

di MICHELE RUGGERI, ingegnere^(*)
 di GIUSEPPE CERRANO, architetto (Polistudio)^(**)

Caldo e freddo DAL TERRENO

Basso impatto ambientale, risparmio energetico, sostenibilità ambientale e comfort climatico. Questi gli obiettivi di due installazioni dove per la climatizzazione sono state impiegate pompe di calore con sonde geotermiche. Il primo impianto descritto è stato realizzato in un complesso abitativo ristrutturato all'interno del Parco dell'Abbazia di Monteveglio (Bo), il secondo invece in un edificio industriale a Caponago (Mi).



Vista generale e dei locali annessi

Complesso residenziale^(*)

A Monteveglio, in provincia di Bologna, è stato realizzato un impianto che sfrutta l'energia geotermica in un intervento conservativo di un antico cascinale e di recupero di un tipico cortile collocato all'interno del Parco dell'Abbazia. Alla fine della ristrutturazione è sorto un complesso residenziale di prestigio, formato da due unità principali, altre due più piccole e locali vari accessori. La sostenibilità ambientale è sembrata fondamentale in un intervento svolto all'interno della realtà del parco dove, seppur con una maggior spesa iniziale, non ci saranno emissioni rilevanti (se non quelle di una piccola caldaia integrativa a condensazione a metano, dei caminetti e del forno del pane funzionanti con il legname delle potature), verranno raccolte tutte le acque piovane in cisterne che permetteranno poi di riutilizzarle per annaffiare, e verranno trattate opportunamente tutte le acque reflue.

Inoltre, l'uso dell'energia rinnovabile consentirà di ottenere il beneficio fiscale previsto dall'ultima Legge Finanziaria, e di sfruttare le opportunità offerte dalla legge in materia di "risparmio energetico" e di "uso razionale dell'energia".

Una volta acquisito il lotto, il percorso progettuale non è stato facile per la collocazione del "cortile" all'interno del territorio del Parco, che è sicuramente un titolo di vanto e di prestigio, ma ha obbligato i progettisti a sottostare a una serie di regole e di procedure. Infatti, la struttura agricola risalente alla fine del '700 è stata rimaneggiata nell'800 e ancora nel '900, prima di giungere ai giorni

nostri con molti rifacimenti e superfetazioni. L'architetto ha quindi svolto un lavoro di ricerca storica e di ricostruzione cronologica. Il complesso era formato da una casa, un grosso fienile-stalla e ricovero attrezzi, un pollaio-conigliaia, un forno esterno e due pozzi coperti. Al termine dei lavori sono stati realizzati: la casa padronale (nell'ex fienile), la casa con tre unità immobiliari e locali accessori, una casetta (mini-appartamento nell'ex pollaio). Il forno del pane e i pozzi coperti hanno mantenuto la loro funzione originale.

CONDIZIONI TERMO-IGROMETRICHE INTERNE E TIPOLOGIA DEGLI IMPIANTI

Casa padronale fabbricato B

- inverno:

con riscaldamento base a pannelli radianti T= 20°C
 con impianto di termoventilazione invernale T= 22°C
 con riscaldamento a radiatori servizi T= 22°C

- estate:

con raffrescamento mediante pannelli T= 28°C U.R.= 60%
 con impianto di termoventilazione T= 26°C U.R.= 50%

Casa servizio fabbricato A

- inverno:

con impianto di condizionamento invernale T= 20°C
 con riscaldamento a radiatori servizi T= 20°C

- estate:

con impianto di condizionamento estivo T= 26°C U.R.= 50%



A sinistra il dettaglio dell'uscita delle tubazioni della centrale tecnologica, a destra l'ingresso al fabbricato A per le tubazioni dell'impianto di climatizzazione e gli impianti sanitari

FUNZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

Casa padronale fabbricato B

- ore di funzionamento per impianti di riscaldamento a pannelli e riscaldamento servizio h=24 giornaliera con attenuazione notturna.
- ore di funzionamento per impianti integrativi di termoventilazione h= 10 giornaliera

Casa servizio fabbricato A

- ore di funzionamento per impianti di riscaldamento a pannelli e riscaldamento servizi h= 24 giornaliera con attenuazione notturna.

Scheda tecnica dell'impianto

Caratteristiche dei fabbricati:

trattasi di restauro conservativo di fabbricati rurali esistenti

- Volume lordo dei 2 fabbricati: 2476 m³
- Superficie utile complessiva in pianta: 950 m²

Condizioni termo igrometriche esterne:

condizioni prese a base per i calcoli con tolleranze nella T di $\pm 1^\circ\text{C}$; nell'U.R. di $\pm 10\%$

INVERNO

condizioni esterne minime T= -7°C U.R.=80%

ESTATE

condizioni esterne massime: T= $+32^\circ\text{C}$ U.R.= 50%

CARATTERISTICHE E DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI

Gli impianti tecnologici per il raffrescamento e il riscaldamento dei fabbricati di cui in oggetto sono essenzialmente costituiti da centrale di produzione di fluidi caldi e refrigerati mediante gruppi frigo a pompa di calore. Fluidi in alimentazione ai condensatori/evaporatori rigenerato attraverso sonde geotermiche, per entrambe le unità abitative. Sono presenti linee di distribuzione esterna del gas, dell'acqua e dei fluidi caldi e refrigerati.

Impianti casa padronale B:

- sottocentrale tecnologica;
- impianti di riscaldamento e raffrescamento base a pannelli;
- impianto di condizionamento integrativo ad aria per il ricambio per abbattere l'umidità estiva e umidificare durante l'inverno;
- impianti di riscaldamento servizi, impianto idrico-sanitario e di estrazione.

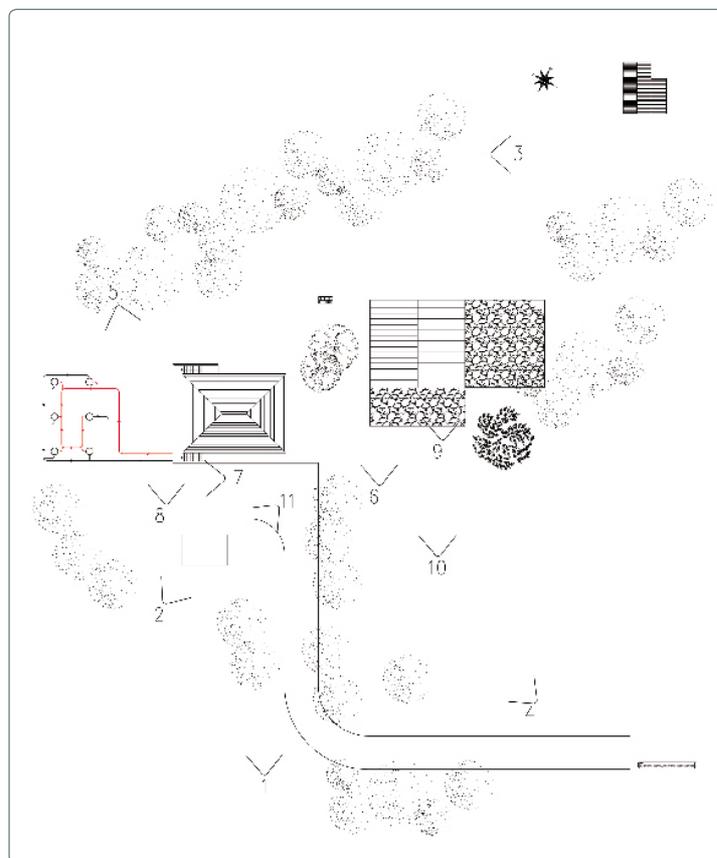
Impianti casa di servizio A:

- impianto di raffrescamento estivo e di riscaldamento invernale con condizionatori locali tipo fan-coil a 4 ranghi (in parallelo);
- impianti di riscaldamento servizi, impianto idrico-sanitario e di estrazione.

APPARECCHIATURE DI CENTRALE

Elemento fondamentale dell'installazione sono le due pompe di calore acqua – acqua.

- Potenza di ciascun apparecchio:



La zona interessata dall'installazione delle sonde geotermiche e, a destra, la planimetria generale del complesso abitativo ristrutturato

in inverno cadauno 20 kW per un totale di 40 kW
in estate cadauno 30 kW per un totale di 60 kW

- Condizioni del fluido in entrata/uscita dalle pompe di calore:

in inverno entrata T = 45°C uscita T = 40°C
in estate entrata T = 7°C uscita T = 15°C

- Fluidi in alimentazione ai pannelli radianti:

in inverno da T = 37°C a T = 32°C
in estate da T = 18°C a T = 29°C

- Fluidi in alimentazione ai fan-coil:

in inverno da T = 45°C a T = 40°C
in estate da T = 7°C a T = 12°C

- Acqua calda per il circuito sanitario:

T = 50°C ± 5.

Impianto integrativo per sopperire ai forti carichi saltuari di acqua calda sanitaria: caldaia murale a metano a condensazione e ad alto rendimento di potenza inferiore a 35 kW a combustione stagna.

- Pressione del metano 2 kPa
- Fluido in alimentazione al circuito caldo sanitario 55°C

BILANCIO ENERGETICO

Il sistema adottato, con un'unica soluzione impiantistica, può gestire la fase di riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria.

Elementi centrali del sistema sono le due pompe di calore geotermiche che, in questo caso, sono dotate di sistema di controllo a mi-

croprocessore, il quale permette, tramite un segnale di temperatura dell'aria esterna, di modulare, in ragione delle differenti condizioni ambientali il set di funzionamento e quindi massimizzare il Cop medio stagionale. Alle condizioni nominali standard, il Cop delle due unità si mantiene superiore a 4,5.

Se poi, come sembra per questa installazione, si installeranno in un futuro prossimo, anche i pannelli fotovoltaici, è possibile produrre l'energia elettrica necessaria al funzionamento della pompa di calore geotermica, rendendo così gli edifici indipendenti dai tradizionali fornitori di energia.

Nel nostro caso le pompe di calore sono ad inversione di ciclo cioè in grado di produrre, oltre all'acqua calda per l'impianto di riscaldamento e l'acqua calda sanitaria, anche acqua refrigerata per l'impianto di raffrescamento.

Nelle nostre macchine è presente anche il modulo free-cooling, con cui è possibile soddisfare le esigenze di raffrescamento utilizzando direttamente la sonda geotermica come dissipatore di calore.

Il calore sottratto all'ambiente da raffreddare viene dissipato direttamente nel terreno mediante la sonda stessa senza richiedere l'intervento del compressore frigorifero. Così l'unica energia elettrica consumata è quella della pompa che mantiene in circolazione l'acqua dell'impianto e nella sonda geotermica. Il rendimento della sonda geotermica in relazione delle caratteristiche del sottosuolo è di 65 W/m, la lunghezza delle sonde è pari a 100 m e il numero è di 6, quindi 600 x 65 = 39000 W = 39 kW.



L'esterno dell'edificio e, a destra, il locale tecnico per gli impianti meccanici



Edificio industriale^(**)

Nell'ambito dell'ampliamento di un edificio industriale a Caponago (Mi) è stato realizzato un impianto di climatizzazione geotermico con acqua di falda con pompe di calore.

L'attività dell'azienda coinvolta nei lavori (Sira srl, rappresentante e distributrice esclusiva dei prodotti per telefonia e broadcasting del Gruppo tedesco Kathrein), si divideva tra l'unità produttiva di Caponago, includendo anche gli uffici direzionali e l'unità produttiva di Inzago.

Soggetti coinvolti

Localizzazione: Caponago (Mi)

Committente: Sira srl, Caponago (Mi)

Progetto architettonico: Polistudio, arch. Giuseppe Cerrano, Barzanò (LC), www.polistudio.biz

Progetto strutturale: Polistudio, ing. Francesco Astolfi, Barzanò (LC)

Progetto impianti: Polistudio, ing. Emilio Panzeri, Barzanò (LC),

Impresa edile: Impresa Tentori di Tentori Emilio & C. srl, Airuno (Lc)

Strutture prefabbricate: Cividini spa, Osio Sopra (Bg)

Impianti meccanici: Maggioni Rino srl, Monza (Mb)

Impianti elettrici: RA2 Elettrotecnica srl, Bellusco (Mi)

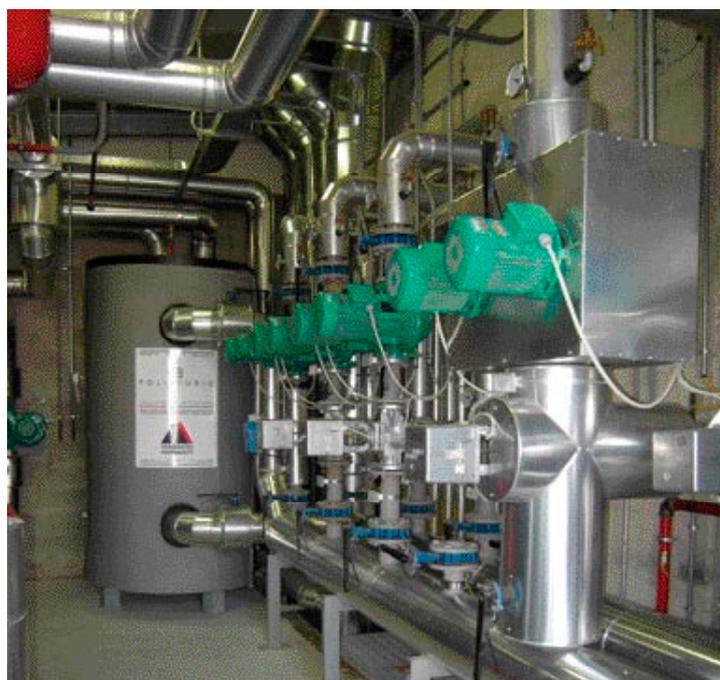
Serramenti in alluminio: Jolly Alluminio srl, Aicurzio (Mi)

Nel 2004 si è reso necessario ampliare l'attività sia per le prospettive di sviluppo dell'azienda sia per la necessità di accorpate la seconda unità produttiva eliminando i disagi e le diseconomie dovute anche ai notevoli costi di gestione derivanti dalle scarse prestazioni degli impianti e dell'involucro edilizio.

Le esigenze erano pertanto di sfruttare al massimo le potenzialità edificatorie dell'area di pertinenza della sede principale per realizzare spazi destinati all'attività produttiva, all'imballaggio/spedizione e al carico/scarico, mantenendo però un'adeguata superficie scoperta per spazi di manovra e stoccaggio dei manufatti.

Il nuovo edificio industriale, interpretando le esigenze dell'azienda espresse nei vari incontri con i suoi responsabili, sviluppa una superficie lorda di pavimento di 5.823 m² su tre piani, con destinazioni d'uso funzionali all'attività: area di carico e scarico coperta, con adiacente deposito/imballaggio al piano terra, laboratori con relativi servizi e spogliatoi ai piani primo e secondo, locali tecnologici e terrazzo/deposito all'aperto in copertura. Il tutto connesso verticalmente da scale interne ed esterne, da due montacarichi di grandi dimensioni e da un ascensore per il personale.

La sensibilità dell'azienda ai temi del risparmio energetico e della tutela dell'ambiente ha fatto sì che fossero recepite le proposte del team di progettazione in merito alle prestazioni dell'involucro edilizio e degli impianti per la climatizzazione degli ambienti di lavoro. L'attenzione si è pertanto concentrata sull'isolamento dell'involucro e sulla scelta di impianti innovativi e performanti.



A sinistra: collettori di distribuzione e pompe di circolazione. A destra: collettori di distribuzione e pompe di circolazione e serbatoio inerziale

L'involucro esterno è costituito da pannelli di tamponamento a taglio termico dello spessore di 24 cm, con K pari a $0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, l'isolamento in copertura è realizzato con doppio pannello Fesco Board, i serramenti in alluminio, a taglio termico, con vetrocamera 8/12/4+4, hanno una conduttività termica di $2,47 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Tutti i valori di trasmittanza sono molto inferiori rispetto a quanto richiesto dalla normativa all'epoca di costruzione dell'edificio.

L'IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE

L'impianto di climatizzazione invernale ed estivo è stato realizzato con pannelli radianti a pavimento ed impianto di aria primaria. Sono stati climatizzati il magazzino di carico e scarico al piano terra (rimane esclusa la zona di stazionamento degli automezzi per il carico e scarico) e gli interi piani primo e secondo al piano terra, per una superficie totale netta di circa 4400 m^2 .

L'altezza dei piani è di 5,00 m per il piano terra e di 4,00 m per gli altri piani. I pannelli radianti a pavimento sono costituiti da tubazioni in polietilene reticolato Pex, posati su supporto di polistirolo buggato ad alta densità e poi ricoperti da massetto in cls di spessore pari a circa 15 cm con finitura da pavimento industriale.

Nelle tubazioni a pavimento viene fatta circolare nel periodo invernale acqua calda alla temperatura di circa $35/40^\circ\text{C}$, mentre nel periodo estivo l'acqua refrigerata sarà alla temperatura di circa $15/20^\circ\text{C}$.

L'impianto ad irraggiamento, oltre a creare le migliori condizioni di

comfort ambientale, permette di evitare la stratificazione dell'aria calda nella parte più alta dell'ambiente e riduce i costi di gestione. L'impianto di aria primaria consente un corretto ed equilibrato ricambio dell'aria ed assicura ambienti di lavoro più salubri, è formato da un sistema di canali per la distribuzione capillare dell'aria, e da un'unità di trattamento dell'aria installata sulla copertura completa di recuperatore di calore di tipo rotativo per il recupero dell'energia termica contenuta nell'aria aspirata dall'ambiente dal sistema di evacuazione dei fumi di saldatura. In fase di climatizzazione estiva l'aria primaria è fondamentale per tenere sotto controllo il livello di umidità relativa dell'ambiente e quindi scongiurare la formazione di condensa sulla superficie del pavimento.

Il volume di aria primaria immessa in ambiente compensa l'aria estratta dall'impianto di estrazione dei fumi dei banchi di saldatura. Il sistema di distribuzione dell'aria primaria e per l'estrazione dei fumi di saldatura è realizzato con canalizzazioni installate a soffitto ai piani primo e secondo.

Il cuore dell'impianto è il locale tecnico in copertura ove sono installate le apparecchiature di produzione dell'acqua calda e dell'acqua refrigerata. Il gruppo termofrigorifero è formato da tre pompe di calore Viessmann Vitocal 300 alimentate ad energia elettrica. Durante la stagione invernale saranno in grado di produrre acqua calda ad una temperatura massima di circa $50/55^\circ\text{C}$, pertanto compatibili con le temperature richieste dall'impianto a pannelli radianti e dalle batterie delle unità trattamento aria primaria.



A sinistra: trivellazione pozzo per geotermia. A destra: locale tecnico per la gestione degli impianti.

Le pompe di calore sono del tipo acqua/acqua che permette di ottenere dei rendimenti nettamente superiori alle pompe di calore tradizionali aria/acqua e soprattutto non risentono delle condizioni ambientali esterne e quindi sono praticamente costanti.

Il Cop di queste macchine raggiunge valori pari a circa 4,5–5,5 in funzione della stagione di funzionamento.

Con 1,00 kW di energia elettrica si ottengono in inverno fino a 5,50 kW termici, mentre in estate fino a 4,50 kW frigoriferi.

L'acqua di condensazione delle pompe di calore è prelevata dalle falde nel sottosuolo mediante 2 pozzi di prelievo con profondità di circa 130 m. e restituita sempre nel sottosuolo con un pozzo profondo circa 30 m. I pozzi di presa, ognuno dotato di pompa sommersa, saranno fatti funzionare alternativamente in modo da avere sempre un pozzo con propria pompa di scorta per eventuali anomalie e manutenzioni ordinarie e straordinarie.

Le potenze termiche e frigorifere stimate per la climatizzazione invernale ed estiva sono pari a circa 300,00 KW.

Il fabbisogno massimo di acqua di falda necessario al sistema di pompa di calore, nelle massime condizioni ammesse, è pari a circa 50,00 m³/h. Il prelievo dell'acqua del sottosuolo permette, durante la fase invernale, di migliorare notevolmente i rendimenti delle pompe di calore.

Durante la fase estiva l'acqua del sottosuolo permette di raffreddare gratuitamente, attraverso il pavimento radiante, gli ambienti. Come noto l'acqua esistente nel sottosuolo ha una temperatura

costante durante l'intero anno solare, non influenzata dalla temperatura esterna, pari a circa 13,5/14°C.

L'impianto di raffreddamento estivo realizzato con i pannelli radianti ha temperature di regime dell'acqua pari a circa 15/20°C; ciò significa che la temperatura dell'acqua di falda è perfettamente compatibile con quella dell'impianto e che quindi non è necessario trattarla attraverso le pompe di calore in inversione di ciclo per l'abbassamento della temperatura.

Attraverso l'applicazione di un semplice scambiatore di calore è possibile raffreddare l'acqua dell'impianto direttamente con l'acqua di falda e quindi sfruttare il cosiddetto "natural cooling". Il trattamento dell'aria primaria richiede invece delle temperature dell'acqua refrigerata inferiori e pari a circa 7/8°C; ciò significa che l'acqua di mandata alle Uta dovrà essere trattata dalle pompe di calore. Il gruppo termofrigorifero è stato quindi dimensionato per il fabbisogno invernale ed è composto da tre pompe di calore di cui due complete di sistema per l'inversione del ciclo per la produzione dell'acqua refrigerata per il funzionamento estivo. Ogni pompa di calore è equipaggiata di due compressori scroll. La modularità dell'impianto si sviluppa quindi su sei gradini di potenza. La convenienza economica nella gestione di un impianto di questo tipo consiste soprattutto nel fatto di poter sfruttare durante la stagione estiva il "natural cooling" con un conseguente notevole risparmio di energia che permetterà alla proprietà di ammortizzare in breve tempo i notevoli costi sostenuti per la realizzazione dell'impianto. ■