventilatore di mandata aria dovrà avere prevalenza non minore di 72 Pa, mentre il ventilatore di ritorno dovrà avere prevalenza non minore di 83 Pa.

Di seguito è possibile visualizzare le caratteristiche del recuperatore di calore scelto per l'impianto di ventilazione meccanica per l'edificio oggetto di intervento.

Per il bilanciamento della rete verranno installate delle serrande in prossimità dei plenum delle griglie/diffusori.

4.7.2 Recuperatore di calore a Flusso incrociato

Si prevede la fornitura e la posa di unità per la ventilazione primaria con recupero di calore totale (sensibile e latente) attraverso lo scambio termico fra aria in espulsione ed aria di immissione, a flussi incrociati in controcorrente, per installazione esterna costituite da:

- Carrozzeria in lamiera d'acciaio zincata, dotata di isolamento in schiuma uretanica autoestinguente; filtri di depurazione dell'aria in vello fibroso pluridirezionale. Quadro elettrico in posizione laterale con accesso facilitato per le operazioni di installazione e manutenzione;
- Consumo ridotto grazie ai ventilatori DC inverter;
- Pacco di scambio termico in carta ignifuga con trattamento speciale ad alta efficienza, in posizione per accesso facilitato per le operazioni di installazione e manutenzione;
- Filtri:
 - ePM1-70 % per aria di rinnovo;
 - ePM 10-50 % (M5).
- Efficienza in recupero di calore totale =80%;
- Alimentazione: 400 V trifase a 50 Hz;
- Rumorosità max.: 71.9 dB;
- Dichiarazione di conformità alle direttive europee 89/336/EEC (compatibilità elettromagnetica), 73/23/EEC (bassa tensione) e 98/37/EC (direttiva macchine) fornita con l'unità.

5. CONCLUSIONI

In conclusione sono stati progettati gli impianti per il condizionamento ed il riscaldamento nonché la ventilazione meccanica dell'edificio oggetto di intervento, nel pieno rispetto delle normative vigenti, garantendo il benessere termo-igrometrico degli occupanti.