

## SISTEMA DI GENERAZIONE

Essendo l'edificio residenziale composto da due edifici consecutivi, si prevedono due impianti centralizzati, collocati in posizione baricentrica rispetto ai fabbricati da servire.

### Blocco residenziale analizzato

Potenza utile 38,9 kW  
Volume lordo 3905,5 m<sup>3</sup>

### Edificio residenziale a "L"

Volume lordo tot 18099,16 m<sup>3</sup>  
Potenza utile 38,9 kW : 3905,5 m<sup>3</sup> = x : 18099,16 m<sup>3</sup>  
x = (38,9 \* 18099,16) / 3905,5 = 180,27 kW

### Edificio residenziale a corte

Volume lordo tot 20906,95 m<sup>3</sup>  
Potenza utile 38,9 kW : 3905,5 m<sup>3</sup> = x : 20906,95 m<sup>3</sup>  
x = (38,9 \* 20906,95) / 3905,5 = 208,24 kW

### Blocco commerciale analizzato

Potenza utile 16,5 kW  
Volume lordo 1164,21 m<sup>3</sup>

### Spazio commerciale per l'edificio a "L"

Volume lordo tot 5718,19 m<sup>3</sup>  
Potenza utile 16,5 kW : 1164,21 m<sup>3</sup> = x : 5718,19 m<sup>3</sup>  
x = (16,5 \* 5718,19) / 1164,21 = 81,04 kW

### Spazio commerciale per l'edificio a corte

Volume lordo tot 6519,2 m<sup>3</sup>  
Potenza utile 16,5 kW : 1164,21 m<sup>3</sup> = x : 6519,2 m<sup>3</sup>  
x = (16,5 \* 6519,2) / 1164,21 = 92,40 kW

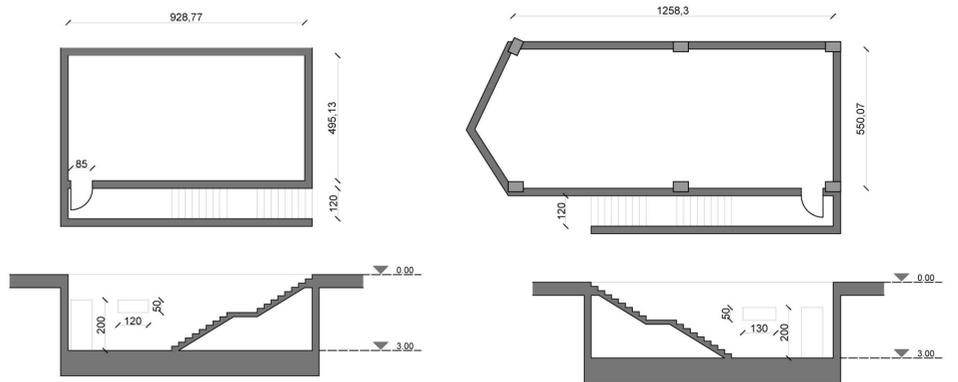
### Potenza totale per l'edificio a "L"

180,27 + 81,04 = 261,31 kW

### Potenza totale per l'edificio a corte

208,24 + 92,40 = 300,64 kW

Grazie ai risultati ottenuti dalle precedenti approssimazioni, è possibile stimare l'ingombro minimo del generatore e del locale termico collocato nell'interrato. I locali tecnici sono previsti nel piano interrato, opportunamente dimensionati, areati e raggiungibili dall'esterno.



## SISTEMA DI RAFFRESCAMENTO

Per dimensionare un impianto di raffrescamento, è possibile fare riferimento a delle tabelle che forniscono la potenza media al m<sup>2</sup> per edifici residenziali e commerciali. Sfruttando, quindi, i dati contenuti in tali tabelle, alla voce "potenza frigorifera media" si legge una potenza pari a 75 W/m<sup>2</sup> per gli appartamenti, e una potenza pari a 134 W/m<sup>2</sup> per la superficie commerciale. Con questi dati di partenza, è possibile proseguire alla determinazione della potenza totale delle due centrali frigorifere: anche in questo caso, difatti, si è scelto di centralizzare l'impianto per ciascuno dei due fabbricati.

### Edificio a "L"

Superficie res = 5074,53 m<sup>2</sup>  
Potenza res = 75 \* 5074,53 = 380,6 kW  
Superficie comm = 1368 m<sup>2</sup>  
Potenza comm = 134 \* 1368 = 183 kW  
Potenza TOT = 380,6 + 183 = 563,6 \* 1,2 = 677 kW

### Edificio a corte

Superficie res = 5861,76 m<sup>2</sup>  
Potenza res = 75 \* 5861,76 = 439,63 kW  
Superficie comm = 1559,62 m<sup>2</sup>  
Potenza comm = 134 \* 1559,62 = 209 kW

Potenza TOT = 439,63 + 209 = 649 \* 1,2 = 779 kW

In entrambi i casi, per determinare la potenza termica utile del gruppo frigorifero, il carico termico estivo è stato maggiorato del 20% tenendo in tal modo conto delle perdite dei vari sottosistemi. Per simili dimensioni, infine, è consigliabile suddividere la potenza utile in due gruppi frigoriferi, ad esempio da 340 kW nel primo caso e da 390 kW nel secondo. Questo accorgimento consente di avere sempre almeno un macchinario funzionante, nel caso in cui il secondo dovesse essere inattivo a causa di una manutenzione.

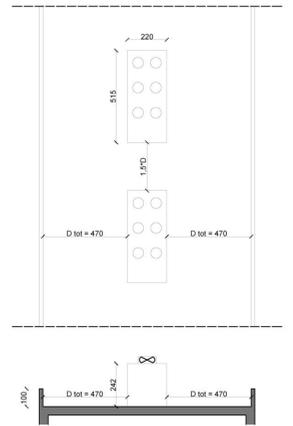
Attorno al gruppo frigorifero devono essere lasciati degli spazi di rispetto sia per garantire il regolare afflusso dell'aria alle batterie di scambio (nel caso di condensazione ad aria) che per permettere le regolari operazioni di manutenzione. Un gruppo frigorifero condensato ad aria, infatti, deve essere messo in condizione di prelevare agevolmente l'aria necessaria allo scambio termico. Essendo i gruppi frigoriferi collocati sul tetto, essi verranno posti in posizione baricentrica rispetto alla profondità del fabbricato, in modo tale da essere ugualmente distanti rispetto ai muri laterali che delimitano il piano di copertura. La distanza da tali muri deve essere pari a:

$$D_{tot} = KnD + D1 + D2$$

Per il presente progetto, si è scelto un gruppo frigo della linea RIGEL, i cui modelli consentono il raggiungimento di potenze frigorifere dai 50 ai 390 kW.

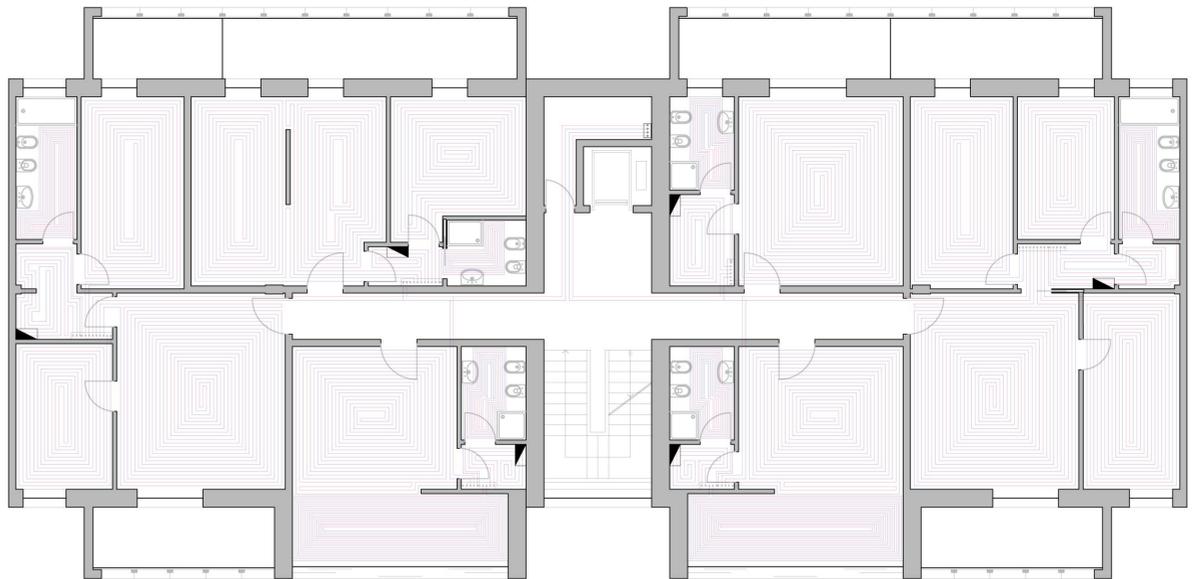
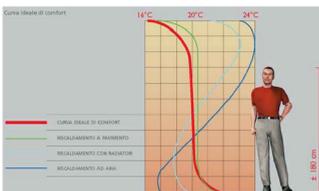


Dalle schede tecniche, si evince che il gruppo frigo, tanto quello da 340 quanto quello da 390 kW, ha dimensioni pari a 5,15 x 2,2 m, con un'altezza pari a 2,42 m.



## SISTEMA DI EMISSIONE

La scelta progettuale effettuata ricade sui pannelli radianti a pavimento, sia per la loro resa effettiva molto vicina all'ideale benessere termico, sia per la possibilità di aumentare l'efficienza dell'impianto di generazione utilizzato. Tale sistema di riscaldamento, infatti, funziona molto bene in abbinamento alle caldaie a condensazione, alle quali consente di ridurre drasticamente il funzionamento intermittente. Il generatore di calore lavorerà, quindi, in condizioni di massimo rendimento. I pannelli radianti sono, inoltre, ideali se pensati in abbinamento ad un impianto solare termico grazie al quale si può scaldare l'acqua alla temperatura di esercizio dell'impianto o comunque avvicinarsi di molto ad essa (rendendo in tal caso necessario solo un lieve incremento di temperatura da parte del generatore di calore). Il sistema può essere utilizzato anche per il raffrescamento estivo: in tal caso la serpentina è attraversata da un fluido refrigerato a circa 17 - 18 °C, preferibilmente in abbinamento con impianti di deumidificazione dell'aria in ogni ambiente. Le tubazioni dei pannelli sono opportunamente inserite nei pavimenti, al di sotto delle quali si pone uno spessore di isolante (variabile da 40 a 60 mm) per evitare che il calore fornito dai tubi si propaghi al di sotto del pavimento. Esse, usualmente in rame o in plastica incrudita, hanno geometrie ben determinate da esigenze di trasmissione del calore. Per ogni ambiente si ha un pannello costruito con tubazioni avvolte in modo da riempire uniformemente i pavimenti e pertanto a geometria variabile. L'alimentazione di singoli pannelli viene sempre effettuata tramite collettore complanare dotato di valvole di controllo della temperatura di uscita.



## IMPIANTO SOLARE TERMICO

L'impianto solare termico può prevedere il collettore solare e il serbatoio d'accumulo cogiacenti oppure separati. Il sistema, nel presente progetto, sarà centralizzato (suddividendo in ogni caso i blocchi da servire in due centrali posizionate nei due rispettivi quartieri) e, pertanto, si prevede un serbatoio d'accumulo separato dai rispettivi collettori. Il dimensionamento dell'impianto avviene sulla base del numero delle persone e della richiesta d'acqua media giornaliera, che si aggira attorno ai 50 l a persona e ai 30 l per ogni lavatrice.

### Edificio residenziale a "L"

Persone tot = 144  
Lavatrici tot = 84  
Portata tot = (144 x 50) + (84 x 30) = 9720 l

### Edificio residenziale a corte

Persone tot = 162  
Lavatrici tot = 87  
Portata tot = (162 x 50) + (87 x 30) = 10710 l

A questo punto, sapendo che 1,5 m<sup>2</sup> di pannello solare producono giornalmente all'incirca 60 l di ACS, si è in grado di calcolare la

metratura totale necessaria:

Edificio residenziale a "L"  
(9720 / 60) \* 1,5 = 243 m<sup>2</sup>

Edificio residenziale a corte  
(10710 / 60) \* 1,5 = 268 m<sup>2</sup>

Le metrature appena trovate corrisponderebbero alle superfici totali dei collettori solari nel caso in cui questi dovessero coprire il 100% del fabbisogno di ACS. Nella realtà è sufficiente il 50% e per questo motivo le superfici appena trovate possono essere ridotte. Viene, infine, aggiunta una percentuale pari al 5% per coprire anche il fabbisogno di ACS delle attività commerciali poste al piano terreno.

Edificio residenziale a "L"  
243 m<sup>2</sup> x 0,55 = 134 m<sup>2</sup>

Edificio residenziale a corte  
268 m<sup>2</sup> x 0,55 = 147 m<sup>2</sup>

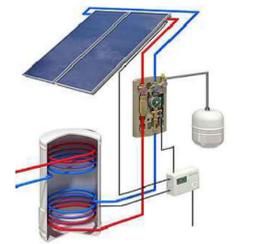
Da ultimo, occorre dimensionare la caldaia per l'acqua calda sanitaria

e i serbatoi di accumulo, entrambi ubicati nei vani tecnici posizionate nel piano interrato già dimensionati per il sistema di generazione. Per quanto riguarda la caldaia, si può procedere con la seguente approssimazione, ovvero considerare un consumo pari a circa 200 W per persona (in questo tipo di calcolo possono essere escluse le lavatrici, che difficilmente funzioneranno tutte nel medesimo istante).

Edificio residenziale a "L"  
200 x 144 = 28,8 kW

Edificio residenziale a corte  
200 x 162 = 32,4 kW

Oltre alle due caldaie appena dimensionate, è necessario, come già dichiarato, un serbatoio d'accumulo. Viste le ingenti portate determinate, entrambi i serbatoi verranno suddivisi in due unità, da 4860 l l'una nel caso dell'edificio a "L" e da 5355 l l'una nel caso dell'edificio a corte. È previsto, infine, un sistema di ricircolo, il quale consente la fuoriuscita di acqua sempre calda dai terminali nelle abitazioni, evitando l'attesa in seguito all'apertura del rubinetto.



## IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Anche i pannelli fotovoltaici, come quelli dell'impianto solare termico, sono previsti collocati in copertura. Questo permette molteplici vantaggi, tra i quali la produzione dell'energia in prossimità del carico, utilizzazione della stessa al momento della domanda e nessuna occupazione di nuove superfici di territorio destinate ad altri usi produttivi. L'energia producibile da un sistema solare fotovoltaico è stimabile come:

$$W_{el,prod} = \eta_{tot} * A * H_{T,anno}$$

dove  $\eta_{tot}$  è il rendimento globale medio annuale dell'intero sistema fotovoltaico;  $A$  è l'area lorda della superficie del generatore fotovoltaico e  $H_{T,anno}$  è l'irradiazione solare annuale sul generatore. Il rendimento medio annuale dell'intero sistema fotovoltaico è calcolabile mediante la seguente formula:

$$\eta_{tot} = \eta_{mod} * RP$$

dove  $\eta_{mod}$  è il rendimento nominale di un modulo fotovoltaico e RP è il fattore di efficienza, o performance ratio. Il rendimento nominale è un dato che solitamente fornisce il costruttore ma, in assenza di dati

specifici, si può con buona approssimazione desumere da alcune tabelle a seconda della tipologia di cellula fotovoltaica scelta. Per celle al silicio monocristallino, scelte per il presente progetto, le tabelle forniscono valori di  $\eta_{mod}$  compresi tra il 12 e il 18%. Per quanto riguarda il fattore di efficienza, esso tiene conto: delle perdite legate ad una ridotta disponibilità di radiazione solare per effetto delle riflessioni o ombreggiamenti; delle perdite legate ad un funzionamento del modulo in condizioni non standard; delle perdite elettriche sul circuito ed apparati in corrente continua; delle perdite dell'eventuale accumulatore; delle perdite del convertitore cc/ca e, infine, delle perdite di eventuali ausiliari. Note le perdite percentuali dei vari sottosistemi, per calcolare il rendimento medio del sistema occorre ricordare che questo è dato dal prodotto dei rendimenti dei singoli sottosistemi. Anche questo valore può essere desunto con buona approssimazione dalle tabelle, in questo caso pari al 74%.

$$\eta_{tot} = \eta_{mod} * RP = 0,13 * 0,74 = 0,096$$

Occorre dunque determinare la superficie lorda del generatore fotovoltaico. Per farlo, alla superficie totale della copertura viene sottratta la superficie già determinata per i pannelli solari termici e la superficie di pertinenza dei gruppi frigoriferi.

Edificio residenziale a "L"  
 $A_{tot,cop} = 1573 \text{ m}^2$   
 $A_{termico} = 134 \text{ m}^2$   
 $A_{frig} = 260 \text{ m}^2$   
 $A_{fotovoltaico} = 1573 - (134 + 260) = 1179 \text{ m}^2$

Edificio residenziale a corte  
 $A_{tot,cop} = 1818 \text{ m}^2$   
 $A_{termico} = 147 \text{ m}^2$   
 $A_{frig} = 260 \text{ m}^2$   
 $A_{fotovoltaico} = 1818 - (147 + 260) = 1411 \text{ m}^2$

L'irradiazione solare annua per un impianto sito in Milano, disposto a sud e con un'inclinazione di 45° sull'orizzontale, vale 5070 MJ/m<sup>2</sup>, ovvero 1411 kWh/m<sup>2</sup>.

Edificio residenziale a "L"  
 $W_{el,prod} = \eta_{tot} * A * H_{T,anno} = 0,096 * 1179 * 1411 = 159703 \text{ kWh/anno}$

Edificio residenziale a corte  
 $W_{el,prod} = \eta_{tot} * A * H_{T,anno} = 0,096 * 1411 * 1411 = 191128 \text{ kWh/anno}$

