

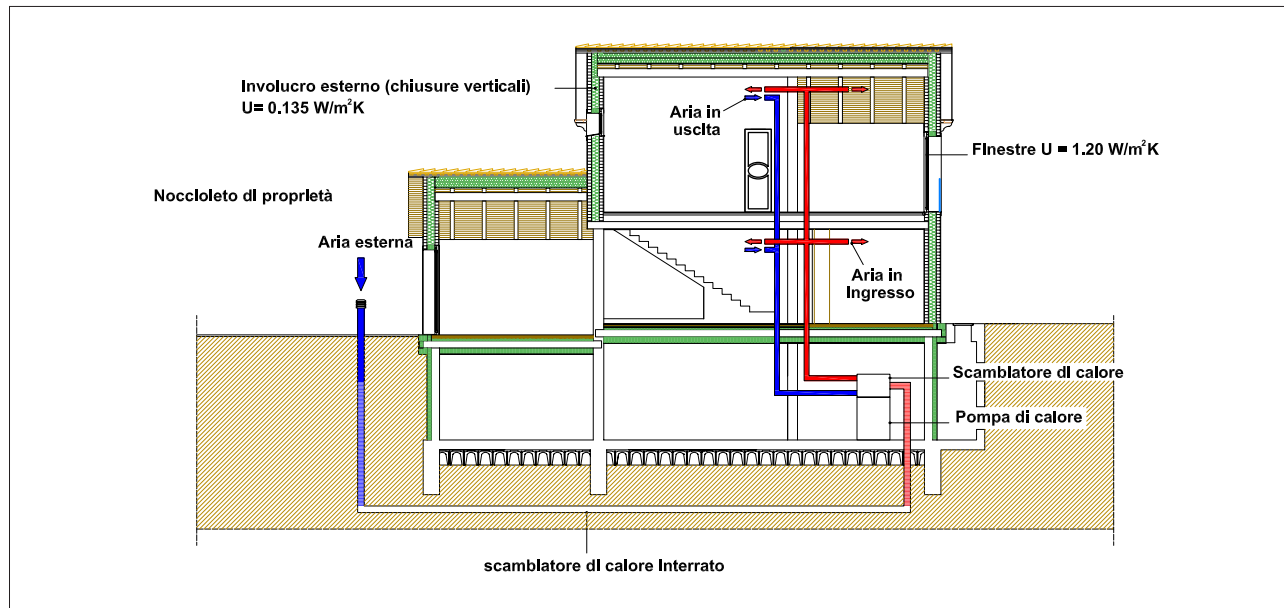
Capitolo 3. Alcuni aspetti specifici della progettazione e realizzazione della casa passiva di Cherasco.

I Gli impianti

I.1 La ventilazione e il riscaldamento

In un edificio convenzionale il ricambio d'aria avviene attraverso una periodica apertura delle finestre: ciò comporta grosse perdite di calore che un edificio passivo non può permettersi. In un edificio passivo il ricambio d'aria avviene tramite un sistema di ventilazione meccanica controllata che provvede il necessario ricambio anche in assenza di persone. L'apparato di ventilazione è costituito da un doppio sistema di canalizzazioni: una in entrata, che prende l'aria dall'ambiente esterno, la filtra per togliere eventuali impurità, la convoglia in apposite apparecchiature che provvedono al suo trattamento alla temperatura voluta e infine la immettono nell'ambiente interno; un secondo sistema prende l'aria viziata interna e la espelle dall'edificio. Prima di essere espulsa, l'aria viziata, ancora calda, passa attraverso uno scambiatore ad elevato rendimento, ne recupera gran parte del calore e lo cede all'aria in entrata. Nel caso si utilizzi una pompa di calore aria-aria, il sistema di ventilazione è integrato direttamente con essa; quindi oltre a garantire i necessari ricambi d'aria utilizza l'aria come fluido termovettore per provvedere sia al riscaldamento invernale che al raffrescamento estivo degli ambienti.

La Casa di Cherasco:



L'aria presa dall'esterno ad una temperatura inferiore a zero °C può portare alla formazione di ghiaccio o condensa all'interno del recuperatore di calore e al filtro; una soluzione per evitare tale inconveniente consiste nel realizzare una condotta di aspirazione più lunga utilizzando un singolo tubo interrato. Lo scopo di questo allungamento dello scambiatore è di garantire la temperatura minima dell'aria d'immissione t_{Aimm} unicamente attraverso il guadagno termico $\Delta_{\text{scam,geo}}$ della condotta di aspirazione dello scambiatore geotermico. La

presa d'aria deve essere posizionata in modo da evitare l'aspirazione di odori e sostanze nocive; l'ingresso deve inoltre essere protetto da una griglia per evitare l'ingresso di corpi estranei. Le tubazioni vanno posate con una pendenza indicativamente compresa fra l'1.5% e il 5% verso il punto di entrata nell'edificio dove va previsto uno scarico per l'eventuale acqua di condensa che si forma nelle tubazioni. I flussi d'aria in entrata e in uscita devono avere percorsi lineari; l'immissione deve avvenire nei cosiddetti locali "nobili" dell'edificio (soggiorno, camera da letto, studio ecc...), il flusso deve passare attraverso i locali intermedi (corridoi) per giungere nelle zone che notoriamente presentano un particolare inquinamento ambientale (cucina, bagno ecc...). Questo sistema di distribuzione evita che gli odori della cucina e del bagno si diffondano in tutto l'edificio. Per esigenze igieniche e di pulizia, il sistema di condotte d'aria deve essere il più breve possibile, presentare poche tortuosità, deve essere ispezionabile e in materiale facilmente lavabile.

Il recupero del calore deve avere rendimento (secondo EN 308): $\eta_t > 70\%$

Il rendimento di temperatura può essere stimato nel modo seguente:

$$\eta_t = 0.5 \times [(t_{A\text{ asp}} - t_{A\text{ esp}}) + (t_{A\text{ imm}} - t_{A\text{ E}})] / (t_{A\text{ asp}} - t_{A\text{ E}}) \text{ in cui:}$$

$t_{A\text{ asp}}$ è la temperatura dell'aria viziata aspirata dai locali;

$t_{A\text{ S}}$ la temperatura dell'aria di espulsione;

$t_{A\text{ imm}}$ la temperatura dell'aria d'immissione;

$t_{A\text{ E}}$ la temperatura sul punto di raccordo dell'aria esterna.

Le bocchette di estrazione sono igroregolabili, cioè variano la portata di ricambio d'aria in funzione dell'umidità presente nei locali in cui sono installate. Questa tecnica elimina i rischi di condensa e muffa e quindi assicura la migliore conservazione delle pareti e degli arredi della casa, nonché l'igiene ed il comfort degli occupanti.

Le bocchette di estrazione suddividono inoltre la portata totale d'aria di rinnovo in quantità proporzionale al fabbisogno di ogni locale. La portata d'aria non è quindi distribuita in modo omogeneo tra le stanze principali, ma suddivisa in funzione del numero di occupanti della stanza e del tipo di attività.

La casa di Cherasco: fasi realizzative dell'impianto di ventilazione controllata.



Cavedi (piano terra) con condotte dell'aria proveniente dalla pompa di calore posta al piano interrato.



Condotte posate sulla soletta del primo piano (nella foto si distinguono i silenziatori).

1.2 L'“aggregato compatto” aria-aria.

Nell'edificio di Cherasco la ventilazione meccanica controllata è gestita da un aggregato compatto tipo “Aerosmart L”.

Un aggregato compatto è un'apparecchiatura che contiene una mini-pompa di calore, un recuperatore di calore, un serbatoio per l'acqua e i ventilatori necessari alla circolazione dell'aria.

Come già detto, in base alla sorgente fredda e al pozzo caldo utilizzato, le pompe di calore possono essere: aria - acqua, terra - acqua, acqua - acqua, aria - aria, acqua - aria.

L'aria ha il vantaggio di essere disponibile ovunque e di non necessitare di autorizzazioni per il prelievo, contrariamente all'esecuzione di uno scambiatore nel terreno, di un pozzo di presa d'acqua di falda o di una presa d'acqua di lago (entrambi i casi necessitano di autorizzazione da parte dell'Autorità competente, che viene di norma concessa, a meno che non si verifichi un conflitto per zone di protezione delle acque, di riserve o captazioni idriche).

Ricordiamo (cap. 1 e 2) che le prestazioni di una pompa di calore variano sensibilmente in funzione delle temperature di sorgente fredda e pozzo caldo. In particolare, più queste temperature sono vicine migliori sono le prestazioni, sia in termini di potenza fornita che in termini di COP (rapporto tra energia termica fornita ed energia elettrica assorbita); per questo motivo è consigliabile adottare sistemi di distribuzione del calore funzionanti a temperatura più bassa possibile.

Nel caso di Cherasco la pompa aria-aria lavora sull'aria viziata estratta dai locali, che può cedere importanti quantità di calore, permettendo alla pompa di lavorare con ottime prestazioni durante tutto l'anno. In queste unità sono integrabili scambiatori di recupero diretto del calore, sistemi per la regolazione del ricambio automatico dell'aria in caso di afflusso di persone, nonché dispositivi di trattamento dell'umidità.

Si adottano spesso serpentine annegate nel pavimento o corpi riscaldanti previsti per funzionare a temperature massime di 45-50°C. Comunque, nelle abitazioni moderne e indipendentemente dall'uso di pompe di calore, la tendenza è di abbassare la temperatura del circuito di distribuzione in modo da aumentare il comfort termico delle persone.

La mini-pompa di calore è in grado di coprire, attraverso l'aerazione, il 32% circa del fabbisogno massimo del carico di riscaldamento. Calcoli differenziati a zone hanno evidenziato che il restante fabbisogno di riscaldamento ammonta a valori compresi tra 150 e 250 W

nelle stanze situate al primo piano, mentre nello studiolo al piano terra a ca. 750 W. Questi carichi possono essere eventualmente soddisfatti con apparecchi di riscaldamento a resistenza elettrica, anche se fino ad ora non è stato necessario.

Un utilizzo controllato di questi sistemi, per esempio tre volte al giorno per mezz'ora, attraverso un tasto di avvio e un timer di spegnimento, porterebbe ad un consumo elettrico di ca. 250-350 kWh/a per bagno.

Un modulo della piattaforma software Trnsys (si veda Cap. 2) permette di simulare il comportamento della pompa di calore, tramite il collegamento ad una tabella di prestazioni fornita dal costruttore della macchina; si riesce così a prevedere esattamente il comportamento del sistema che sarà installato.



Aerosmart. L

Portata d'aria	205m ³ /h
Portata d'aria minima	180m ³ /h
Potenza per riscaldamento	1700 W
Potenza resa	475 W
Potenza resa tc 50°C	620 W

Gas R 134°	
Bollitore	150 lt
Peso	220 kg
Corrente	230 V/50 Hz

1.2.1 Caratteristiche di “Aerosmart L”

L'aggregato compatto Aerosmart L è stato studiato appositamente per ville singole e a schiera ed è costituito da un modulo di ventilazione a recupero di calore, da una pompa di calore per il riscaldamento dell'acqua e dell'aria, e da un serbatoio per l'acqua.

Ventilatori

I dispositivi di aerazione sono provvisti di ventilatori a corrente continua e portata costante.

Recupero del calore

Per il recupero di calore dall'aria esausta viene utilizzato uno scambiatore di calore a piastre a controcorrente incrociata. Le lamelle dello scambiatore sono in alluminio con uno spessore di 0,1 mm. Anche l'involucro è in alluminio.

Pompa di calore

La pompa di calore ha la funzione di riscaldare l'acqua e l'aria di alimentazione. Il riscaldamento dell'acqua ha la precedenza; il condensatore ad aria viene messo in funzione in caso di necessità mediante una valvola elettromagnetica. Anche il gas di riscaldamento viene introdotto nel sistema di riscaldamento dell'aria mediante il condensatore ad acqua, rendendo così possibile il massimo sfruttamento del raffreddamento del gas di riscaldamento. Refrigerante utilizzato R134a.

Serbatoio dell'acqua

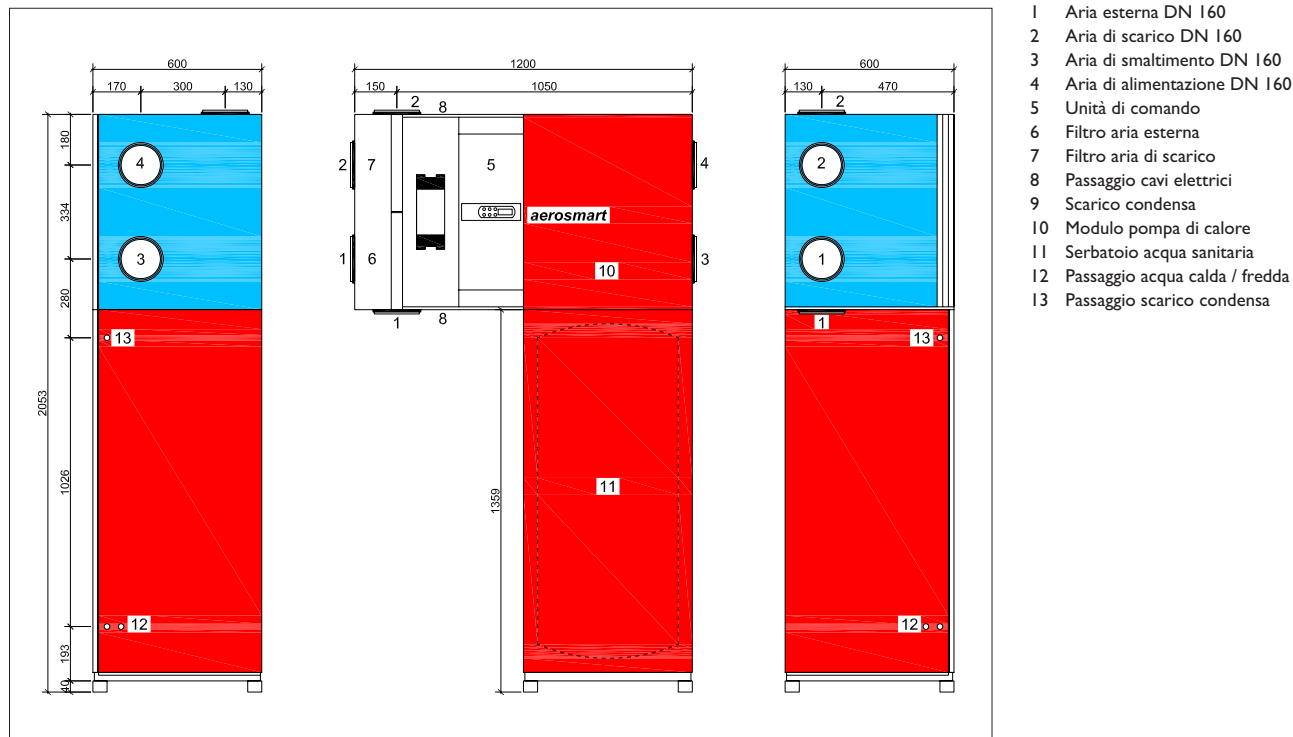
Il serbatoio dell'acqua è un contenitore in acciaio con doppia smaltatura, della capacità di 200 litri. Un ottimo isolamento consente di ridurre al minimo le perdite di calore. La trasmissione di calore dalla pompa avviene mediante un condensatore di sicurezza a doppia parete. Inoltre è installato un anodo test rapido. Opzionalmente è possibile l'installazione di un termoforo elettrico da 2 kW, che può essere montato anche successivamente.

Vasca di raccolta della condensa

La condensa che si viene a formare nello scambiatore e nella pompa di calore viene raccolta in una vasca apposita e scaricata mediante un tubo flessibile.

Filtro

Immediatamente dopo la presa dell'aria nel tratto di scarico esterno sono alloggiati i filtri per la polvere di classe G4.



Controllo e gestione

Il controllo e la gestione del monoblocco avviene mediante il microprocessore installato direttamente sull'apparecchiatura. Un termistato è collegato per la regolazione della temperatura ambiente nominale e per la misurazione della temperatura effettiva.

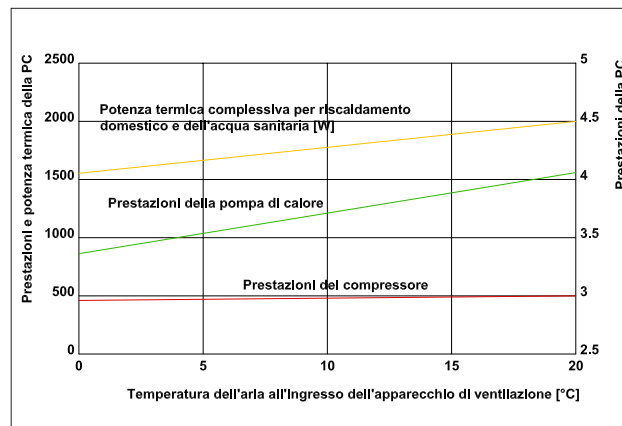
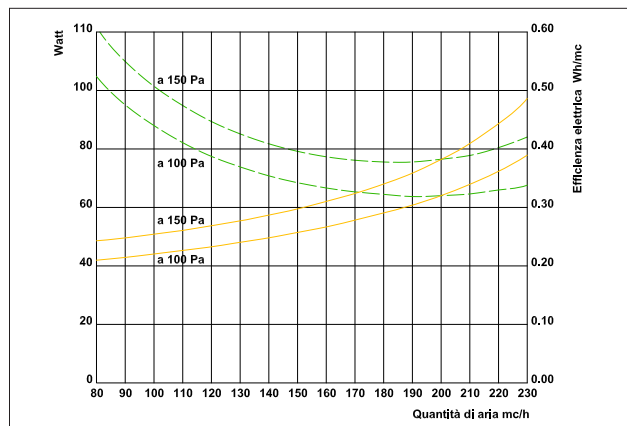
Caratteristiche tecniche di aerazione

Il diagramma a sinistra mostra la potenza assorbita e l'efficienza elettrica (linea tratteggiata) dei ventilatori, incluse le perdite nel processo di trasformazione in funzione della perdita di pressione esterna.

Caratteristiche della pompa di calore

Il diagramma a destra mostra la potenza termica, l'assorbimento di corrente e il valore della potenza della pompa di calore in funzione dell'aria esterna in ingresso (da uno scambiatore di calore interrato). Per l'aria di scarico sono valide le seguenti condizioni:

21 °C / 40% umidità relativa.



Silenziatore

Sul lato alimentazione aria (e scarico aria) dell'apparecchio è consigliabile installare i seguenti silenziatori:

Silenziatore primario (linea principale): Westersilent DN 160, lunghezza 1000 mm

Silenziatore a tubo (a linea singola): Quadrosilent DN 100, lunghezza 500 mm

Questo hardware è valido per perdite di pressione esterne di 100 Pa. In caso di perdite di pressione più elevate, la scelta del silenziatore deve essere commisurata.

Potenza termica complessiva e rapporto di potenza attiva

Il diagramma mostra la potenza termica complessiva, che comprende la potenza di recupero di calore, che diminuisce con l'aumentare della temperatura dell'aria esterna e la potenza della pompa di calore che aumenta di pari passo con la temperatura esterna. Mostra inoltre il rapporto di potenza attiva totale, risultante dalla potenza termica totale in rapporto alla corrente complessiva utilizzata per la pompa di calore, l'azionamento ausiliario e i ventilatori.

Collegamento acqua calda/fredda

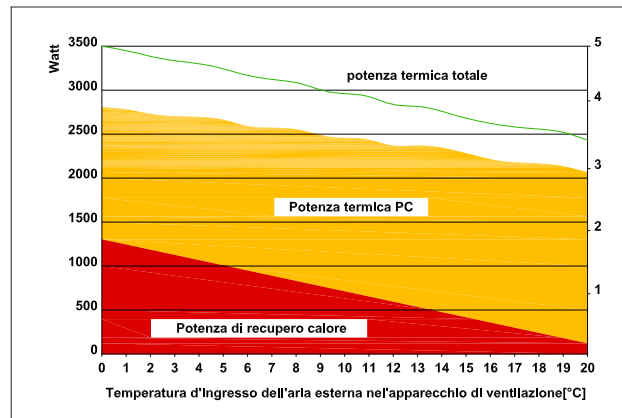
Per il collegamento di acqua calda e fredda sono disponibili due tubi flessibili armati con filetto esterno $\frac{3}{4}$ " nella parte inferiore del modulo della caldaia.

Collegamento condensa

Per il collegamento della condensa al sistema di scarico è previsto sul fondo del modulo della pompa di calore uno scarico mediante tubo flessibile con filetto esterno.

Collegamenti elettrici

I cavi di collegamento devono essere fatti passare attraverso l'apertura prevista per lo scopo, presente sul coperchio di revisione interno dell'apparecchio.

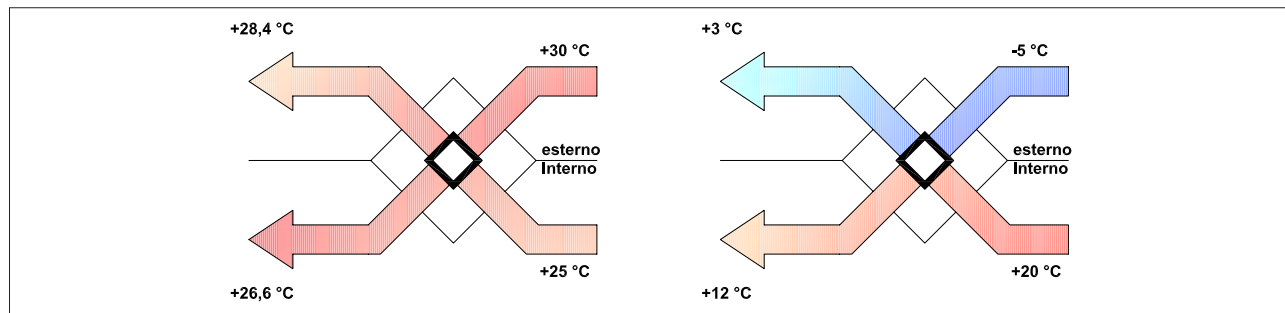


Caratteristiche tecniche di aerazione:

Alimentazione	230 VAC / 50 Hz
Fusibile d'ingresso consigliato (cavo di rete 1)	16 A
Fusibile d'ingresso consigliato (cavo di rete 2)	12 A
Portata nominale aria	205 m ³ /h
Portata minima aria	180 m ³ /h
Portata massima aria a 100 Pa esternamente	230 m ³ /h
Livello medio di efficacia dello scambiatore di calore del modulo di aerazione	85–93%
Potenza massima assorbita dai ventilatori (totale)	100 W
Rapporto di potenza attiva dell'intero impianto (a AUL = +3 °C)	4,7
Potenza massima assorbita della pompa di calore (a tc = 50 °C)	550 W
Condizioni operative nominali a AUL +5 °C; ABL 21 °C; umidità relativa 40%	
Potenza assorbita dalla pompa	475 W
Potenza termica della pompa di calore	1695 W
Potenza massima assorbita dell'elemento radiante elettrico opzionale	2000 W
Livello di potenza sonora a portata nominale dell'aria e 100 Pa esternamente:	
Involucro	45 dB(A)
Grado di recupero del calore	
Conformemente a VDI 2071 a portata volumetrica nominale	85%

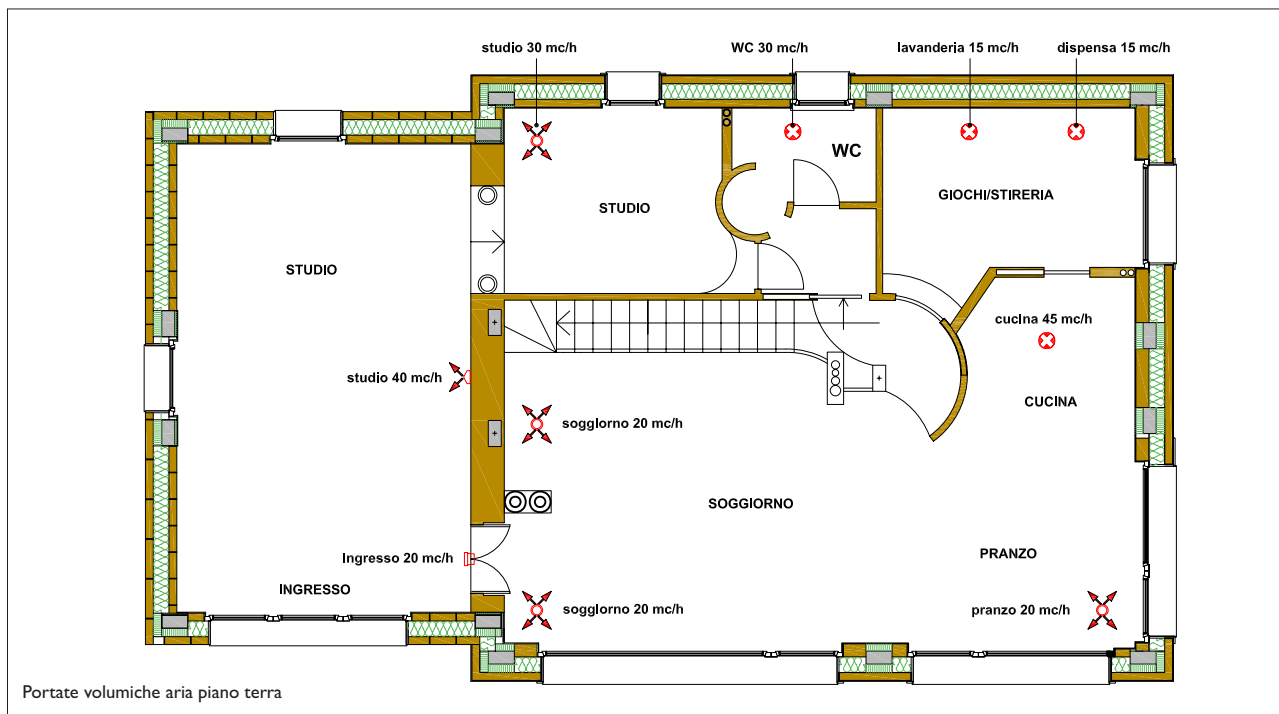
Indicativamente: caratteristiche tecniche di un generico scambiatore di calore.

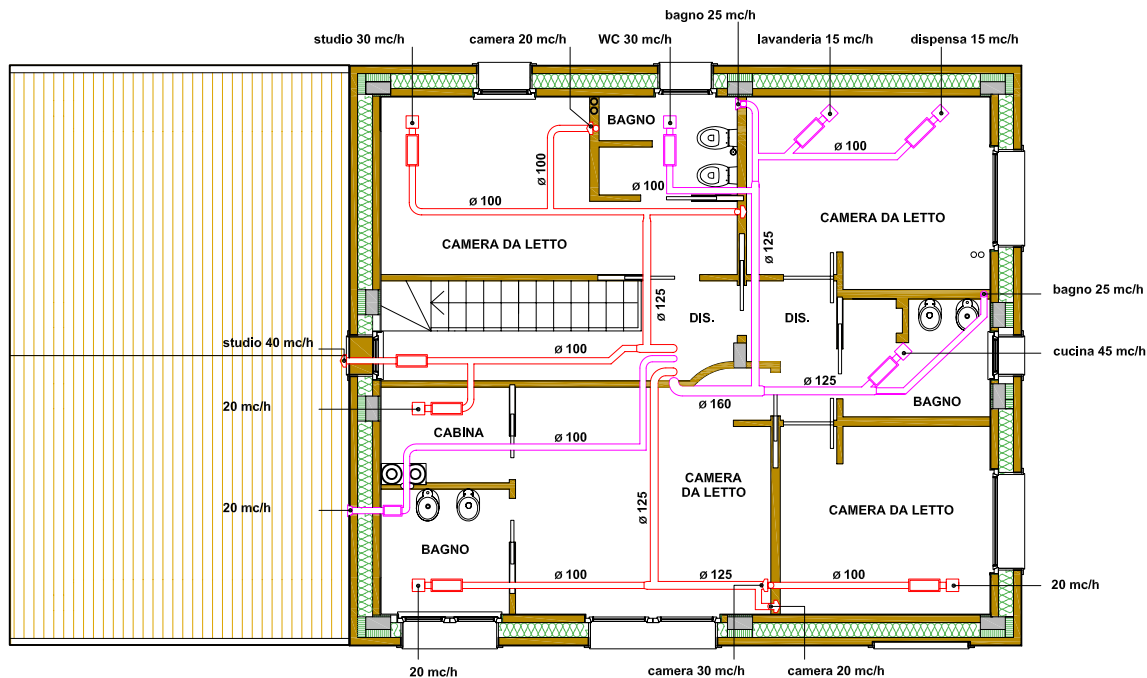
3 velocità	massima	media	minima
Potenza assorbita W	120	85	65
Potenza d'aria immessa m ³ /h	210	180	150
Potenza d'aria espulsa m ³ /h	230	190	155
Efficienza di scambio della temperatura %	60	65	70
Pressione statica mm H ₂ O	6.5	4.8	2.0
Efficacia di scambio entalpico:			
Riscaldamento %	55	60	65
Raffreddamento %	45	50	55
Rumorosità dB (A)	44	39	35
Regolazione con telecomando			
Tensione di alimentazione: 230 V – 50 Hz			
Peso kg: 27.5			



I.2.2 Dimensionamento a zone dell'aerazione

Il volume di ricambio d'aria generato in tutto l'edificio è di $0,34 \text{ h}^{-1}$.





Schema impianto distribuzione aria piano terra e primo piano

Calcolo delle portate volumiche dell'aria

Le portate di aria d'immissione e aspirazione vengono dapprima calcolate in modo separato per mezzo delle tabelle seguenti:

Portate minime dell'aria d'aspirazione (aria viziata)	più di 2 1/2 locali	fino a 2 1/2 locali compresi
aerazione base cucina/angolo cottura	40 m ³ /h	30 m ³ /h
bagno/doccia	40 m ³ /h	30 m ³ /h
WC	20 m ³ /h	20 m ³ /h
ripostiglio, guardaroba	ca. 10 m ³ /h	ca. 5 m ³ /h

Portate d'aria d'immissione minime:	
camere da letto e uffici	30 m ³ /h
soggiorno, in zona di sovra-pressione	nessuna immissione separata
soggiorno, al di fuori di zone di sovra-pressione	30 m ³ /h

Il valore totale più elevato è quello rilevante per il dimensionamento.

Il valore totale più basso, p.es. aspirazione, va aumentato in modo da ottenere lo stesso valore che si ha sul lato immissione. Se il valore calcolato sul lato "aspirazione dell'aria viziata" risulta essere il più piccolo, bisogna innanzitutto aumentare la portata dell'aspirazione dalla zona cucina e solo in un secondo tempo aumentare le portate di aspirazione negli altri locali.

Esempio:

Portata d'aria d'aspirazione minima secondo tabella: 100 m³/h (cucina 40 m³/h + bagno 40 m³/h + WC 20 m³/h = 100 m³/h)

Portata d'aria d'immissione minima secondo tabella: 120 m³/h (4 locali a 30 m³/h ognuno = 120 m³/h)

L'effettiva portata d'aspirazione scelta viene aumentata a 120 m³/h

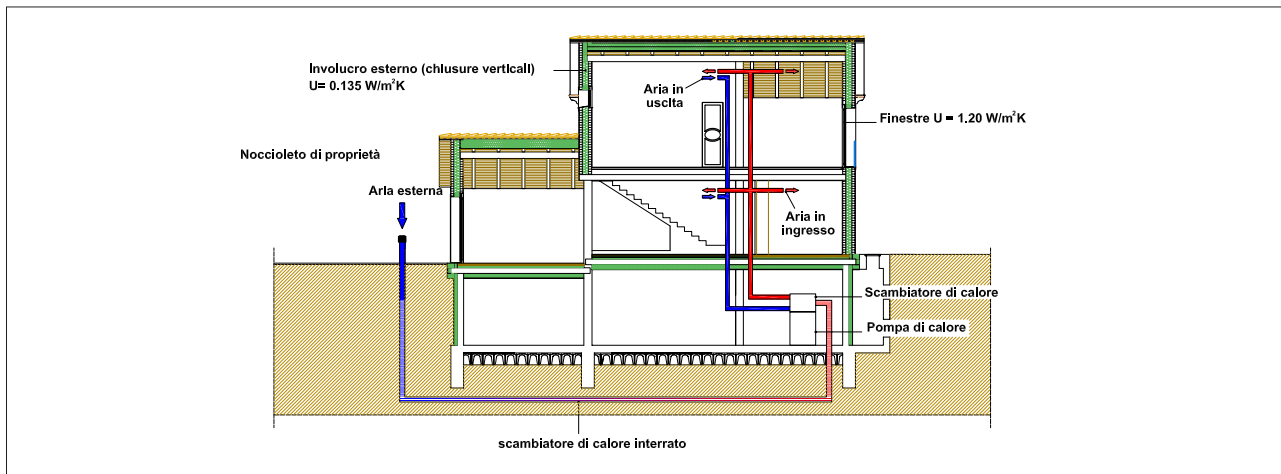
(cucina aumento a 60 m³/h + bagno 40 m³/h + WC 20 m³/h = 120 m³/h)

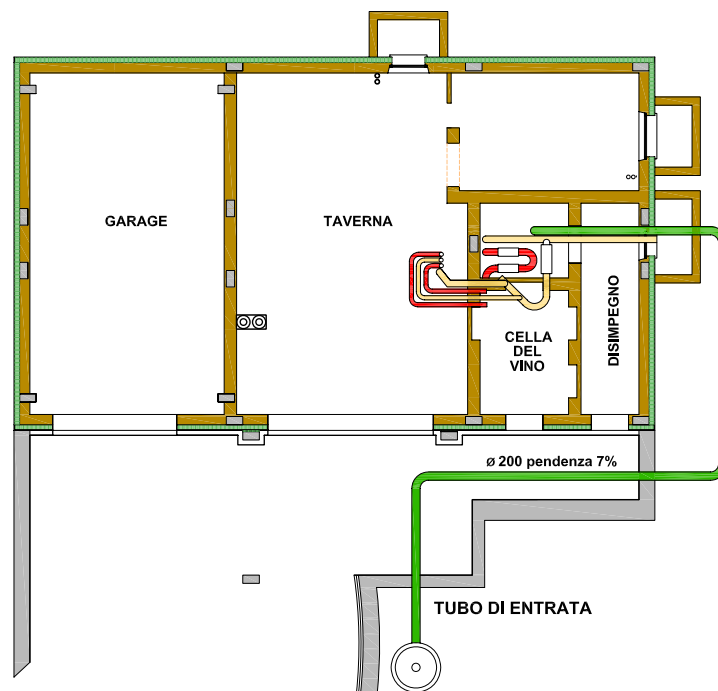
La portata d'aria d'immissione rimane invariata, determinata mediante la tabella.

1.2.3 Lo scambiatore di calore interrato

L'aria presenta variazioni di temperatura notevoli durante l'inverno, per cui è proprio quando fa freddo che la pompa di calore rende di meno. Sovente, si preferisce aggiungere una sorgente d'appoggio, tipicamente una resistenza elettrica di bassa potenza, che alimenta la pompa di calore durante i giorni più freddi. La pompa di calore, quindi, non è da dimensionare per la massima richiesta di potenza termica, ma per potenza leggermente inferiore; ciò rende l'installazione anche più interessante dal punto di vista economico. Le poche ore di funzionamento della resistenza modificano in maniera minima il bilancio energetico annuale. Anche il funzionamento della pompa di calore ne trae giovamento, poiché funzionerà in modo ottimale per un numero maggiore di giorni.

Lo scambiatore di calore interrato consente di pre-trattare l'aria in ingresso alla pompa di calore reversibile, pre-riscaldandola in inverno o pre-raffreddandola in estate (figura).



Percorso dello scambiatore interrato:

Pianta piano terra

Lo scambiatore interrato può essere usato direttamente per il raffrescamento di un edificio (schema in figura): in tal caso in Santamouris (vedi bibliografia) viene riportato un modello semplificato di calcolo del carico estivo, che qui riassumiamo; può essere facilmente implementato su foglio elettronico.

Il carico istantaneo di raffrescamento per un impianto con scambiatore interrato può essere espresso nel modo seguente:

$$Q_c = [k (t_o + T_i) + Q_T - Q_{BP}] \quad (1)$$

In cui:

Q_{BP} è il flusso dello scambiatore e k è il “coefficiente di scambio termico” dell'edificio:

$$k = \sum (U_i A_i) + m_a C n / 3600$$

con:

N : numero di componenti esterne dell'involucro dell'edificio;

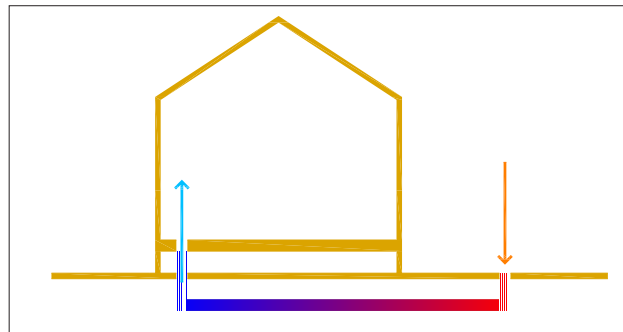
U_i : trasmittanza termica i-mo componente [$W/m^2 \cdot ^\circ C$];

A_i : superficie i-mo componente [m^2];

m_a : portata d'aria di ventilazione [kg/s];

C : calore specifico dell'aria [kJ/kgK];

n : numero di ricambi d'aria orari.



Inoltre:

$$T_{pb} = T_i - (Q_t - Q_{PB})/k \quad (2)$$

è la temperatura di equilibrio dell'edificio

Pertanto il carico di raffrescamento è:

$$Q_c = [k (T_o - T_{pb})] \quad (3)$$

Il carico giornaliero (o mensile) di raffrescamento Q_{cbp} può essere ottenuto per integrazione della (3):

$$Q_{cbp} = 3600 k CDD(T_{pb})$$

$$CDD(T_{pb}): \text{gradi ora di raffrescamento} \quad (4)$$

$$CDD(T_{pb}) = \sum (T_o - T_{pb}) S_i \quad (5)$$

$$\begin{aligned} S_j &= 1 & T_0 > T_{pb} \\ S_j &= 0 & T_0 < T_{pb} \end{aligned}$$

Per il calcolo del flusso Q_{bp} si può usare la seguente espressione:

$$Q_{bp} = mc \text{ DDBP}/t$$

in cui m e c sono rispettivamente portate d'aria e calore specifico aria; t è la durata in ore di funzionamento giornaliero e DDBP sono i gradi ore:

$$\text{DDBP} = \sum (T_0 - T_{bpx}) S_j$$

T_{bpx} : temperatura dell'aria in uscita dallo scambiatore interrato

$$S_j = 1 \text{ se } T_0 > T_{bpx} \text{ e } T_i > T_{bpx}$$

$$S_j = 0 \text{ se } T_0 < T_{bpx}$$

$$S_j = 0 \text{ se } T_0 > T_{bpx} \text{ e } T_i < T_{bpx}$$

I gradi ora per lo scambiatore interrato sono calcolati sull'intero arco temporale della giornata.

Questo semplice modello ha mostrato buon accordo con i risultati di simulazioni TRNSYS: da 1 a 8% di differenza su carichi di raffrescamento su base annuale; da 0 a 15% per carichi su base mensile.

Moduli software di TRNSYS (si veda il paragrafo 3.2.1 del Cap. 2) consentono di simulare le seguenti tipologie di scambiatori di calore a terreno:

- tubo interrato, disposizione orizzontale, senza accumulo di calore;
- sonde lineari a disposizione orizzontale con accumulo di calore;
- sonde verticali, del tipo a tubi concentrici;
- sonde verticali del tipo tubi a U.

Alcune regole pratiche per il dimensionamento di uno "scambiatore interrato".

- lunghezza non inferiore ai 10 m;
- diametro tubo tra 20 e 30 cm;
- profondità interro tra 1,5 e 3 m;
- velocità aria nel tubo tra 4 e 8 m/s.

1.3 Casa di Cherasco: il bilancio energetico invernale.

Per la determinazione del fabbisogno per il riscaldamento della casa di Cherasco e per il carico massimo di riscaldamento è stato utilizzato il programma di calcolo 'PHPP 2003' sviluppato dall'Istituto per la casa passiva, il Passivhaus-Institut di Darmstadt (Germania). Si basa sulla norma europea EN 832 e tiene conto in modo molto realistico dei guadagni energetici dell'edificio (passivi solari, interni). Rispetto a tradizionali metodi di calcolo come la ÖNORM M7500, il carico di riscaldamento calcolato è in genere nettamente inferiore al valore reale; ciò è da attribuire all'omissione di maggiorazioni forfaitarie per ponti termici e perdite per aerazione necessarie per edifici tradizionali, ma non per case passive e per case a bassissimo consumo energetico dove le perdite sono definite in modo chiaro e sono ben delimitate. Per questo motivo è bene evidenziare che il calcolo si basa su una 'impermeabilità' dell'edificio di $n_{L50} = 0,6/1,0$ e su una costruzione priva di ponti termici.

Il fabbisogno energetico complessivo annuo espresso in kWh viene diviso per la superficie dei locali riscaldati ottenendo il fabbisogno energetico specifico [kWh/m²(anno)] (chilowattora al metro quadro e anno) che permette il confronto con i valori limite stabiliti dalle normative.

	Carico massimo di riscaldamento		Fabbisogno energetico	
	P _{max} [kW]	P _{max} [W/m ²]	Q _{max} [kWh/a]	Q _{max} [kWh/m ² a]
Tutto l'edificio con una temperatura ambiente di 20° C	3,9	21,3	2822	15,5
Tutto l'edificio con una temperatura ambiente di 23° C	4,5	24,5	4993	27,4
Potenza coperta dalla mini-pompa di calore nell'apparecchio di aerazione (Aerosmart L) nell'ipotesi più svantaggiosa e una potenza media per l'acqua calda di 300 W	1,25	6,9 - 32% del P _{max} totale		

Quadro riassuntivo del fabbisogno energetico:

Guadagni:	
Riduzione per EWT	7,2%
Riduzione per WRG	12,8%
Guadagni solari sfruttabili	30,9%
Guadagni interni sfruttabili	9,5%
Riscaldamento	15%
Perdite:	
Trasmissione termica	51,1%
Aerazione	24,5%

Il software PHPP (Passivhaus Projektierung Paket) di Darmstadt (Germania), ideato e sviluppato dal gruppo di tecnici guidati dal Prof. Wolfgang Feist, è attualmente lo strumento principale del processo che ha come fine la progettazione di un edificio passivo. Lo stesso, opportunamente stampato ed impaginato, è il documento fondamentale per attestare il raggiungimento dello standard energetico minimo e per ottenere la conseguente certificazione ufficiale.

Il PHPP è strutturato come una serie di fogli di calcolo reciprocamente collegati che permettono di inquadrare ogni singolo aspetto dell'edificio preso in esame: dai fogli preliminari, si passa gradualmente ad esaminare il rendimento energetico dell'edificio, la bontà delle scelte costruttive ipotizzate e dei componenti impiegati.

La "spina dorsale" del programma è costituita, come già detto, dalla norma europea ISO EN 832 che ha unificato a livello continentale la procedura di calcolo del fabbisogno energetico utile (termico) dell'edificio.

Il PHPP resta, a confronto di altri software che tengono in considerazione i fenomeni dinamici connessi alle variazioni climatiche istantanee, uno strumento di calcolo semplificato. Esso è basato infatti su approssimazioni del comportamento reale dinamico dell'edificio; approssimazioni (verificate attraverso l'impiego proprio dei software ad analisi dinamica) che permettono di utilizzare valori medi climatici su lunghi periodi (mensili ed annuali) e di considerare gli scambi energetici come (quasi) stazionari.

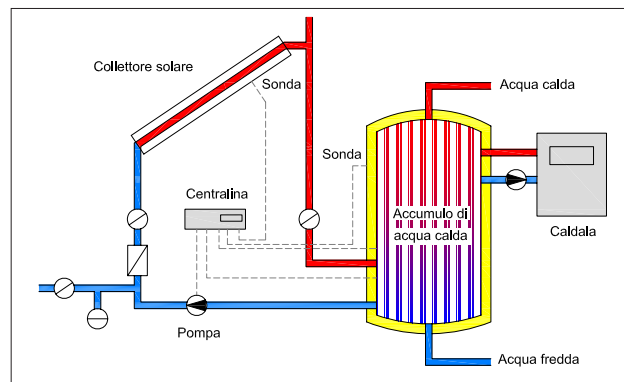
1.4 La produzione di acqua calda. Interventi successivi sul sistema edificio impianto.

Alla produzione di acqua calda nell'edificio di Cherasco provvede la pompa di calore; l'edificio è però predisposto per l'eventuale installazione di un impianto solare termico (scalabilità del progetto termico). L'integrazione della pompa di calore (par. 1.2) è in realtà molto interessante. In questi casi la pompa di calore può estrarre calore dal circuito dei collettori solari, garantendo anche un migliore funzionamento dell'impianto solare. Questa soluzione è particolarmente interessante se applicata alla produzione di acqua calda sanitaria.

L'impianto solare termico è un sistema in grado di trasformare l'energia irradiata dal sole in energia termica. La progettazione di questi impianti, che comunque prevede sempre l'integrazione con sistemi tradizionali, consiste nell'individuare la superficie captante ottimale.

Il calcolo risulta abbastanza complesso in quanto molte sono le variabili da considerare:

- radiazione solare incidente sul piano dove si prevede di installare i collettori solari;
- temperatura esterna media giornaliera;
- temperatura media del fluido termovettore;
- efficienza di captazione dei collettori in funzione delle condizioni operative.



Dimensionamento di massima di un impianto solare (si veda Dall'O' G. in bibliografia).

Per un dimensionamento di massima dell'impianto può essere utilizzata la tabella seguente:

		Rapporto tra superficie captante e fabbisogno giornaliero di acqua calda								
		(m ² / m ³)								
		5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25
Milano	Integrazione annua (%)	25	37	50	58	63	65	67	69	71
	Integrazione Aprile – Ottobre (%)	38	57	75	87	93	95	96	97	98
	Coefficiente utilizzo impianto (%)	100	100	99	93	84	74	67	62	57
Roma	Integrazione annua (%)	34	52	66	74	79	83	85	88	90
	Integrazione Aprile – Ottobre (%)	45	70	90	97	100	100	100	100	100
	Coefficiente utilizzo impianto (%)	100	100	96	86	77	69	62	57	52
Palermo	Integrazione annua (%)	40	60	75	83	88	92	95	96	97
	Integrazione Aprile – Ottobre (%)	51	76	95	99	100	100	100	100	100
	Coefficiente utilizzo impianto (%)	100	100	95	83	74	66	59	54	49

La tabella è stata elaborata con i seguenti parametri:

- Tipologia collettore solare: piano in rame selettivo ad alta efficienza
- Orientamento collettori Sud 15°
- Inclinazione collettori 25 - 30°
- Temperatura acqua di alimentazione 12° C
- Temperatura acqua alle utenze 40° C
- Perdite termiche circuito solare 5%

Scelta la località e individuato il rapporto tra superficie captante e volume giornaliero d'acqua calda richiesta dall'utenza, si leggono direttamente i seguenti valori:

- percentuale di integrazione del carico termico annuo (energia termica richiesta/energia fornita dall'impianto);
- percentuale di integrazione del carico termico nel periodo aprile-ottobre compresi;
- coefficiente di utilizzo dell'impianto.

L'impianto risulta tanto più economico quanto più il valore del coefficiente di utilizzo dell'impianto si avvicina al 100%.

ESEMPIO:

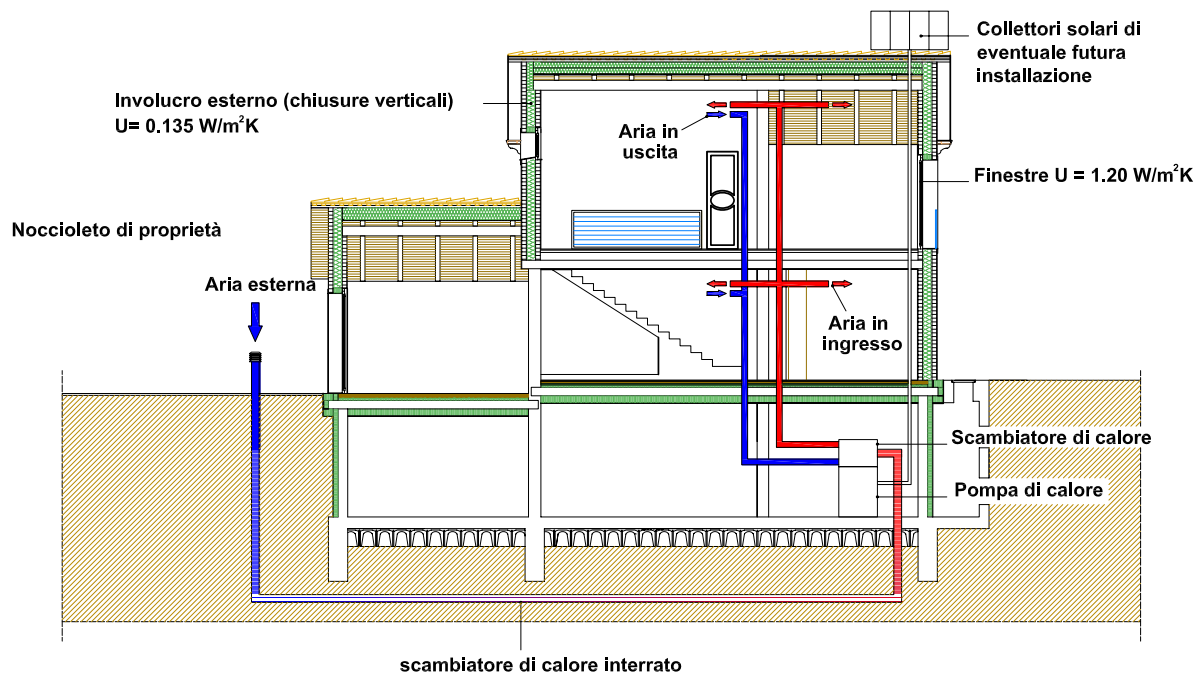
Dimensionare la superficie captante ottimale per un impianto solare collocato a Milano con un fabbisogno giornaliero di 2000 litri.

Dalla tabella si può osservare come da un rapporto tra superficie captante e fabbisogno d'acqua di $12,5 \text{ m}^2/\text{m}^3$ si ottiene una copertura nel periodo estivo elevata (87%) e si mantiene un valore del coefficiente di utilizzo altrettanto elevato (93%).

La superficie captante dell'impianto sarà:

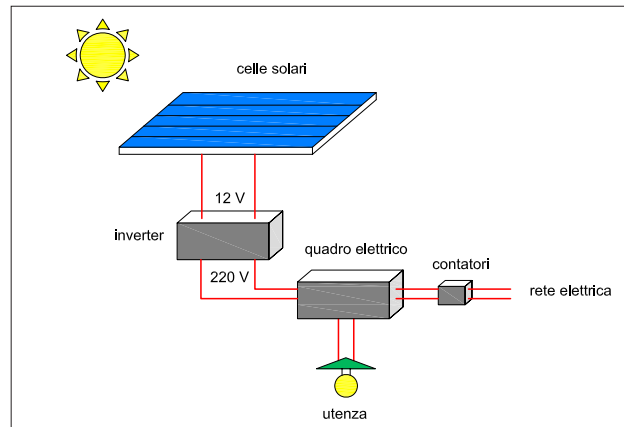
$$12,5 (\text{m}^2/\text{m}^3) \times 2 (\text{m}^3) = 25 \text{ m}^2$$

L'impianto così dimensionato è in grado di coprire il 58% del fabbisogno energetico annuo.



1.5 La produzione di energia elettrica con il fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico è in grado di trasformare, direttamente ed istantaneamente, l'energia solare in energia elettrica senza l'uso di combustibili. Esso sfrutta il cosiddetto effetto fotovoltaico, cioè la capacità che hanno alcuni materiali semiconduttori, opportunamente trattati, di generare elettricità se esposti alla radiazione luminosa. Un sistema fotovoltaico è essenzialmente costituito da un "generatore", da un "sistema di condizionamento e controllo della potenza" e da un eventuale "accumulatore" di energia, dalla batteria e naturalmente dalla struttura di sostegno. Gli impianti fotovoltaici hanno ancora costi troppo elevati e ammortizzabili in tempi relativamente lunghi. L'Italia ha varato programmi nazionali per incentivare l'utilizzo dei pannelli fotovoltaici che prevedono contributi finanziari ai proprietari rendendo l'investimento più conveniente.



Esistono 3 forme di finanziamento:

- in conto capitale, in cui l'ente pubblico stanZIA un capitale a fondo perduto al privato;
- in conto interessi, in cui l'ente pubblico stanZIA un capitale a tassi agevolati al privato;
- in conto energia che permette al privato di vendere alla rete elettrica locale energia elettrica prodotta da sistemi fotovoltaici.

2 Il cantiere di Cherasco: il libro di cantiere.

DATA	DESCRIZIONE	LAVORAZIONI
Agosto '04		
	demolizione casa	recupero e pulizia mattoni vecchi
Febbraio '05		
lun. 14/02/2005	inizio lavori	scavo e getto di pulizia
gio. 17/02/2005	posa ferro	casseratura e posa ferro
ven. 18/02/2005	getto fondazioni	getto con autopompe
da lun. 21/02/2005	armatura muri	piano interrato
lun. 28/02/2005	getto muri e pilastri	piano interrato
Marzo '05		
mer. 02/03/2005	disarmo muri e pilastri	
sab. 05/03/2005	casseratura solaio	casseratura solaio piano terreno e terrazzo
mar. 08/03/2005	posa blocchi	posa dei blocchi (due solai)
mer. 09/03/2005	armatura solaio	
gio. 10/03/2005	getto primo solaio	piano terreno
sab. 12/03/2005	tracciamento pilastri	piano primo
da lun. 14/03/2005 a mer. 16/03/2005	armatura pilastri + getto	
mer. 16/03/2005	disarmo pilastri	
gio. 17/03/2005	armatura solaio	piano primo
ven. 18/03/2005	posa ferro	
lun. 21/03/2005	getto solaio	piano primo

DATA	DESCRIZIONE	LAVORAZIONI
Maggio '05		
lun. 09/05/2005	muri perimetrali	piano terreno
lun. 16/05/2005	muri perimetrali	piano primo
mer. 18/05/2005	muri perimetrali cantina	
da gio. 19/05/2005 a sab. 21/05/2005	ponteggio perimetrale	
ven. 27/05/2005	tetto casa posato trave di colmo in abete	
sab. 28/05/2005	posati puntoni in abete	
mar. 30/05/2005	posate perline in abete	
mer. 31/05/2005	muro interno sopra cordolo piano primo	tracciato tramezzi piano primo
Giugno '05		
lun. 06/06/2005	intonacato locale tecnico	
da mer. 08/06/2005 a ven. 10/06/2005	iniziato impianto di riscaldamento	sui silenziatori abbiamo posizionato delle scatole di legno per non danneggiarli
mar. 14/06/2005	getto sopra tubi di ventilazione	
mer. 15/06/2005	inserita porta locale tecnico	scrigni porte interne
gio. 16/06/2005	impianto idraulico	
ven. 17/06/2005	foto sulla posa isolante per Rockwool	
sab. 18/06/2005	posa cassonetti	
lun. 20/06/2005	muri esterni	posa isolante con tasselli
da lun. 27/06/2005 a gio. 30/06/2005	muri esterni	posa isolante con tasselli

DATA	DESCRIZIONE	LAVORAZIONI
Luglio '05		
lun. 01/07/2005	muri esterni edificio più piccolo	muri faccia a vista con mattoni recuperati (ingresso-studio)
mer. 05/07/2005	tetto parte più piccola in rovere	
lun. 11/07/2005	posato isolante 15+15	
gio. 14/07/2005	secondo tetto	(ingresso-studio)
lun. 18/07/2005	grondaie casa	
lun. 25/07/2005	grondaie studio	
Agosto '05		
lun. 01/08/2005	impianto elettrico	
mer. 03/08/2005	chiusura tracce	
gio. 04/08/2005	camino	realizzato con due tubi di acciaio inox (uno per il camino del piano interrato e uno per una eventuale stufa di integrazione alla pompa di calore) isolati con lana di roccia
mar. 16/08/2005	posa davanzali esterni e soglie in pietra	
Settembre '05		
gio. 01/09/2005	intonaco esterno ed interno casa	
lun. 19/09/2005	pulizia per sottofondo	
mar. 20/09/2005	posato isolante + guaina pavimento	

DATA	DESCRIZIONE
Ottobre '05	
lun. 03/10/2005	intonaco esterno ed interno piano interrato
ven. 07/10/2005	getto bocche di lupo
lun. 10/10/2005	posati serramenti esterni
lun. 17/10/2005	tinteggiatura interna e opere in cartongesso
mar. 18/10/2005	battuto cemento piano interrato
mer. 19/10/2005	posa bocchette per ventilazione interne e prova pompa di calore
tutto il mese	posa pavimenti e rivestimenti bagni
gio. 20/10/2005	inseriti fili elettrici nelle scatole e posa faretti nel ribassamento
gio. 27/10/2005	movimentazione terra - sistemazione esterna
Novembre '05	
ven. 04/11/2005	posa pietre scala
lun. 07/11/2005	posa specchi intonaco scale
mar. 09/11/2005	muretto recinzione e pilastri cancello scala esterna
sab. 19/11/2005	blower door test
lun. 21/11/2005	posa parquet legno piano terro
Dicembre '05	
lun. 05/12/2005	posa parquet piano primo
lun. 21/12/2006	ingresso casa

Appendice

I. Standard per il calcolo del fabbisogno energetico primario

EN 832	Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia il riscaldamento - Edifici residenziali
UNI EN ISO 6946	Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo
UNI 10379	Riscaldamento degli edifici - Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato
EN ISO 13790	Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento
UNI 10348	Riscaldamento degli edifici. Rendimenti dei sistemi di riscaldamento. Metodo di calcolo.
UNI 10376	Isolamento termico degli impianti di riscaldamento e raffrescamento degli edifici.
UNI EN ISO 10077-1	Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo semplificato
UNI EN ISO 10077-2	Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai
UNI 10346	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Scambi di energia termica tra terreno ed edificio. Metodo di calcolo.
EN ISO 13370	Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo
UNI 10347	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante. Metodo di calcolo.
UNI 10339	Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.
UNI EN 13465	Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici residenziali
EN 13779	Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di condizionamento
Raccomandazione CTI	Esecuzione della certificazione energetica - Dati relativi all'edificio
Raccomandazione CTI	Raccomandazione per l'utilizzo della norma UNI 10348 ai fini del calcolo del fabbisogno di energia primaria e del rendimento degli impianti di riscaldamento
BANCHE DATI	
UNI 10355	Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.
UNI 10351	Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore.
UNI 10349	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.

2. La nuova normativa tecnica (vedi Corrado – Serraino in bibliografia)

1. Schema generale delle nuove norme europee

La normativa europea in corso di preparazione è articolata secondo la seguente classificazione.

- 1) Calcolo del fabbisogno totale di energia dell'edificio
- 2) Calcolo dell'energia erogata
- 3) Calcolo dell'energia termica netta per riscaldamento e raffrescamento
- 4) Calcoli di supporto
 - a) Prestazioni termiche dei componenti edilizi
 - b) Ventilazione e infiltrazioni d'aria
 - e) Surriscaldamento e protezione solare
 - d) Condizioni interne e clima esterno
 - e) Definizioni e terminologia
- 5) Monitoraggio e verifica delle prestazioni energetiche

2. Norme per il calcolo del fabbisogno totale di energia dell'edificio

2.1 prEN 15203 - "Energy performance of buildings - Assessment of energy use and definition of energy ratings"

2.2 prEN 15217 - "Energy performance of buildings - Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings"

3. Norme per il calcolo dell'energia erogata

3.1 Impianti di riscaldamento ambiente e di produzione dell'acqua calda igienico-sanitaria

La norma prEN 15316 consente di calcolare l'energia consumata da un impianto di riscaldamento, suddivisa in energia termica ed elettrica (per il funzionamento degli ausiliari).

3.2 impianti di ventilazione e condizionamento

La norma prEN 15241 consente di valutare l'impatto energetico degli impianti di ventilazione.

La norma prEN 15243 permette di determinare valori della temperatura e dei carichi termici sensibili e latenti degli ambienti, nonché il fabbisogno di energia per le trasformazioni di riscaldamento, raffreddamento, umidificazione e deumidificazione.

3.3 Impianti di illuminazione

La norma prEN 15193 consente di calcolare la quantità di energia usata per l'illuminazione dell'edificio.

3.4 Sistemi di gestione e regolazione

La norma prEN 15232 specifica in termini di risparmio energetico:

- le prestazioni di funzioni di ottimizzazione e routine utilizzate nei sistemi integrati di automazione dell'edificio (BACS) (es. limitazione di temperatura, optimum start / stop, etc.);
- le pratiche utilizzate nella gestione tecnica dell'edificio (es. monitoraggi ambientali ed energetici).

4. Norme per il calcolo dell'energia termica netta per riscaldamento e raffrescamento

4.1 prEN ISO 13790 "Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling"

Questa norma specifica un metodo semplificato di calcolo per stimare il consumo energetico annuale per il riscaldamento ed il raffrescamento di un edificio residenziale e non.

5. Norme di supporto (componenti edilizi, ventilazione, protezione solare, microclima)

6. Norme per il monitoraggio e la verifica della prestazione energetica.

6.1 Ispezione degli impianti di riscaldamento.

6.2 Ispezione degli impianti di ventilazione e condizionamento.

7. Nuove norme italiane.

7.1 La nuova norma italiana sulla certificazione energetica.

Nell'ambito del Sottocomitato del CTI è allo studio un progetto di norma sui "Metodi per la certificazione energetica degli edifici".

Note

ROCKWOOL®