



Ricerca di Sistema elettrico

Misura delle prestazioni in campo di una pompa di calore di grande taglia

E. Passafaro, F. Caffari, D. Iatauro, N. Calabrese,
M. Cantoro, G. Gola

MISURA DELLE PRESTAZIONI IN CAMPO DI UNA POMPA DI CALORE DI GRANDE TAGLIA

E. Passafaro, F. Caffari, D. Iatauro, N. Calabrese (ENEA)

M. Cantoro, G. Gola (BP PROPERTY MNGT. GRUPPO BANCO BPM Energia e Impianti)

Settembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2017

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: Studi sulla riqualificazione energetica del parco esistente di edifici pubblici mirata a conseguire il raggiungimento della definizione di edifici a energia quasi zero (nZEB)

Obiettivo: Misura delle prestazioni in campo di una pompa di calore di grande taglia

Responsabile del Progetto: Domenico Iatauro, ENEA

INDICE

SOMMARIO	4
SUMMARY	4
1 INTRODUZIONE	5
1.1 L'AUDIT ENERGETICO DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI SOTTOPOSTI A RIQUALIFICAZIONE CON OBIETTIVO NZEB	5
1.2 L'ANALISI DEL RENDIMENTO DEGLI IMPIANTI	6
1.3 OBIETTIVI DEL LAVORO	8
2 CASO STUDIO 1: BANCA POPOLARE DI NOVARE (NIZZA MONFERRATO).....	10
2.1 L'EDIFICIO DELLA BANCA POPOLARE DI NOVARE (NIZZA MONFERRATO)	10
2.2 GLI IMPIANTI DI RISCALDAMENTO E VENTILAZIONE DELLA BANCA POPOLARE DI NOVARE (NIZZA MONFERRATO)	12
2.3 PROFILI DI UTILIZZO DELLA BANCA POPOLARE DI NOVARE (NIZZA MONFERRATO)	13
2.4 MONITORAGGIO IN SITO DELLA POMPA DI CALORE DELLA BANCA POPOLARE DI NOVARE (NIZZA MONFERRATO).....	14
2.4.1 <i>Gli strumenti di misura</i>	14
2.4.2 <i>Misura dei dati climatici esterni</i>	16
2.4.3 <i>Misura dei dati climatici indoor</i>	17
2.5 ELABORAZIONE DEI DATI MISURATI E ANALISI DEI RISULTATI DELLA BANCA POPOLARE DI NOVARE (NIZZA MONFERRATO)	19
2.5.1 <i>Profilo delle principali grandezze misurate</i>	19
2.5.2 <i>Diagrammi di sintesi relativi all'intero periodo monitorato</i>	24
3 BANCA POPOLARE DI VERONA (UDINE)	27
3.1 L'EDIFICIO DELLA BANCA POPOLARE DI VERONA (UDINE)	27
3.2 GLI IMPIANTI DI RISCALDAMENTO E VENTILAZIONE AL SERVIZIO DELLA BANCA POPOLARE DI VERONA (UDINE).....	29
3.3 PROFILI DI UTILIZZO DELLA BANCA POPOLARE DI VERONA (UDINE).....	30
3.4 MONITORAGGIO IN SITO DELLA POMPA DI CALORE DELLA BANCA POPOLARE DI VERONA (UDINE)	31
3.4.1 <i>Gli strumenti di misura</i>	31
3.4.2 <i>Misura dei dati climatici esterni</i>	33
3.4.3 <i>Misura dei dati climatici indoor</i>	33
3.5 ELABORAZIONE DEI DATI MISURATI E ANALISI DEI RISULTATI DELLA BANCA POPOLARE DI VERONA (UDINE)	36
3.5.1 <i>Profili delle principali grandezze misurate</i>	36
3.5.2 <i>Diagrammi di sintesi relativi all'intero periodo monitorato</i>	41
4 CONCLUSIONI	45
5 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	47

Sommario

Il generatore termico a pompa di calore rappresenta una tipologia impiantistica di grande interesse per gli edifici nZEB, in quanto, l'utilizzo di energia elettrica per la climatizzazione degli edifici, integrata alle fonti rinnovabili, consente di raggiungere gli standard di efficienza previsti dalla normativa attuale (DM. 26/6/2015) per gli edifici a energia quasi zero. Per questa annualità, sono stati individuati due impianti a pompe di calore installati in edifici del terziario (agenzie bancarie) situati in Nord Italia (zona climatica E), dei quali è stato monitorato il rendimento dell'impianto durante la stagione di climatizzazione invernale. Il monitoraggio è stato effettuato mediante l'impiego di energy meter per la registrazione della potenza termica erogata e la contemporanea acquisizione dei principali dati climatici esterni relativi alle località in esame, Udine e Nizza Monferrato.

L'analisi dei dati di misura, relativi alla climatizzazione invernale (mesi di Febbraio e Marzo 2017), ha consentito di monitorare il COP delle pompe di calore, nonché i principali parametri di funzionamento delle macchine installate, quali: la temperatura del fluido termovettore, la portata, il fattore di carico, la potenza termica erogata, ecc). Il monitoraggio potrà eventualmente essere esteso ad altri periodi della stagione per avere un quadro generale del comportamento della macchina durante tutto l'arco dell'anno ed evidenziarne l'effettivo rendimento al variare delle condizioni climatiche esterne.

L'obiettivo è quello di valutare l'effettivo rendimento, COP/EER, in condizioni di utilizzo reale, per poterlo in seguito confrontare sia con i dati tecnici forniti dalla casa costruttrice del generatore, sia con i rendimenti stagionali calcolati secondo metodologie di calcolo standardizzate per il calcolo del fabbisogno energetico degli edifici UNI TS 11300

Parole chiave: edifici nZEB, efficienza energetica, Pompe di calore, misure del COP,

Summary

The DM 26/6/2015 has defined in Italy the minimum energy performance requirements for new and existing buildings that undergo major renovation, in order to achieve progressively, in the next years, the target of Nearly Zero Building (nZEB), defined as: "buildings that have very high energy performance, and the low amount of energy that these require, comes mostly from renewable sources".

In this context, the heat pump generator plays a relevant role to increase the energy efficiency of the buildings, since the use of electric energy for building air conditioning, integrated with the use of renewable sources, allows to meet the standards required for nearly zero energy buildings.

Two office buildings, (bank agencies), has been selected, to be monitored during the heating season. The monitoring has been carried out using energy meters, installed on the heat pump generator (air to water). electric and thermal power measurements were taken to check the energy efficiency of the generator, depending on the outdoor temperature of the site.

The analysis of the collected data for winter season, focused on the month of February and March of 2017, has allowed to investigate the main efficiency-influencing aspects (temperature of water, the boundary conditions, operating time, load factor of plan, etc.). Furthermore, the field data of COP have been compared with the performance characteristics of the generator supplied by Climaveneta. The monitoring can be extended in the other season to have an overall evaluation of the heat pump behavior throughout the year. The aim of the study is to evaluate the efficiency of the heat pump performance in real-operating conditions, to be compared with the seasonal performance indices SPF/ESEER, calculated in accordance with standard calculation methodologies for the energy audit of buildings

Keywords: nZEB, energy efficiency, Heat Pump, COP monitoring.

1 Introduzione

1.1 *L'audit energetico degli impianti negli edifici sottoposti a riqualificazione con obiettivo nZEB*

La Direttiva 2010/31/UE introduce il concetto di “edifici a energia quasi zero” , nZEB (nearly Zero-Energy Buildings), definito come “quell’edificio che ha prestazioni energetiche molto elevate e che richiede quindi un piccolo fabbisogno di energia, la maggior parte della quale deve essere fornita da fonti rinnovabili”.

In Italia la legge 90/2013, ed il successivo DM 26/6/2015, fissano i nuovi criteri per l’aggiornamento e la programmazione di standard prestazionali degli edifici (involucro, impianti e fonti rinnovabili), al fine di raggiungere gli obiettivi fissati a livello europeo in materia di edifici a energia quasi zero. I requisiti minimi prestazionali per l’edilizia tengono in debito conto il periodo di condizionamento invernale ed estivo, la zona climatica.

Gli standard nZEB (nearly Zero Energy Buildings) previsti dal DM 26/6/2015, richiedono che le nuove costruzioni, a partire dal 2021 e dal 1 Gennaio 2019 per gli edifici di proprietà pubblica, rispondano a requisiti di elevata prestazione energetica sia per l'involucro edilizio sia per gli impianti di climatizzazione installati. Inoltre la normativa richiede che almeno il 50% del consumo energetico dell'edificio derivi da fonti rinnovabili.

Tali requisiti, daranno nei prossimi anni, maggior impulso alla diffusione di combinazioni impiantistiche per la climatizzazione degli edifici, differenti da quelle tradizionalmente più diffuse.

La valutazione dell'efficienza degli impianti installati, tra l'altro, assume particolare importanza nell'ambito delle riqualificazioni energetiche di edifici pubblici, spesso a carattere storico. In questi casi infatti gli interventi di miglioramento energetico sono in gran parte concentrati sugli impianti, viste le maggiori difficoltà che si riscontrano nell'applicazione di misure sull'involucro edilizio, caratterizzato da numerosi vincoli architettonici.

Tra le diverse tipologie di generatori, sicuramente maggior interesse assumerà l'utilizzo di sistemi a Pompa di calore, che, integrati all'installazione di moduli fotovoltaici, consentiranno un maggior impiego del vettore elettrico nella climatizzazione degli edifici, nel rispetto delle quote di energia rinnovabile obbligatorie per le nuove costruzioni.

E' importante però sottolineare che l'impiego e il rendimento degli impianti di generazione, basati sull'utilizzo di fonti rinnovabili, risultano strettamente legati alle caratteristiche climatiche (temperatura, umidità, radiazione solare) del sito in esame, oltre che alla richiesta energetica dell'edificio. Tale aspetto implica un'accurata valutazione dell'efficienza di una certa tipologia di impianto, in funzione del contesto climatico in cui viene installato.

Nel caso delle pompe di calore ad aria (aria-acqua, aria-aria) le variazioni delle variabili climatiche nel corso della stagione di climatizzazione possono influenzare in maniera sostanziale il rendimento della macchina, che, in alcuni casi può ridursi drasticamente fino a raggiungere condizioni tali da comprometterne la convenienza energetica, e quindi l'applicabilità.

Diventa quindi interessante monitorare in opera, la potenza erogata e l'efficienza effettiva (COP, EER) di una pompa di calore al servizio di un edificio pubblico, ad uso ufficio, in cui è richiesta climatizzazione sia invernale che estiva. L'analisi del rendimento della macchina, al variare delle condizioni climatiche stagionali, consentirà di confrontare il rendimento effettivo, con quello nominale fornito dalla casa costruttrice e valutato in condizioni standard.

In seguito sarà possibile estendere il confronto anche ai valori di rendimento medio stagionale della macchina (SCOP/SPF, ESEER) calcolati con i diversi metodi di calcolo del fabbisogno energetico disponibili: quello semi stazionario, implementato nelle UNI TS 11300 e richiamato dalle attuali normative ai fini della certificazione energetica e della verifica degli standard nZEB, quello dinamico, più oneroso e complesso dal punto di vista del calcolo, ma più efficace per una descrizione maggiormente realistica degli scambi termici, soprattutto nel caso estivo.

Tale aspetto risulta particolarmente interessante soprattutto al fine di migliorare i modelli di calcolo utilizzati nelle diagnosi energetiche degli edifici, in particolare quelli del terziario, per i quali una più accurata

valutazione del rendimento stagionale dei generatori installati, al variare delle condizioni climatiche del sito in esame, risulta essenziale per un corretto dimensionamento dell'impianto e per una corretta analisi economica (costi-benefici) degli interventi di riqualificazione individuati.

L'attività di monitoraggio, focalizzata quest'anno sul periodo invernale, costituisce il completamento di quanto svolto nella precedente annualità, in cui era stato analizzato il comportamento di una pompa di calore installata a Roma, durante il periodo estivo. In analogia a quanto fatto nel Report dello scorso anno, si riportano di seguito alcuni brevi richiami teorici circa i principi basilari del funzionamento delle macchine a pompa di calore.

1.2 L'analisi del rendimento degli impianti

Richiami teorici

Il monitoraggio in opera, di un impianto di climatizzazione, è necessario, come detto in precedenza, per poter valutare il comportamento del sistema di generazione, in funzione del carico termico richiesto dall'edificio e delle differenti condizioni climatiche. Per impianti a Pompa di calore, aria-acqua/aria-aria, che utilizzano come fonte termica di scambio l'aria esterna, sarà quindi interessante monitorare la potenza termica erogata in funzione della temperatura esterna, per poter conseguentemente valutare il rendimento della macchina.

L'efficienza di una Pompa di calore, comunemente definita come, COP (*Coefficient of Performance*) per la climatizzazione invernale ed EER (*Energy Efficiency Ratio*) per quella estiva, rappresenta il rapporto tra la potenza termica erogata (kW) e la potenza elettrica assorbita (kW), dovuta al lavoro dei compressori elettrici sul fluido refrigerante.

Per una macchina a compressione di vapore, tipologia maggiormente diffusa, il ciclo frigorifero compiuto può essere schematizzato in 4 fasi principali, come riportato in Fig. 1 :

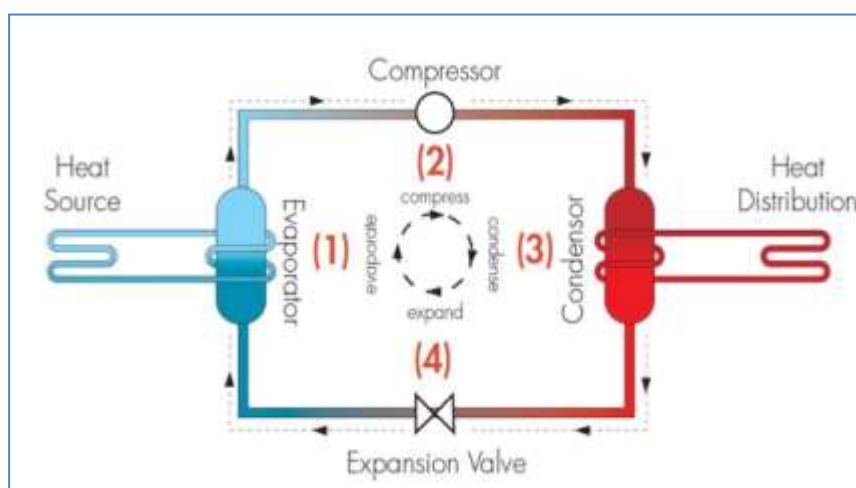


Fig. 1 Fasi del ciclo frigorifero

Fonte: CORDIS

1. compressione: in cui il fluido allo stato vapore viene compresso e si riscalda assorbendo calore (alta pressione)
2. condensazione: il fluido refrigerante, proveniente dal compressore, passa dallo stato di vapore surriscaldato allo stato liquido cedendo calore all'ambiente;

3. espansione: passando attraverso la valvola di laminazione il fluido, allo stato liquido, si trasforma parzialmente in vapore raffreddandosi;
4. evaporazione: il fluido refrigerante assorbe calore dall'ambiente ed evapora completamente (bassa pressione)

In un ciclo ideale (ciclo di Carnot) il rendimento sarebbe influenzato esclusivamente dalle temperature delle sorgenti termiche T1 (aria) e T2 con le quali la macchina scambia calore.

In particolare per il caso invernale:

$$COP_h = \frac{Q_f}{L_{el}} = \frac{T_2}{T_2 - T_1} = \frac{T_{condens}}{\Delta T} \quad T_2 > T_1$$

e per il caso estivo:

$$EER_h = \frac{Q_s}{L_{el}} = \frac{T_1}{T_2 - T_1} = \frac{T_{evapor}}{\Delta T} \quad T_1 > T_2$$

Si può notare facilmente che l'efficienza della macchina è inversamente proporzionale alle differenze di temperatura in cui avvengono gli scambi termici, cioè tra la T di condensazione e la T di evaporazione. Ciò implica che nel caso di climatizzazione invernale (T2>T1):

- Il COP si riduce al diminuire della T esterna della sorgente

così come nel caso di climatizzazione estiva (T2<T1):

- l'EER si riduce all'aumentare della T esterna dell'aria

In entrambi i casi infatti all'aumentare delle differenze di temperatura di scambio aumenta il lavoro di compressione che il fluido frigorifero richiede. Inoltre, la potenza erogata dal compressore dipende dalla massa di fluido compresso e dalla differenza di entalpia delle sorgenti di scambio: al diminuire della T di evaporazione, diminuisce la densità del fluido vapore, e quindi anche la potenza erogata. E' importante quindi verificare al variare delle temperature esterne, che la potenza termica fornita sia sufficiente a compensare i carichi richiesti dall'edificio, oltre al rendimento con cui la macchina è in grado di fornire l'energia richiesta. Parametri influenti sul COP della macchina risultano le temperature dell'acqua/aria in uscita, legate al tipo di impianto installato ed ai terminali di emissione presenti negli ambienti da climatizzare. Quanto detto risulta ben evidente dalla Fig. 2 riportata di seguito

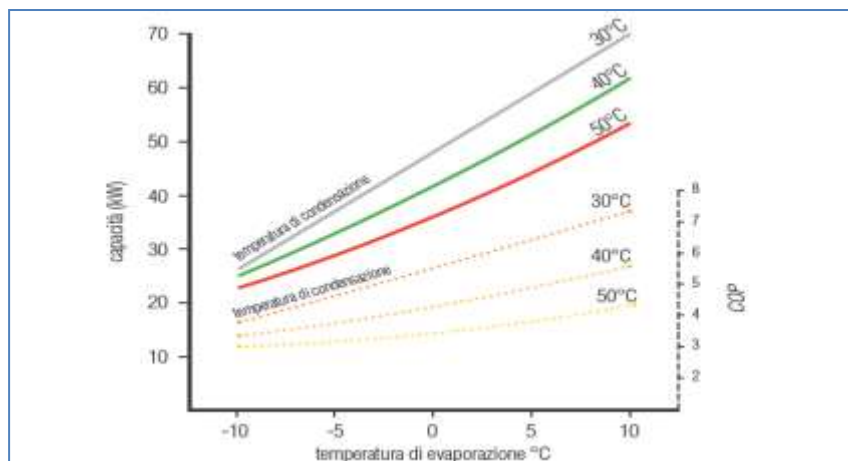


Fig. 2 Andamento del COP al variare della temperatura del pozzo caldo

Fonte: Ferroli

Riguardo le condizioni dell'aria esterna, influisce sulla potenza e sull'efficienza di una pompa di calore oltre alla temperatura anche l'umidità relativa, soprattutto in condizioni invernali. Al diminuire di questa infatti, è richiesta una temperatura di evaporazione minore, con conseguente riduzione del rendimento della macchina. Quando la temperatura è prossima allo zero, possono raggiungersi condizioni che portano alla formazione di brina, con conseguente interruzione del funzionamento (Defrosting).

Nei cicli reali, che avvengono nelle comuni applicazioni nell'ambito della climatizzazione degli edifici, il rendimento dei vari componenti della macchina causa delle perdite energetiche nelle varie trasformazioni termodinamiche che il fluido subisce.

I fattori che influenzano il rendimento di una pompa di calore, oltre alle condizioni climatiche del sito in esame, sono quindi molteplici: tipologia del compressore, fluido refrigerante utilizzato, il rapporto di compressione, il carico termico richiesto dall'edificio, le caratteristiche dei componenti costruttivi (inverter, valvole di espansione, ecc)

L'analisi di tali aspetti, relativi alle caratteristiche costruttive della macchina o alle modalità di funzionamento, prescinde dagli obiettivi di questo lavoro: stante le caratteristiche della pompa di calore installata (Pompa Aria-acqua al servizio di impianto idronico), ritenuta tipica per applicazioni in edifici del terziario, il monitoraggio sperimentale avviato, è finalizzato ad evidenziare l'effettivo grado di efficienza del generatore, nei diversi periodi di climatizzazione, al fine di valutarne l'influenza sul fabbisogno energetico dell'edificio e consentire un confronto con i valori di rendimento implementati nei modelli di calcolo utilizzati comunemente per le diagnosi energetiche.

1.3 Obiettivi del lavoro

L'obiettivo di questo studio, come detto in precedenza, è quello di monitorare il rendimento in opera di una pompa di calore al servizio di un edificio ad uso uffici. Le misure previste dovranno infatti monitorare il comportamento del generatore durante l'utilizzo effettivo dettato dalla richiesta termica dell'edificio e dalle esigenze dell'utenza. Non è stata prevista quindi alcuna limitazione agli orari di accensione, né alla regolazione delle temperature nei diversi locali climatizzati.

Per misurare l'efficienza della macchina, sia in condizioni estive che invernali (COP/EER), è necessario misurare simultaneamente sia la potenza termica erogata, utile alla refrigerazione o al riscaldamento dell'acqua circolante nell'impianto, sia quella elettrica assorbita dalla macchina, richiesta dal funzionamento dei compressori. Il rapporto di tali grandezze, sarà indicativo del rendimento della pompa di calore.

I due impianti individuati sono installati in edifici adibiti ad agenzie bancarie rispettivamente ad Udine e Nizza Monferrato, entrambe localizzate in fascia climatica E. Pur essendo di tipologia analoga, sono utilizzati diversamente: quello di Udine, in modalità bivalente, è integrato con una caldaia a gas, l'altro invece, funziona in modalità monovalente per la climatizzazione estiva ed invernale.

Le diverse condizioni operative di funzionamento, influiscono sul rendimento dei generatori e possono quindi fornire interessanti spunti di confronto.

Diverse sono le problematiche da considerare ai fini di un corretto monitoraggio: il corretto posizionamento dei sensori, il settaggio iniziale dei parametri di misura, la verifica dei sistemi di controllo della macchina, la scala temporale delle misure, l'analisi dei transitori, ecc.

In particolare, le misure della potenza termica erogata, sono basate sulla misurazione delle portate nel circuito di distribuzione e della differenza di temperatura dell'acqua sui collettori di mandata e di ritorno dell'impianto.

Tali misure richiedono particolare attenzione, in quanto il corretto funzionamento dei sensori utilizzati per rilevare le portate transitorie, sia di tipo meccanico, sia ad ultrasuoni, può essere alterato dalla presenza di bolle d'aria nel circuito, o zone di turbolenza.

Altro aspetto rilevante, nell'analisi delle misure, è quello dell'analisi dei transitori temporali, quali le fasi di avvio o spegnimento della macchina, o di rapide variazioni delle portate in transito dovute alla contemporanea chiusura di molti terminali di emissione. In queste fasi infatti, gli effetti di inerzia del sistema che influiscono sulle misure rilevate dagli strumenti, possono dar luogo a incongruenze.

Effetti analoghi possono esserci altresì nelle fasi di interruzione del servizio, in cui valori minimi di potenza termica ed elettrica possono essere comunque registrate dagli strumenti di misura.

Partendo da misure effettuate su intervalli di breve durata i dati rilevati sono stati elaborati a diversa scala temporale per minimizzare gli effetti dei transitori, ed evidenziare le variazioni di potenza erogata, al variare delle temperature esterne.

Successivamente, i risultati, analizzati nel corso di questa annualità, relativi a misure effettuate nei mesi di febbraio e marzo, hanno fornito indicazioni sul funzionamento invernale consentendo un primo confronto con i valori nominali del COP forniti dalla casa costruttrice.

Gli strumenti installati, possono consentire chiaramente più ampi monitoraggi, e valutazioni dei dati di misura su base annuale, al fine di verificare le prestazioni stagionali della pompa di calore anche in periodi differenti.

2 Caso studio 1: Banca Popolare di Novare (Nizza Monferrato)

2.1 L'edificio della Banca Popolare di Novara (Nizza Monferrato)

Lo sportello della Banca popolare di Novara a Nizza Monferrato (AT), zona climatica E (2524 GG), è situato in via Roma all'interno di un immobile del 1949, costituito da un piano seminterrato e tre piani fuori terra. L'edificio presenta una struttura mista in muratura e cemento armato e una copertura a falde. I prospetti sono caratterizzati da una fascia basamentale rivestita in pietra, ripresa negli angoli, e da parti intonacate di colore verde. Gli uffici della banca occupano piano seminterrato e piano terra e l'ingresso, incorniciato da un portale, è situato nell'angolo ad ovest.



Fig. 3 Facciate Banca popolare di Novare

Fonte: www.maps.it

Nelle tabelle di seguito sono riportati i dati geometrici relativi alle parti di immobile dedicate alla banca e la distribuzione degli spazi per funzione.

Dati geometrici	
Superficie netta	628 m ²
Superficie lorda	733 m ²
Volume	2052,5 m ³

Tab. 1 Dati geometrici

Distribuzione degli spazi	
Interrato	Piano terra
Archivi/depositi 246 m ²	Archivi/depositi 40 m ²
Uffici 30 m ²	Locali tecnici 7 m ²
	Servizi igienici 21 m ²
	Uffici 284 m ²

Tab. 2 Distribuzione degli spazi

Gli spazi interni, diversi per geometria e destinazione d'uso, sono invece riportati nelle planimetrie esposte di seguito, in cui i sono visibili i vari locali, suddivisi per piano.

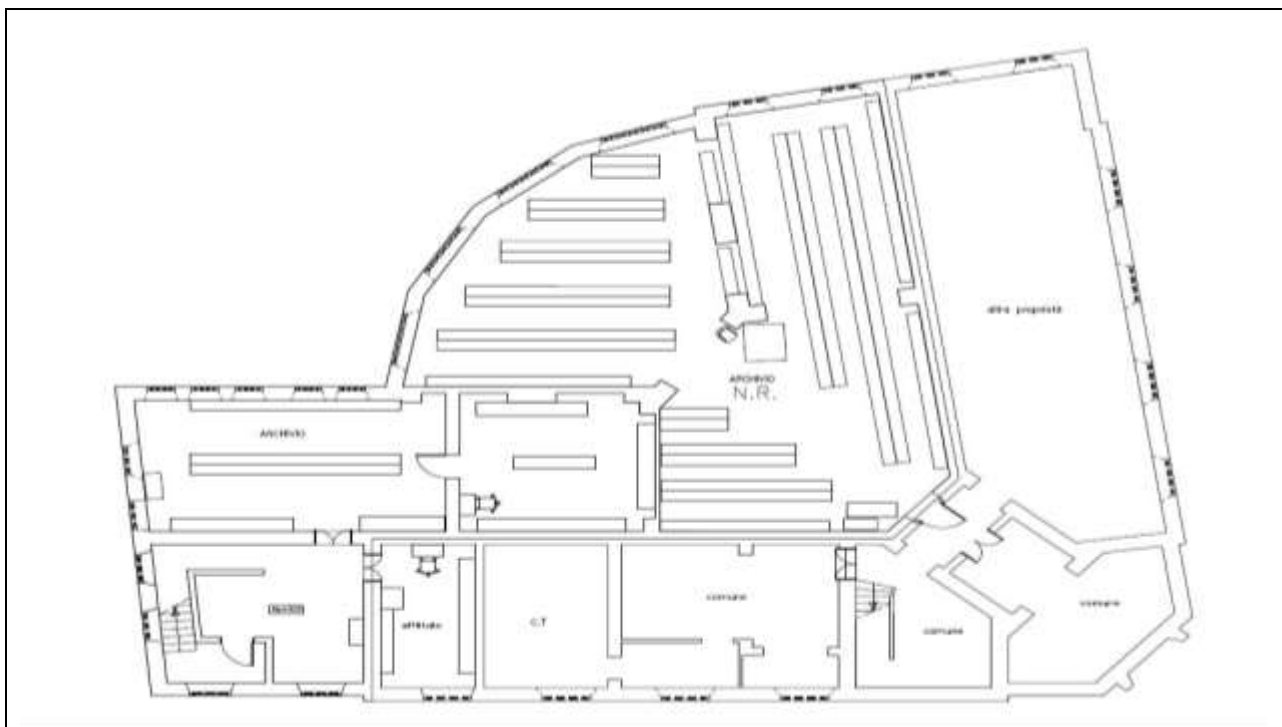


Fig. 4 Planimetria piano seminterrato

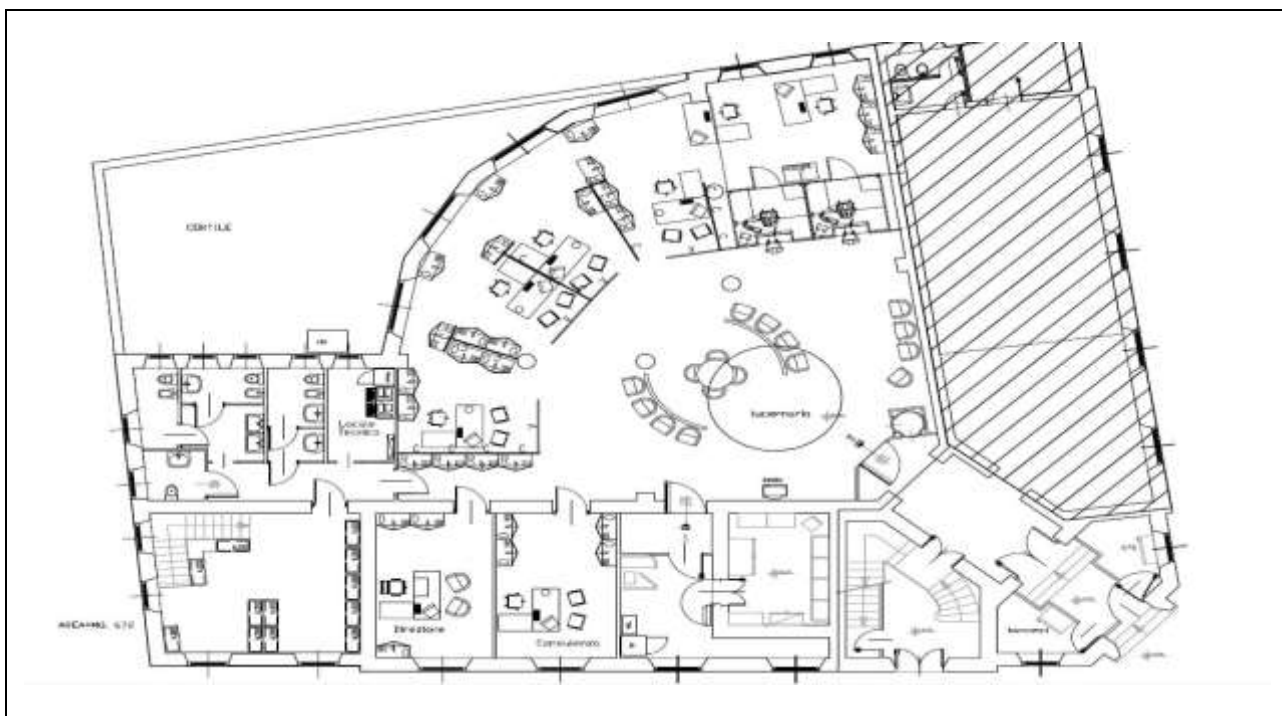



Fig. 5 Planimetria piano terra

2.2 Gli Impianti di riscaldamento e ventilazione della Banca Popolare di Novara (Nizza Monferrato)

L'impianto termico, per la climatizzazione invernale ed estiva, al servizio degli ambienti della Banca è di tipo idronico ed è costituito da un gruppo termico a Pompa di calore, Climaveneta AWR-HT/CA-E/262, raffreddato ad aria con ventilatori elicoidali (installazione 2015).

Pompa di calore		
	Marca	Climaveneta
	Modello	AWR-HT/CA-E/262
	Potenza termica	84,9 kW
	COP	3,59
	Potenza frigorifera	76,4 kw
	EER	2,96

Tab. 3 Pompa di calore

L'acqua, riscaldata nella stagione invernale e refrigerata nella stagione estiva, è distribuita quindi allo stesso tipo di terminali, ossia unità a cassetta due tubi a soffitto e radiatori in ghisa.

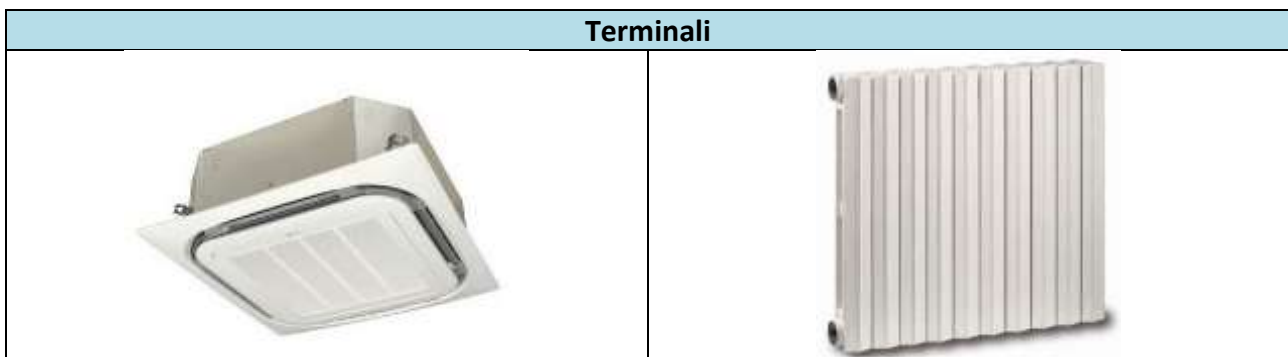



Fig. 6 Terminali

Il ricambio dell'aria viene effettuato attraverso un'unità di ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore Daikin VAM 2000 (2000 mc/h portata d'aria).

Ventilazione meccanica controllata		
	Marca	Daikin
	Modello	VAM 2000
	Portata	2000 m ³ /h
	Ambienti serviti	Tutta la zona climatica

Tab. 4 Ventilazione meccanica controllata

2.3 Profili di utilizzo della Banca Popolare di Novara (Nizza Monferrato)

Gli impianti al servizio della Banca Popolare di Novara a Nizza Monferrato, sono attivi nei giorni lavorativi. Per verificare il reale profilo di utilizzo, sono state monitorate nove settimane della stazione di riscaldamento, ossia il periodo che va dal 30/01/2017 al 31/03/2017.

Di seguito uno schema generale di funzionamento:

Periodo	Stagione invernale					
Servizio	Riscaldamento			Ventilazione		
Terminale	PDC			VMC		
Giorno	Lun-Ven	Sab.	Dom.	Lun-Ven	Sab.	Dom.
PROFILO DI UTILIZZO	Acceso	Spento	Spento	Acceso	Spento	Spento

Tab. 5 Profilo di funzionamento degli impianti di climatizzazione

Dal periodo analizzato sono stati estrapolati i dati di due settimane significative, su cui si concentrerà l'analisi. Si riportano di seguito i profili di funzionamento degli impianti, relativi a 6-12 febbraio e 6-12 Marzo.

		PDC					VMC				
		da hh:mm	da hh:mm	da hh:mm	da hh:mm	ORE TOT	da hh:mm	da hh:mm	da hh:mm	da hh:mm	ORE TOT
06/02/2017	LUNEDI'	3:00	17:30	-	-	14,5	8:00	13:30	14:30	17:00	8
07/02/2017	MARTEDI'	4:00	17:30	-	-	13,5	8:00	13:30	14:30	17:00	8
08/02/2017	MERCOLEDI'	4:00	17:30	-	-	13,5	8:00	13:30	14:30	17:00	8
09/02/2017	GIOVEDI	4:00	17:30	-	-	13,5	8:00	13:30	14:30	17:00	8
10/02/2017	VENERDI'	4:00	17:30	-	-	13,5	8:00	13:30	14:30	17:00	8
11/02/2017	SABATO	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
12/02/2017	DOMENICA	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
06/03/2017	LUNEDI'	3:30	13:00	14:30	16:00	11	8:00	13:30	14:30	17:00	8
07/03/2017	MARTEDI'	5:00	13:00	14:30	16:00	9,5	8:00	13:30	14:30	17:00	8
08/03/2017	MERCOLEDI'	5:00	13:00	14:30	16:00	9,5	8:00	13:30	14:30	17:00	8
09/03/2017	GIOVEDI	5:00	13:00	14:30	16:00	9,5	8:00	13:30	14:30	17:00	8
10/03/2017	VENERDI'	5:00	13:00	14:30	16:00	9,5	8:00	13:30	14:30	17:00	8
11/03/2017	SABATO	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
12/03/2017	DOMENICA	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0

Tab.6 Profilo di funzionamento degli impianti nel periodo di riscaldamento (6-12 Febbraio 2017, 6-12 Marzo 2017)

Dalla tabella si evince che nei weekend gli impianti vengono spenti completamente e che il profilo di funzionamento del riscaldamento non è costante durante tutta la stagione invernale, a differenza della ventilazione meccanica che è attiva 8 ore al giorno per tutto il periodo.

2.4 Monitoraggio in sito della Pompa di calore della Banca Popolare di Novara (Nizza Monferrato)

2.4.1 Gli strumenti di misura

Per la misura del COP in opera, come detto in precedenza, è necessaria la misura contemporanea della potenza elettrica e termica associata alla pompa di calore.

Per quanto riguarda la parte termica la strumentazione di misura è costituita da:

- Misuratore di portata Siemens UH50C65FB5M, per reti acqua calda e refrigerata commutabili, del tipo ad induzione elettromagnetica o ultrasuoni (o di tipo meccanico), con elettrodi di misura in AISI 316, flangiato, PN16, con rivestimento interno in PTFE, protezione IP67
- Due sensori Pt 500 per la misura della differenza di temperatura tra mandata e ritorno dell'acqua



Fig. 7 Misuratore di portata

Il misuratore attraverso uno display LCD fornisce le informazioni di seguito riportate:

Informazioni per l'utente	
Messaggi di errore	FD
Quantitativo di calore accumulato	0084031 KWH
Test dei segmenti	8888888 KWH
Volume accumulato	00131.42 m ³
Temperatura di mandata/ ritorno attuale	54 43 °C
Ampiezza massima dello scostamento attuale (differenza tra temperatura di mandata e ritorno)	10.9 ΔK
Portata attuale	4.45 m ³ /H
Potenza calorifica attuale	29.6 KW

Fig. 8 Informazione da display del misuratore di portata

La Potenza frigorifera erogata è infatti ricavata dalla relazione:

$$Q_{OUT} = \dot{m} C_p \Delta T$$

in cui Cp rappresenta il calore specifico del fluido termovettore, cioè l'acqua.

Per la parte elettrica:

- Contatore di energia elettrica trifase da quadro con trasformatori

Il contatore è chiaramente installato sulla linea elettrica dedicata alla PdC, in modo da registrarne la potenza elettrica assorbita.

Maggiori dettagli sulle caratteristiche dei vari sensori di misura installati sono riportati in appendice.

Vengono di seguito riportate alcune immagini degli strumenti di misura installati

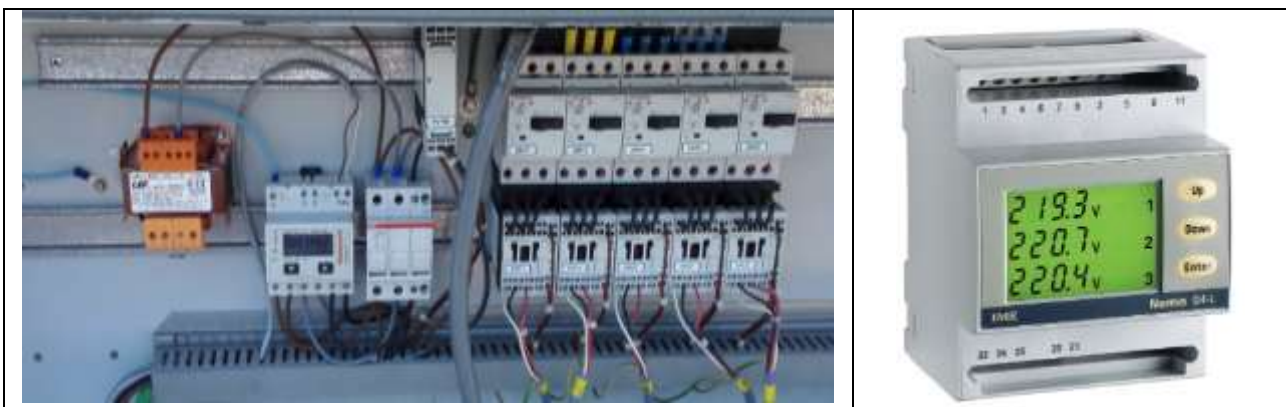


Fig. 9 Multimetro

Il contatore è in grado di misurare le principali grandezze elettriche (intensità, tensione e potenza) mediante l'utilizzo di trasformatori installati sulle linee di collegamento al quadro secondo lo schermo riportato in figura.

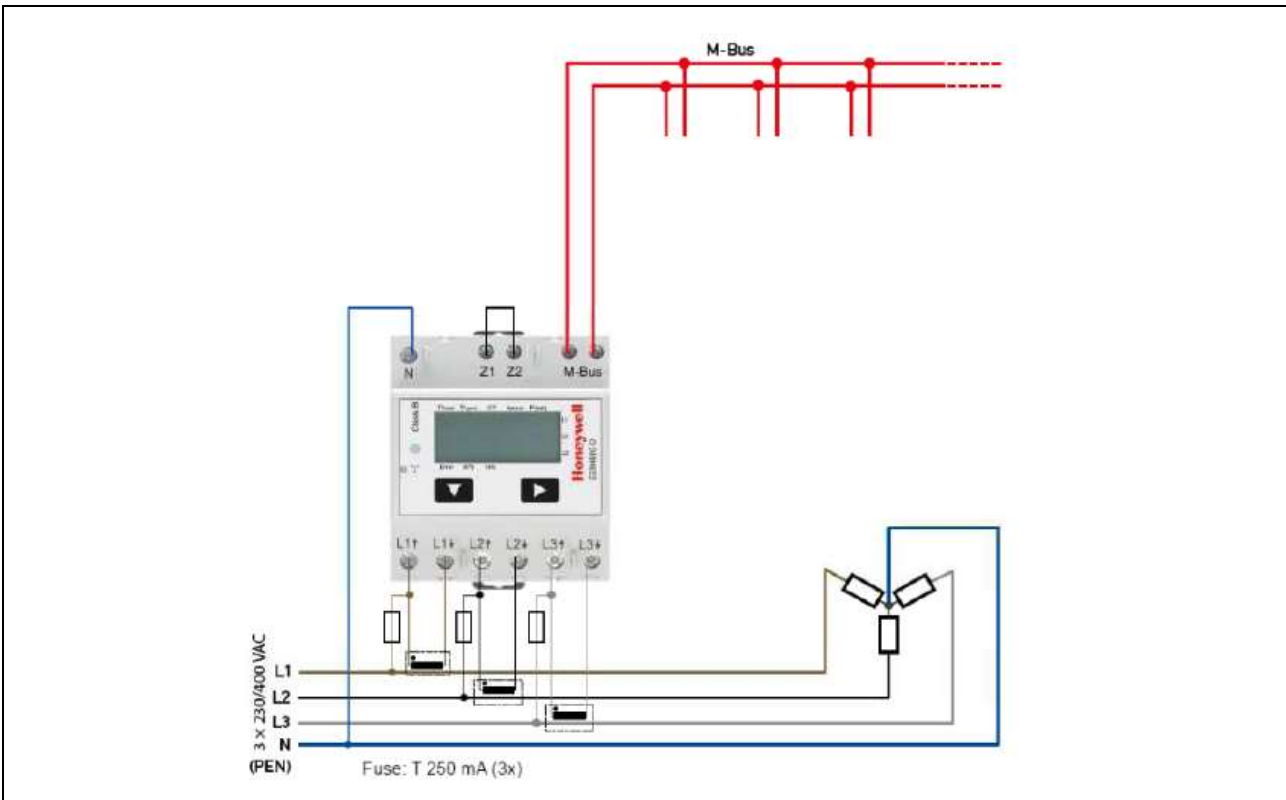


Fig. 10 Schema di funzionamento multimetro

I dati relativi alla potenza termica ed elettrica associate alla macchina sono inviati mediante interfaccia M-BUS ad un data-logger che ne memorizza le misure.

2.4.2 Misura dei dati climatici esterni

In parallelo al monitoraggio dei principali parametri relativi all'impianto di generazione, è stata valutata la situazione climatica esterna di Nizza Monferrato attraverso il rilievo delle temperature per un periodo pari a nove settimane, dal 30 Gennaio 2017 fino al 31 Marzo 2017. Ciò consente di poter verificare il differente comportamento della macchina in esame al variare delle condizioni climatiche del luogo nel periodo in esame. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti della temperatura esterna relativa alle 9 settimane analizzate ai fini del monitoraggio.

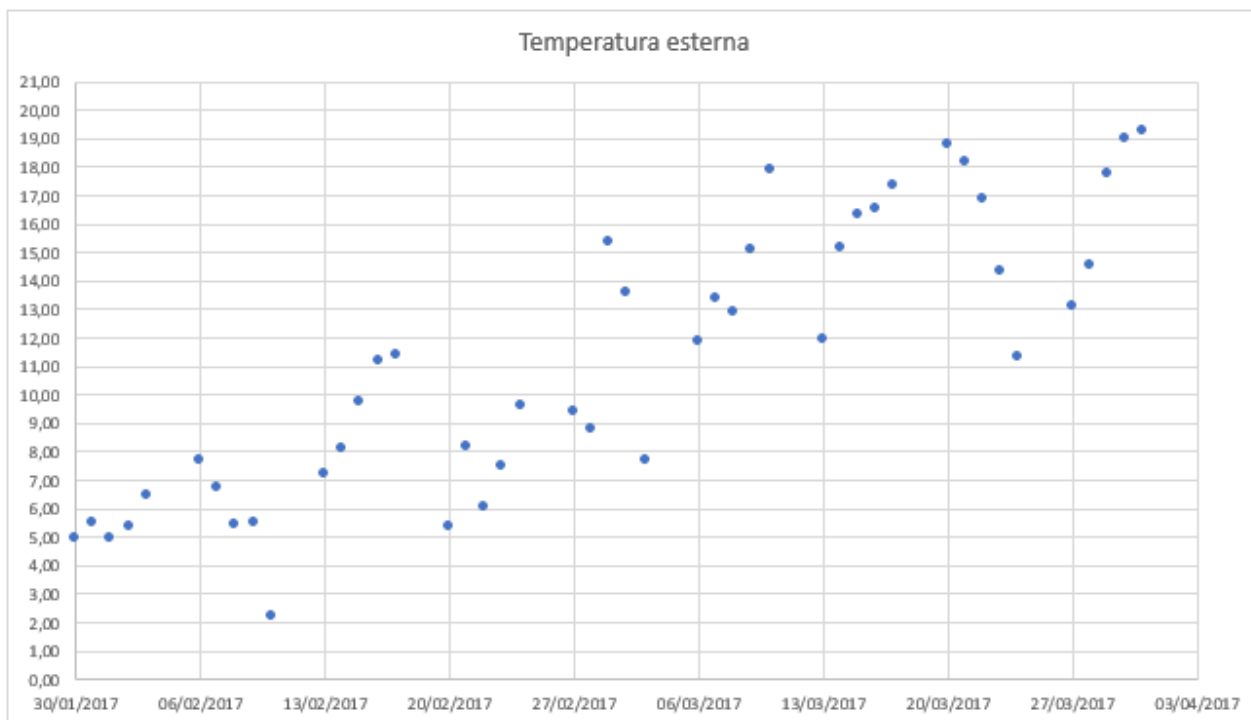


Fig. 11 Andamento di temperatura Nizza Monferrato dal 30/01/2017 al 31/03/2017

Dal rilievo delle temperature sul periodo di nove settimane sono stati estrapolati i dati per valutare il comportamento invernale della pompa di calore nelle due settimane scelte per effettuare l'analisi, ossia 6-12 febbraio 2017 e 6-12 Marzo 2017.

2.4.3 Misura dei dati climatici indoor

Per verificare il corretto funzionamento dell'impianto di climatizzazione invernale, durante il periodo di monitoraggio, sono state predisposte, in parallelo a quanto fatto per le grandezze climatiche esterne, anche delle misure delle principali grandezze microclimatiche indoor. A tal fine sono stati installati dei sensori termoisometrici per rilevare la temperatura e l'umidità relativa dell'aria, all'interno di diversi locali, selezionati sulle diverse esposizioni dell'edificio.

Tralasciando i valori di umidità relativa, risultati comunque nella norma (valori compresi tra 45% - 50%) è stata analizzata la temperatura dell'aria nei vari ambienti esaminati.

Sono stati individuati tre ambienti con temperature indoor differenti:

- Salone
- Direzione
- Consulenza

Si riporta di seguito, a titolo esemplificativo, l'andamento delle temperature medie giornaliere interne, registrate nella filiale durante il periodo di nove settimane in cui sono stati attivi i misuratori.

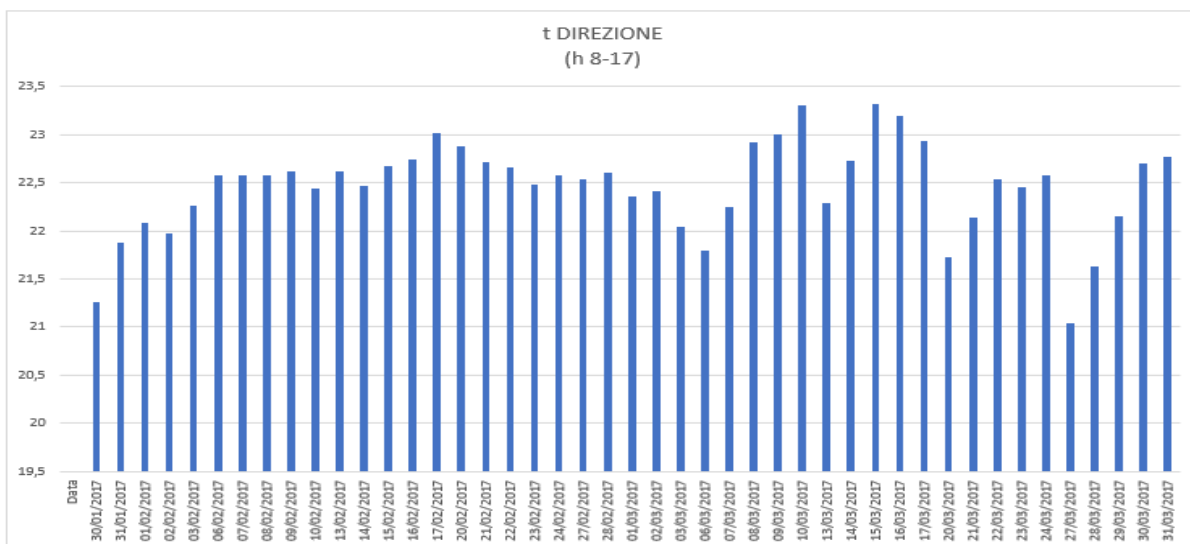


Fig. 12 Temperature indoor Direzione di Nizza Monferrato

Dall'andamento si evince una temperatura interna che varia poco da un giorno all'altro nel mese di febbraio, aggirandosi sempre sui 22 °C, mentre nel mese di marzo varia di più.

Si osserva, infatti, che la temperatura interna ad inizio settimana è persino più bassa di quella di febbraio, mentre raggiunge anche i 23 °C il venerdì. Questo comportamento apparentemente anomalo a febbraio, si spiega osservando le ore di funzionamento dell'impianto, che sono molto elevate in questo mese, fino a 14,5 h, a differenza di marzo in cui si aggirano intorno alle 9 h. A ciò si aggiunge l'effetto degli apporti solari che a secondo dell'esposizione dei locali esaminati possono influire sulla temperatura interna. Le temperature registrate, mostrano comunque un apporto termico più che sufficiente del generatore al raggiungimento delle condizioni di comfort dei locali considerati.

L'analisi delle temperature è stata utile per estrapolare i valori delle temperature medie giornaliere interne, nelle due settimane individuate per effettuare l'analisi (6-12 Febbraio 2017, 6-12 Marzo 2017).

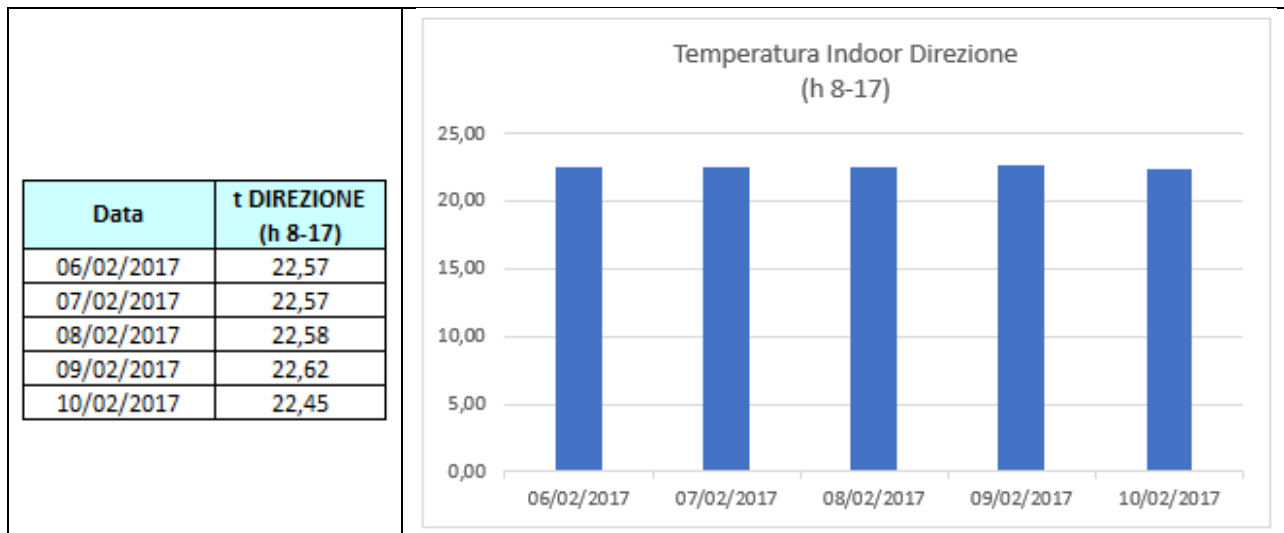


Fig. 13 Temperature 6-10 Febbraio Direzione Nizza Monferrato

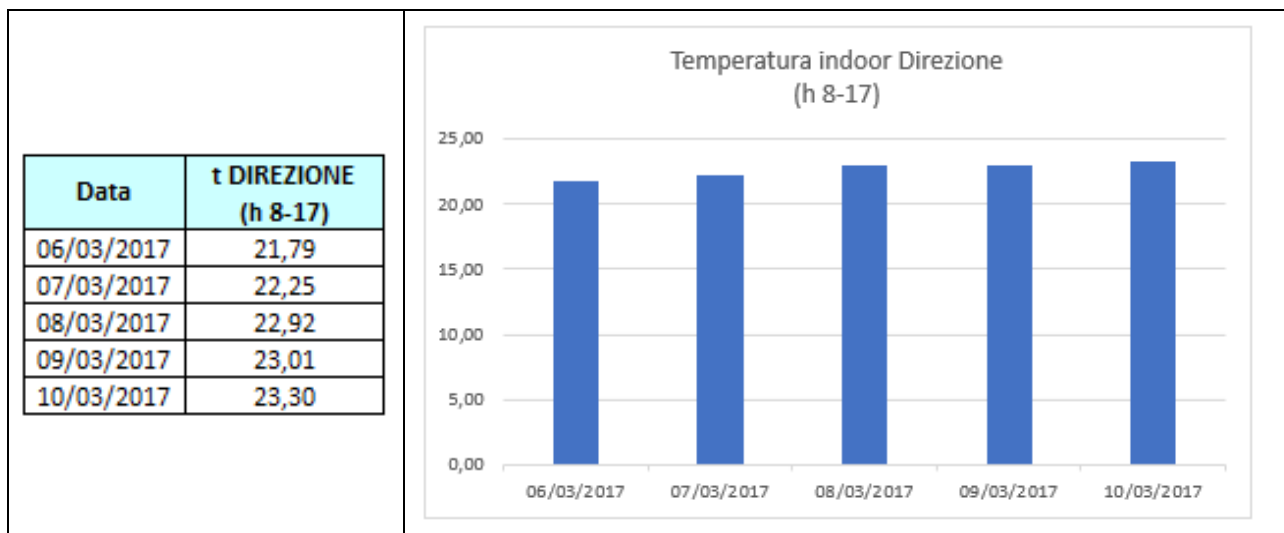


Fig. 14 Temperature 6-10 Marzo Direzione Nizza Monferrato

2.5 Elaborazione dei dati misurati e analisi dei risultati della Banca Popolare di Novara (Nizza Monferrato)

2.5.1 Profilo delle principali grandezze misurate

Il monitoraggio strumentale dell'impianto a Pompa di calore è stato effettuato dal 30 Gennaio al 31 Marzo, al fine di avere dati di misura relativi ad una parte significativa della stagione di climatizzazione invernale.

Tra tutti i dati raccolti, utili per le elaborazioni, ci si è concentrati sull'esame di due settimane tipo, ossia 6-12 Febbraio e 6-12 Marzo. Le misurazioni scelte apparivano significative per poter elaborare i primi confronti tra le prestazioni della macchina monitorate e i valori nominali forniti dalla casa costruttrice.

Sono stati invece analizzati gli andamenti a diversa scala temporale (giornaliera, settimanale, su tutto il periodo di calcolo) per evidenziarne il comportamento al variare delle condizioni climatiche.

Nella tabella sotto riportata sono esposti i valori medi* giornalieri, nel periodo esaminato, delle principali grandezze monitorate, ossia COP, fattore di carico, temperatura di mandata dell'acqua e portata. Attraverso i diagrammi in successione, è possibile confrontare i parametri per ciascun giorno delle due settimane in esame.

Si riporta di seguito una scheda di sintesi delle due settimane:

Data	Portata nominale mc/h	Energia Termica [kWh]	Energia elettrica [kWh]	En. el./gradi giorno	COP nom.	COP	t salone (h 8-17)	t direzione (h 8-17)	t consulenza (h 8-17)	t esterna (h 8-17)	Gradi giorno	T mandata acqua °C	% carico impianto	h _{TOT} Risc.	h _{TOT} UTA
06/02/2017	18,51	340	148,6	10,73	2,62	2,29	21,75	22,57	21,19	7,72	13,85	52,20	40%	14,5	8
07/02/2017	18,51	280	117,5	7,34	2,62	2,38	22,01	22,57	21,29	6,70	16,01	50,93	40%	13,5	8
08/02/2017	18,51	280	114,1	7,24	2,62	2,45	22,01	22,58	21,47	5,45	15,76	52,37	36%	13,5	8
09/02/2017	18,51	290	113,6	7,65	2,62	2,55	22,18	22,62	21,52	5,47	14,84	52,86	36%	13,5	8
10/02/2017	18,51	280	130	7,53	2,62	2,15	22,21	22,45	21,49	2,21	17,27	52,43	43%	13,5	8
06/03/2017	18,51	340	129,2	10,60	2,62	2,63	21,24	21,79	20,94	11,89	12,19	50,87	37%	11	8
07/03/2017	18,51	270	104	8,67	2,62	2,60	21,88	22,25	21,26	13,41	12,00	51,69	32%	9,5	8
08/03/2017	18,51	280	101,3	8,45	2,62	2,76	22,31	22,92	21,56	12,88	11,99	51,14	38%	9,5	8
09/03/2017	18,51	260	103,2	9,89	2,62	2,52	22,61	23,01	21,71	15,07	10,43	51,14	34%	9,5	8
10/03/2017	18,51	270	92,9	9,84	2,62	2,91	23,07	23,30	21,90	17,90	9,44	53,03	42%	9,5	8

Tab. 7 Sintesi parametri rilevati nelle due settimane di riferimento (6-12 Febbraio e 6-12 Marzo)



Fig. 15 COP, Fattore di carico, Temperatura acqua e portata 6-10 Febbraio 2017 Direzione di Nizza Monferrato

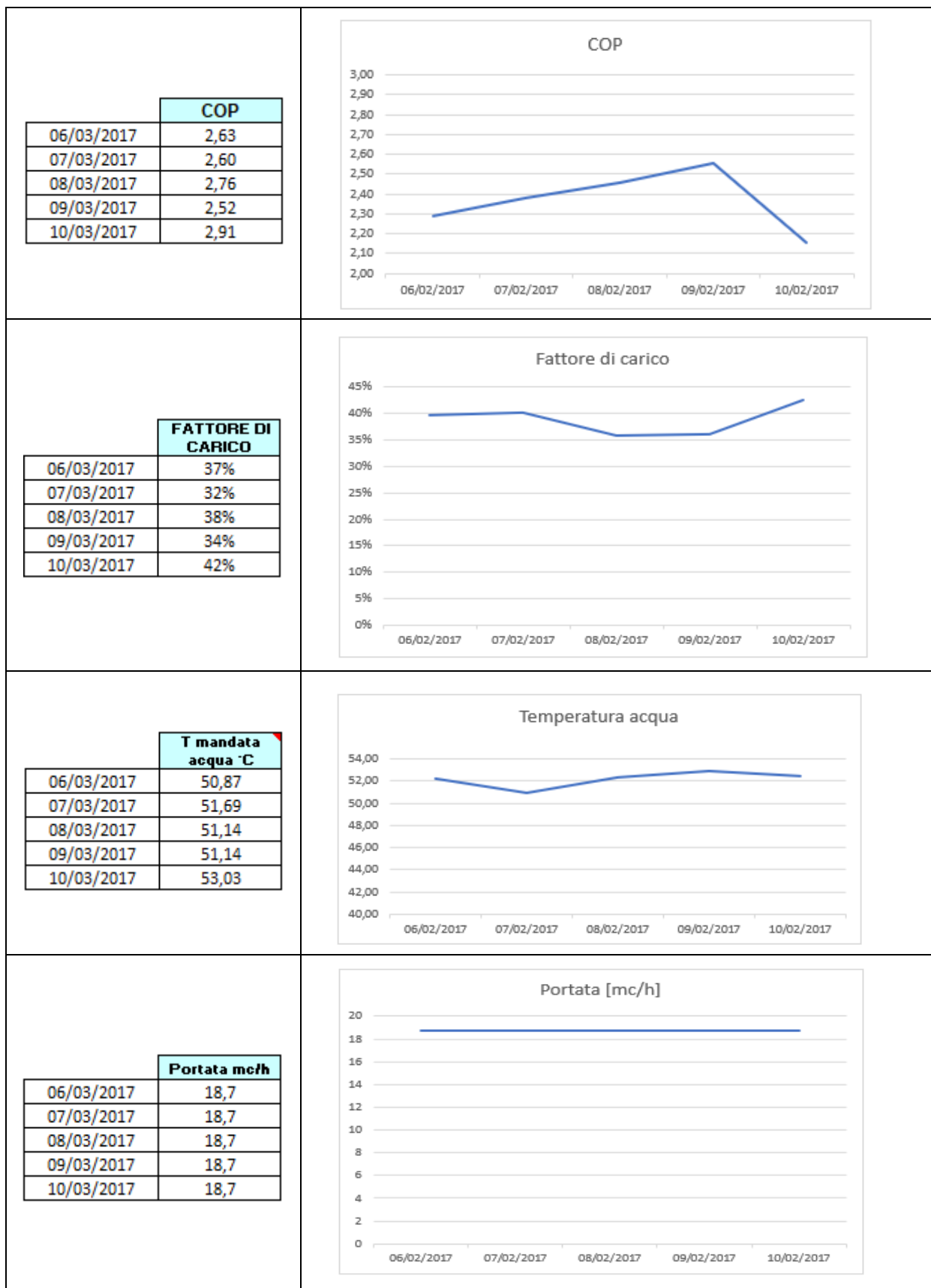


Fig. 16 COP, Fattore di carico, Temperatura acqua e portata 6-10 Marzo 2017 Direzione di Nizza Monferrato

Le tabelle consentono di effettuare delle considerazioni: la portata risulta costante e di valore 18,5 m³/h, pari a circa 5,2 l/s. Le temperature di mandata si attestano intorno variano tra i 50 e i 53 °C.

Le temperature interne sia del salone, che della direzione, che dell'area consulenza, si mantengono sempre alte, variando tra i 21 e i 23 °C. Le temperature esterne variano tra 2 e quasi 8 °C nella settimana di febbraio, mentre tra 11 e 18 °C a marzo.

Il dato di percentuale di carico dell'impianto, si riferisce ad una media giornaliera e mostra un carico che si attesta intorno al 40%.

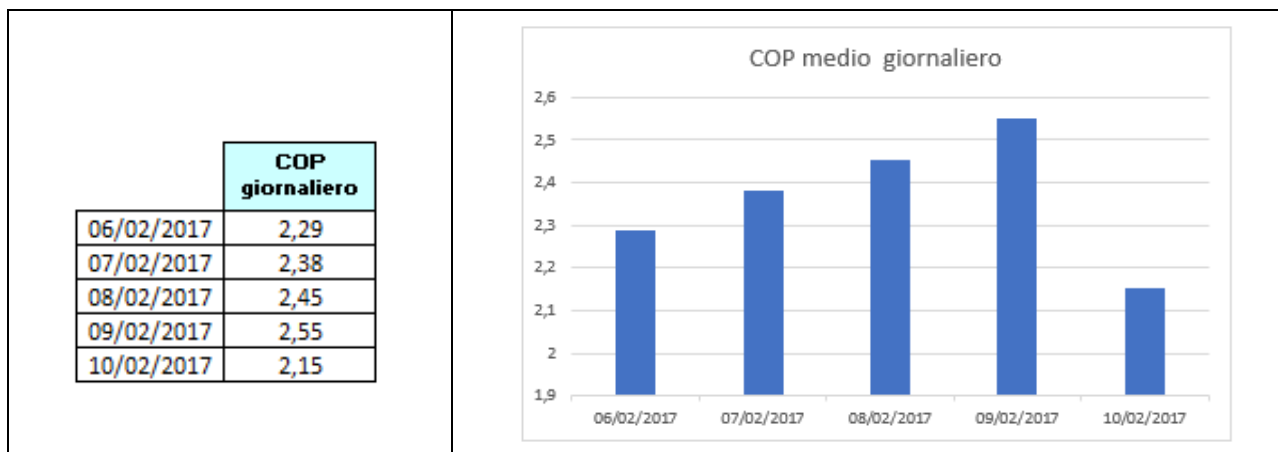


Fig. 17 COP medio giornaliero 6-10 Febbraio filiale Nizza Monferrato

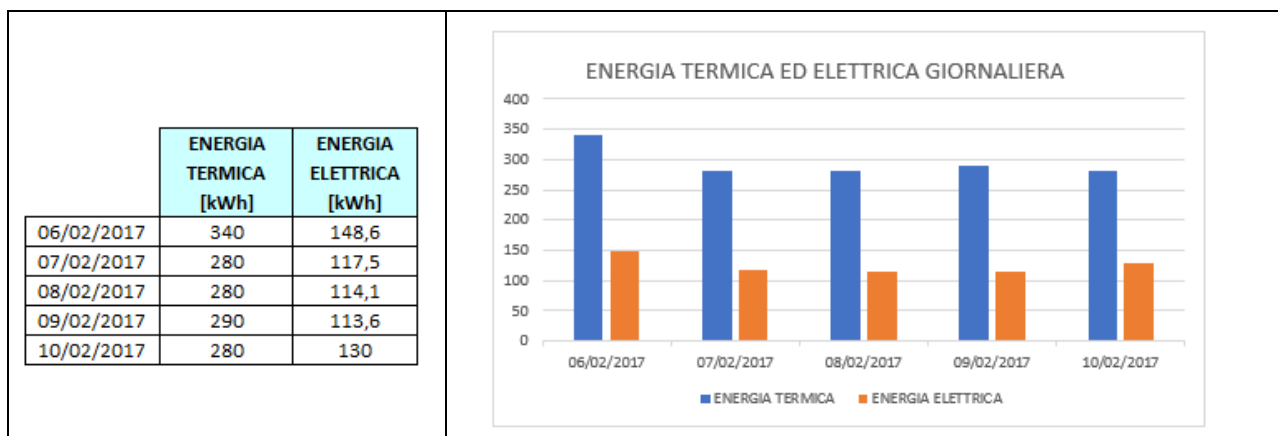


Fig. 18 Energia termica ed elettrica 6-10 Febbraio filiale Nizza Monferrato

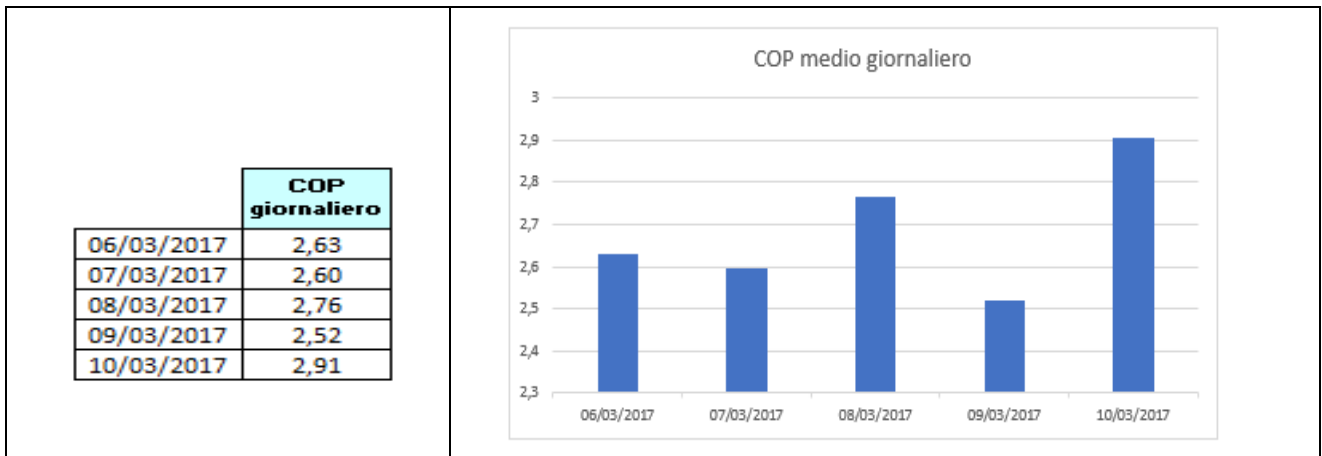


Fig. 19 COP medio giornaliero 6-10 Marzo filiale Nizza Monferrato

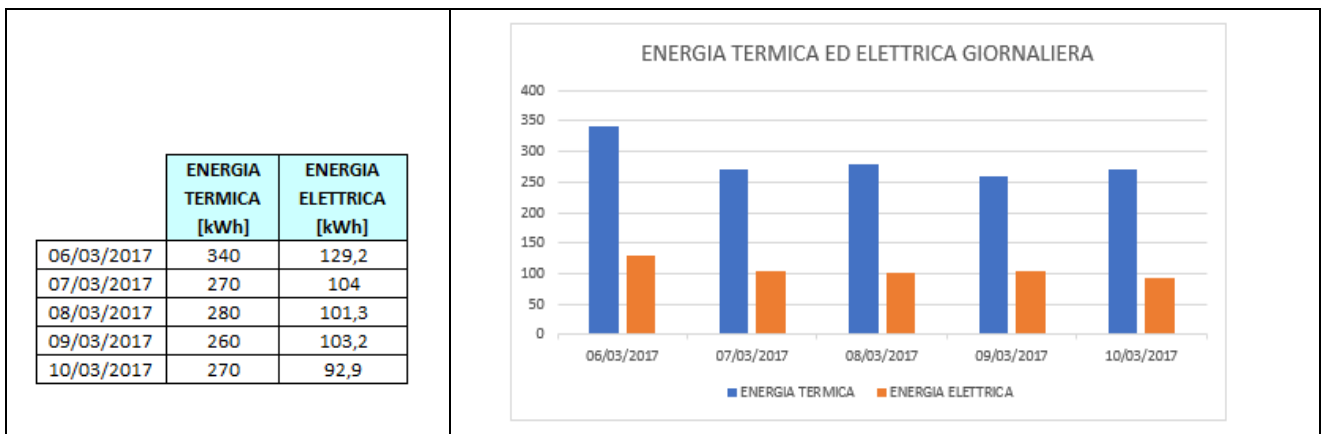


Fig. 20 Energia termica ed elettrica 6-10 Marzo filiale Nizza Monferrato

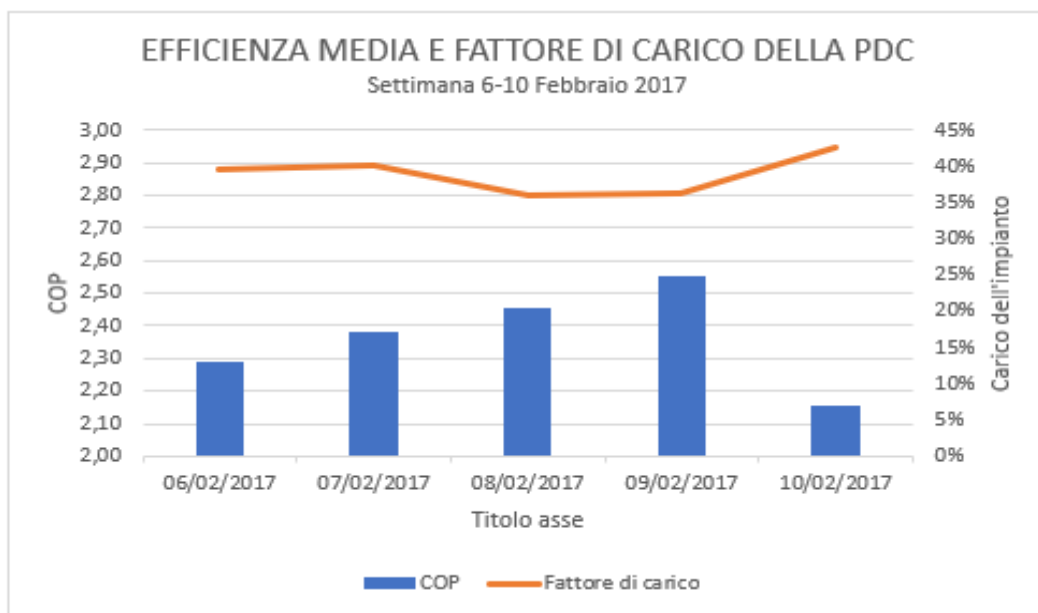


Fig. 21 Energia termica ed elettrica 6-10 Febbraio filiale Nizza Monferrato

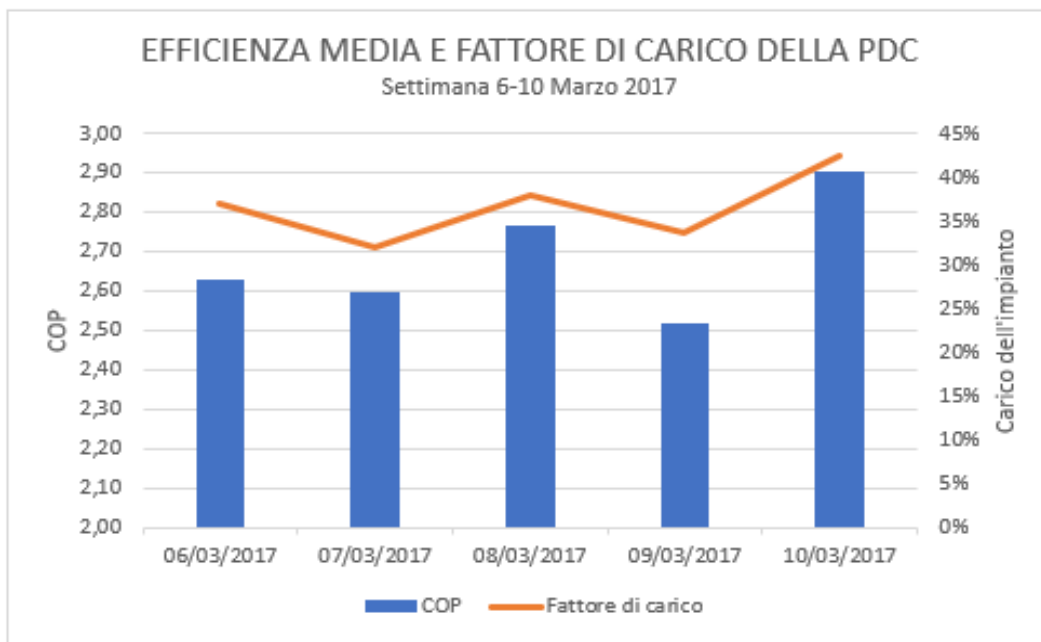


Fig. 22 Energia termica ed elettrica 6-10 Marzo filiale Nizza Monferrato

Il fattore di carico medio, giornaliero F_c , varia tra il 36% ed il 43% nella settimana di febbraio, e tra il 32% e il 42% in quella di marzo. L'efficienza media, il COP, risulta compreso tra i valori medi di 2,15 e 2,91.

2.5.2 Diagrammi di sintesi relativi all'intero periodo monitorato

I diagrammi riportati di seguito mostrano le grandezze principali, COP e Potenza termica, che caratterizzano il generatore a pompa di calore, in funzione delle temperature esterne per il periodo di 9 settimane monitorato.

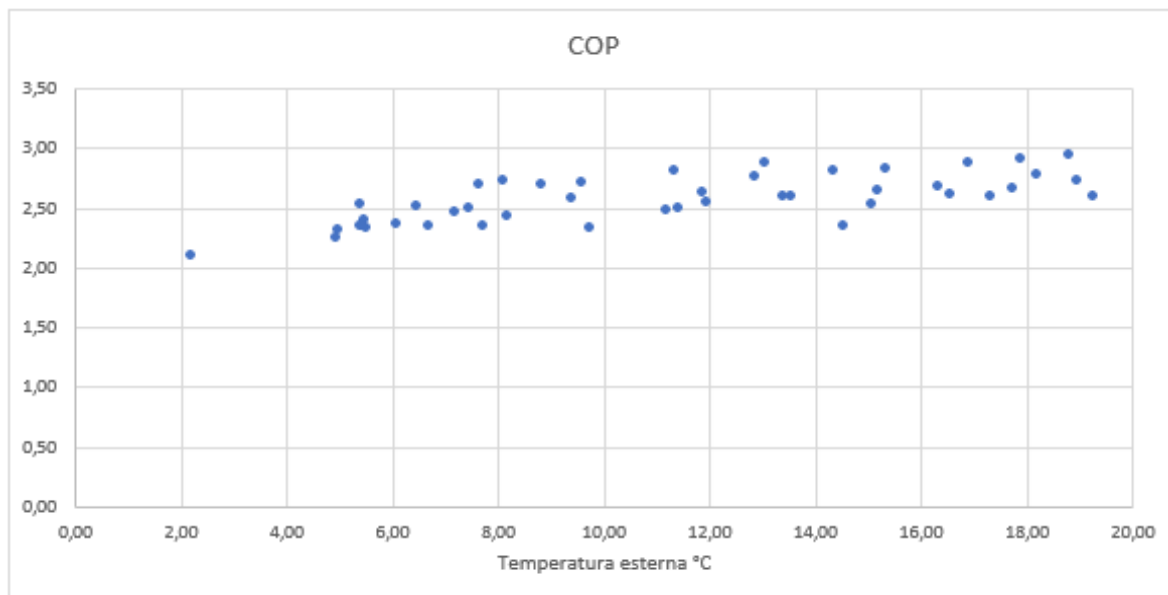


Fig. 23 Andamento COP al variare della temperatura esterna filiale Nizza Monferrato

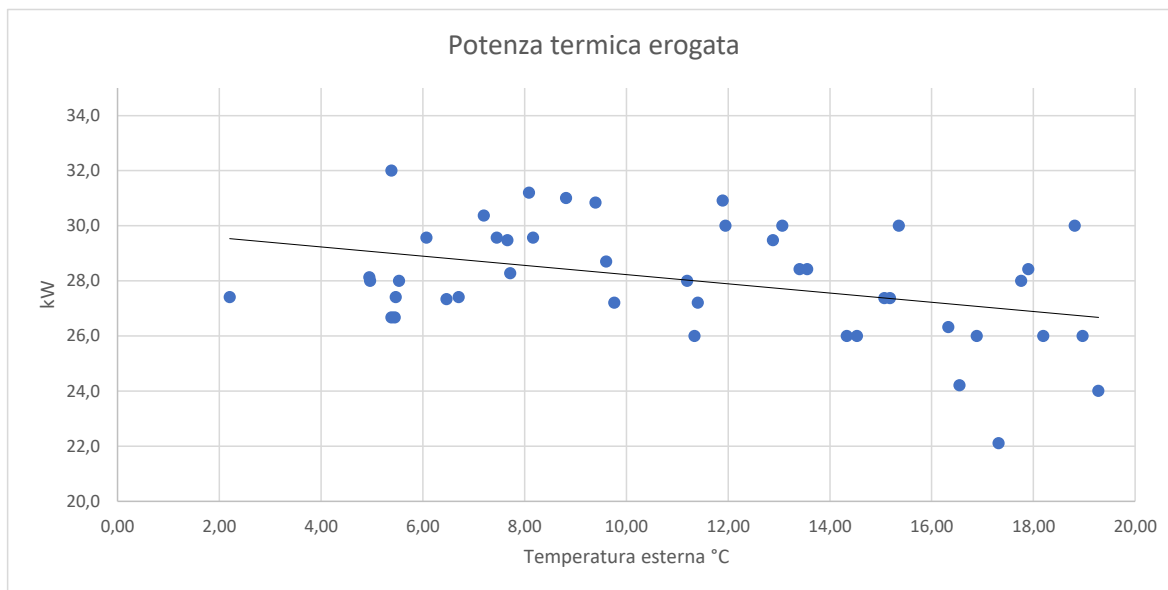


Fig. 24 Andamento Potenza termica erogata al variare della temperatura filiale Nizza Monferrato

L'efficienza del generatore, come prevedibile, cresce tendenzialmente all'aumentare della temperatura esterna partendo da valori inferiori a 2, fino a valori di COP che tendono a 3, quando le temperature esterne si avvicinano a 20 °C.

La potenza erogata tende invece chiaramente a diminuire al crescere delle T esterne, pur mantenendosi tuttavia in un intervallo abbastanza limitato, compreso tra i 22 ed i 32 kW. Ciò è dovuto essenzialmente alle diverse durate e ai differenti intervalli di funzionamento della macchina nell'arco del periodo considerato, che rendono abbastanza ridotti gli scostamenti in termini di potenza media erogata.

La macchina monitorata una Pompa di calore CLIMAVENETA AWR-HT-CA-E-0262, ha una potenza max. nominale di 85 kW, in riscaldamento, e può funzionare sia a bassa temperatura (T H₂O a 35 °C) che a media temperatura, (T H₂O a 55 °C), come in effetti è stata impiegata.

In tale modalità, in base a quanto riportato nella scheda tecnica fornita dalla casa costruttrice, di cui si riporta uno stralcio, il generatore può funzionare fino a T min. esterne di -7 °C e raggiungere un rendimento globale stagionale SCOP (seasonal COP) di 3,05. Chiaramente i valori sono riferiti a condizioni standard, che possono essere differenti da quelle effettive di funzionamento reale, in termini di fattore di carico e condizioni climatiche, nonché all'intero periodo di climatizzazione invernale.

TEMPERATURA MEDIA		
Tipo Clima		Average
Temperatura applicazione	°C	55
Tipo portata		Fissa
Tipo temperatura		Variabile
Temperatura bivalenza	°C	-7,0
PDesign	kW	63,3
Qhe	kWh	42857
SCOP		3,05
Rendimento ηs	%	119
Classe di efficienza stagionale		A+

Fig. 25 Stralcio di scheda tecnica

Fonte CLIMAVENETA

Per dati ulteriori relativi al funzionamento del generatore in diverse condizioni di funzionamento si rimanda alla scheda tecnica della macchina riportata in appendice.

La tabella, in seguito esposta, riporta invece i valori medi giornalieri, misurati nell'intero periodo di monitoraggio (febbraio-marzo), dei principali parametri di funzionamento del generatore

Sintesi dei valori medi nel periodo monitorato:

T esterna (° C) media	COP medio	Fattore di carico	T (° C) mandata
11,24	2,6	0,4	52,0

Tab. 8 Sintesi valori medi da monitoraggio

Per evidenziare le diverse condizioni di funzionamento del generatore gli istogrammi di Fig. 26, Fig. 27 e Fig. 28 mostrano invece la distribuzione in frequenza, relativa e cumulata, dei valori orari assunti dai principali parametri di funzionamento della pompa di calore:

- Potenza erogata,
- Efficienza media (COP),
- Fattore di carico:

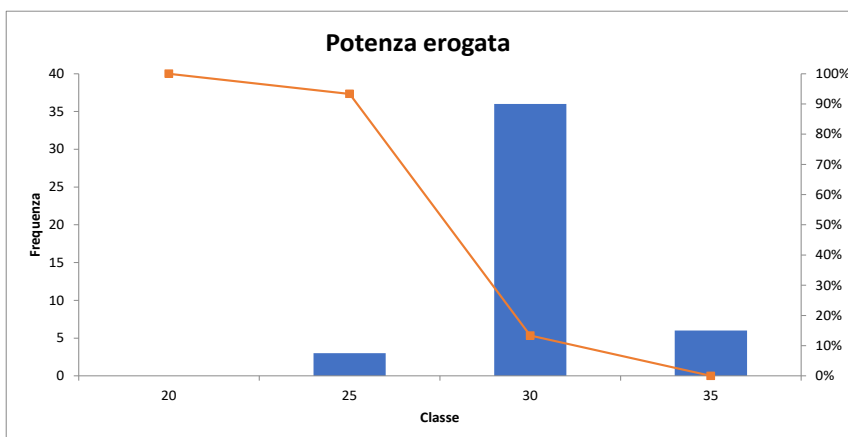


Fig. 26 Potenza erogata nel periodo di monitoraggio

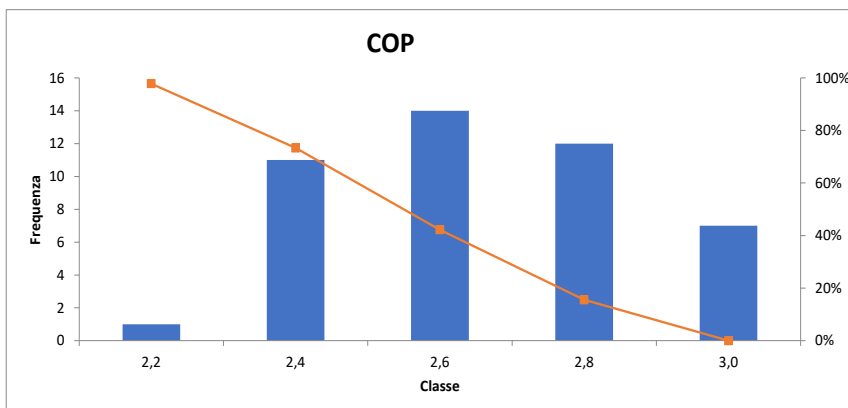


Fig. 27 COP nel periodo di monitoraggio

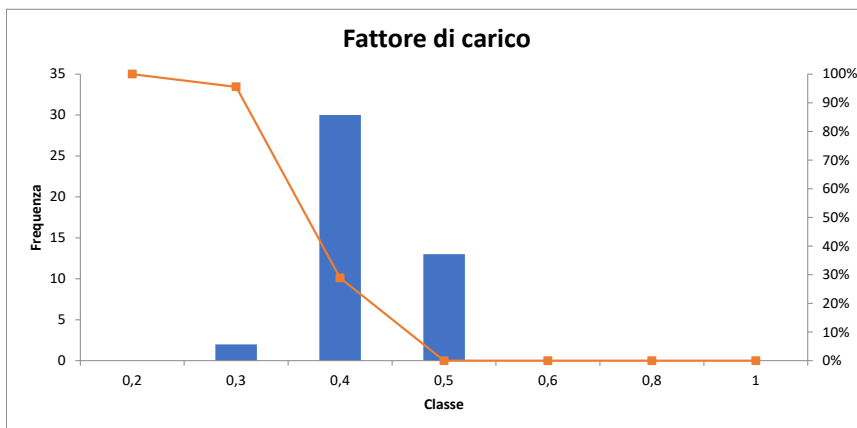


Fig. 28 Fattore di carico nel periodo di monitoraggio

Soffermandoci sulle curve cumulate delle tre distribuzioni in frequenza mostrate nei grafici, si evidenzia che per l' 80% delle ore, nel periodo monitorato, il generatore ha funzionato con potenza termica erogata > 25 kW, con COP > di 2,3, e con un Fc > 33 %

3 Banca Popolare di Verona (Udine)

3.1 L'edificio della Banca Popolare di Verona (Udine)

Lo sportello della Banca Popolare di Verona è sito ad Udine (zona climatica E al piano terra di un edificio costituito da 4 piani fuori terra. La struttura è in cemento armato con copertura piana. Il prospetto presenta una scansione modulare con elementi opachi intervallati da elementi trasparenti a specchio. Il piano terra, in contrasto con il resto dell'edificio, è quasi totalmente vetrato, fatta eccezione per gli elementi strutturali, che interrompono la continuità delle vetrate e sono rivestiti da intonaco.



Fig. 29 Facciate Banca Popolare di Verona (Udine)

Nelle tabelle di seguito sono riportati i dati geometrici relativi alle parti di immobile dedicate alla banca e la distribuzione degli spazi per funzione.

Dati geometrici	
Superficie netta	624 m ²
Superficie lorda	657 m ²
Volume	1971 m ³

Tab. 9 Dati geometrici

Distribuzione spazi
Archivi/depositi 30 m ²
Locali tecnici 15 m ²
Servizi igienici 30 m ²
Uffici 547 m ²
Locali accessori 2 m ²

Tab. 10 Distribuzione degli spazi

Gli spazi interni, diversi per geometria e destinazione d'uso, sono invece riportati nelle planimetrie espone di seguito, in cui i sono visibili i vari locali, suddivisi per piano.

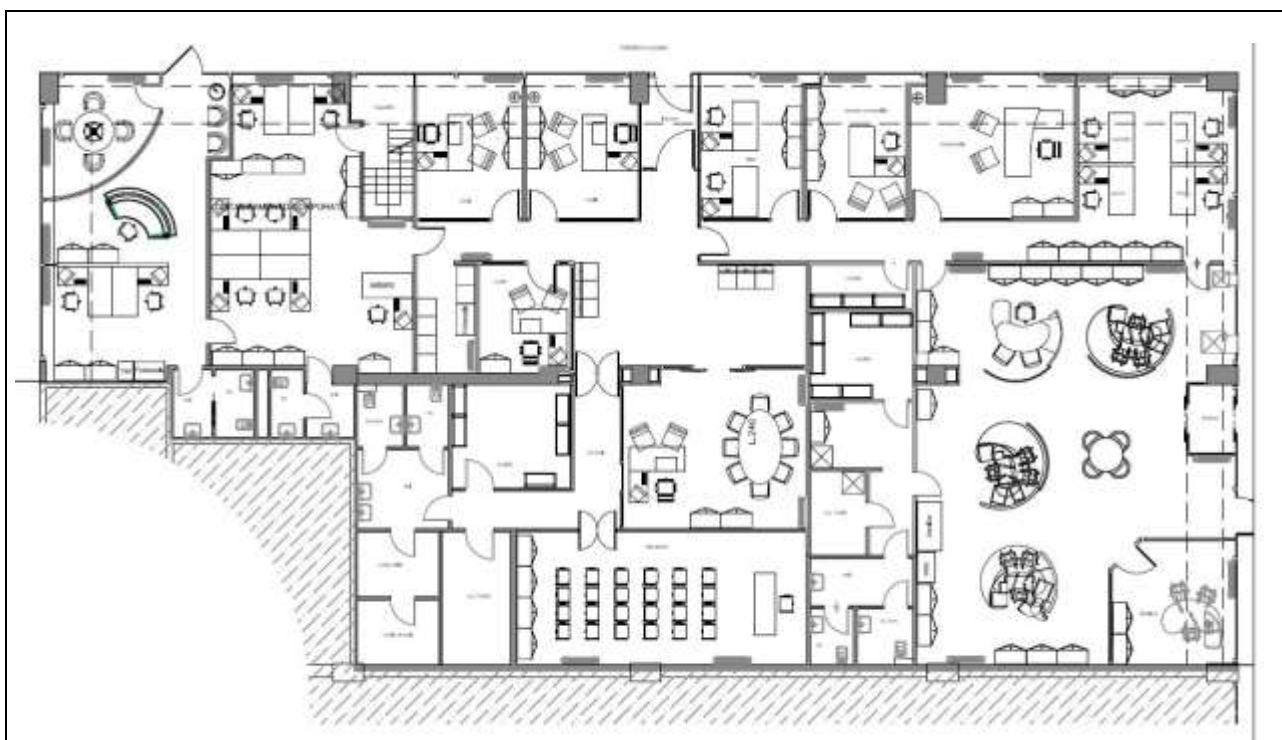



Fig. 30 Planimetria piano terra

3.2 Gli impianti di riscaldamento e ventilazione al servizio della Banca Popolare di Verona (Udine)

L'impianto termico, per la climatizzazione invernale ed estiva, al servizio degli ambienti della Banca è di tipo idronico ed è costituito da un gruppo termico a Pompa di calore, Climaveneta NX-N LN-CA 0402P, raffreddato ad aria, a ciclo reversibile.

Pompa di calore		
	Marca	Climaveneta
	Modello	NX-N LN-CA 0402P
	Potenza termica	110 kW
	COP	3,26
	Potenza frigorifera	99 kw
	EER	2,87

Tab. 11 Pompa di calore

L'acqua, riscaldata nella stagione invernale e refrigerata nella stagione estiva, è distribuita quindi allo stesso tipo di terminali, ossia unità a cassetta due tubi a soffitto e radiatori in ghisa.

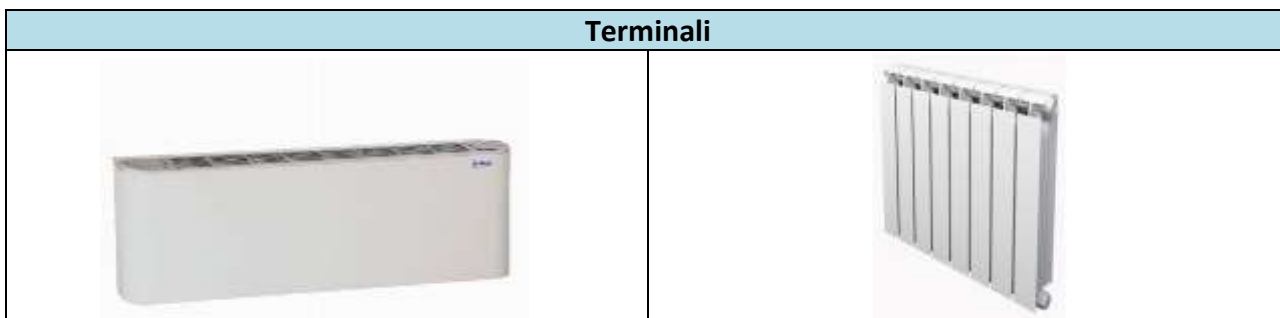



Fig. 31 Terminali

Il ricambio dell'aria viene effettuato attraverso due UTA, rispettivamente dedicate una alla zona affari e l'altra alla filiale.

Ventilazione meccanica controllata		
	Marca	SABIANA
	Modello	VULCAN 175-100
	Portata	3000 m ³ /h
	Ambiente servito	Zona affari
	Marca	SABIANA
	Modello	VULCAN 100-75
	Portata	1000 m ³ /h
	Ambiente servito	Filiale

Tab. 12 Ventilazione meccanica controllata

3.3 Profili di utilizzo della Banca Popolare di Verona (Udine)

Gli impianti al servizio della Banca Popolare di Verona di Udine, sono attivi nei giorni lavorativi. Per verificare il reale profilo di utilizzo, sono state monitorate nove settimane della stagione di riscaldamento, ossia il periodo che va dal 30/01/2017 al 31/03/2017.

Di seguito uno schema generale di funzionamento:

Periodo	Stagione invernale					
Servizio	Riscaldamento			Ventilazione		
Terminale	PDC			UTA		
Giorno	Lun-Ven	Sab.	Dom.	Lun-Ven	Sab.	Dom.
PROFILO DI UTILIZZO	Acceso	Spento	Spento	Acceso	Spento	Spento

Tab. 13 Profilo di funzionamento degli impianti di climatizzazione

Dal periodo analizzato sono stati estrapolati i dati di due settimane significative, su cui si concentrerà l'analisi. Si riportano di seguito i profili di funzionamento degli impianti, relativi a 6-12 febbraio e 6-12 Marzo.

		PDC					VMC				
		da hh:mm	da hh:mm	da hh:mm	da hh:mm	ORE TOT	da hh:mm	da hh:mm	da hh:mm	da hh:mm	ORE TOT
06/02/2017	LUNEDI'	6:00	16:00	-	-	10	8:30	12:30	14:30	16:30	6
07/02/2017	MARTEDI'	7:00	15:00	-	-	8	8:30	12:30	14:30	16:30	6
08/02/2017	MERCOLEDI'	7:00	18:00	-	-	11	8:30	12:30	14:30	16:30	6
09/02/2017	GIOVEDI	7:00	18:00	-	-	11	8:30	12:30	14:30	16:30	6
10/02/2017	VENERDI'	7:00	18:00	-	-	11	8:30	12:30	14:30	16:30	6
11/02/2017	SABATO	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
12/02/2017	DOMENICA	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
06/03/2017	LUNEDI'	6:00	16:00	-	-	10	8:30	13:30	14:30	17:30	8
07/03/2017	MARTEDI'	7:00	16:00	-	-	9	8:30	13:30	14:30	17:30	8
08/03/2017	MERCOLEDI'	7:00	16:00	-	-	9	8:30	13:30	14:30	17:30	8
09/03/2017	GIOVEDI	7:00	16:00	-	-	9	8:30	13:30	14:30	17:30	8
10/03/2017	VENERDI'	7:00	16:00	-	-	9	8:30	13:30	14:30	17:30	8
11/03/2017	SABATO	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
12/03/2017	DOMENICA	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0

Tab. 14 Profilo di utilizzo degli impianti nel periodo di riscaldamento (6-12 Febbraio 2017, 6-12 Marzo 2017)

Dalla tabella si evince che nei weekend gli impianti vengono spenti completamente e che il profilo di funzionamento del riscaldamento non è costante durante tutta la stagione invernale, così come quello delle UTA.

3.4 Monitoraggio in sito della Pompa di calore della Banca Popolare di Verona (Udine)

3.4.1 Gli strumenti di misura

Per la misura del COP in opera, come detto in precedenza, è necessaria la misura contemporanea della potenza elettrica e termica associata alla pompa di calore.

Per quanto riguarda la parte termica la strumentazione di misura è costituita da:

- Misuratore di portata Siemens UH50C-DN50, per reti acqua calda e refrigerata commutabili, del tipo ad induzione elettromagnetica o ultrasuoni (o di tipo meccanico), con elettrodi di misura in AISI 316, flangiato, PN16, con rivestimento interno in PTFE, protezione IP67
- Due sensori Pt 500 per la misura della differenza di temperatura tra mandata e ritorno dell'acqua



Fig. 32 Misuratore di portata

Il misuratore attraverso uno display LCD fornisce le informazioni di seguito riportate:

Informazioni per l'utente	
Messaggi di errore	FD
Quantitativo di calore accumulato	0084031 KWH
Test dei segmenti	8888888 KWH
Volume accumulato	00131.42 m ³
Temperatura di mandata/ ritorno attuale	54 43 °C
Ampiezza massima dello scostamento attuale (differenza tra temperatura di mandata e ritorno)	10.9 ΔK
Portata attuale	4.45 m ³ /H
Potenza calorifica attuale	29.6 KW

Fig.33 Informazioni da display misuratore di portata

La Potenza frigorifera erogata è infatti ricavata dalla relazione:

$$Q_{OUT} = \dot{m} C_p \Delta T$$

in cui Cp rappresenta il calore specifico del fluido termovettore, cioè l'acqua.

Per la parte elettrica:

- Contatore di energia elettrica trifase da quadro con trasformatori

Il contatore è chiaramente installato sulla linea elettrica dedicata alla PdC, in modo da registrarne la potenza elettrica assorbita.

Maggiori dettagli sulle caratteristiche dei vari sensori di misura installati sono riportati in appendice.

Vengono di seguito riportate alcune immagini degli strumenti di misura installati

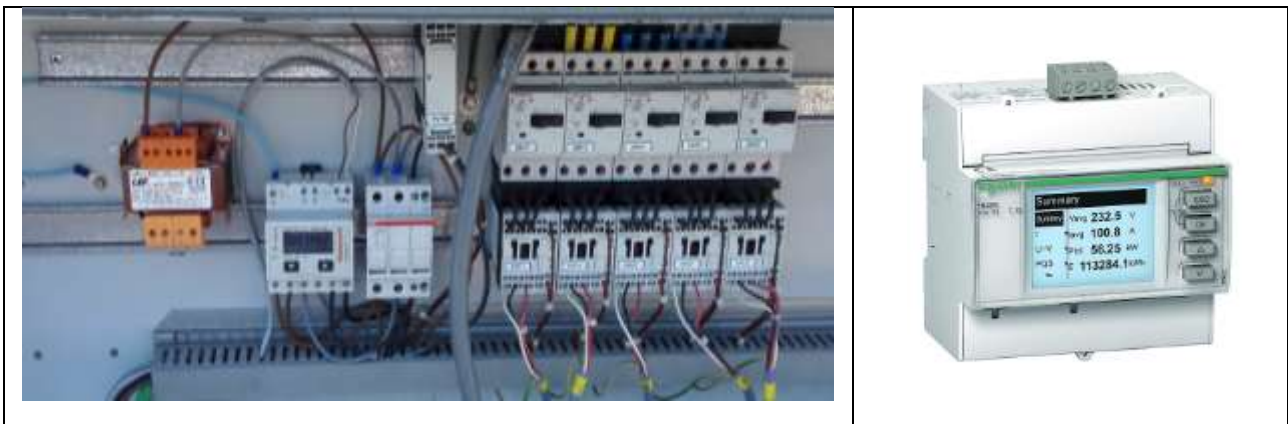


Fig. 34 Multimetro

Il contatore è in grado di misurare le principali grandezze elettriche (intensità, tensione e potenza) mediante l'utilizzo di trasformatori installati sulle linee di collegamento al quadro secondo lo schema riportato in figura.

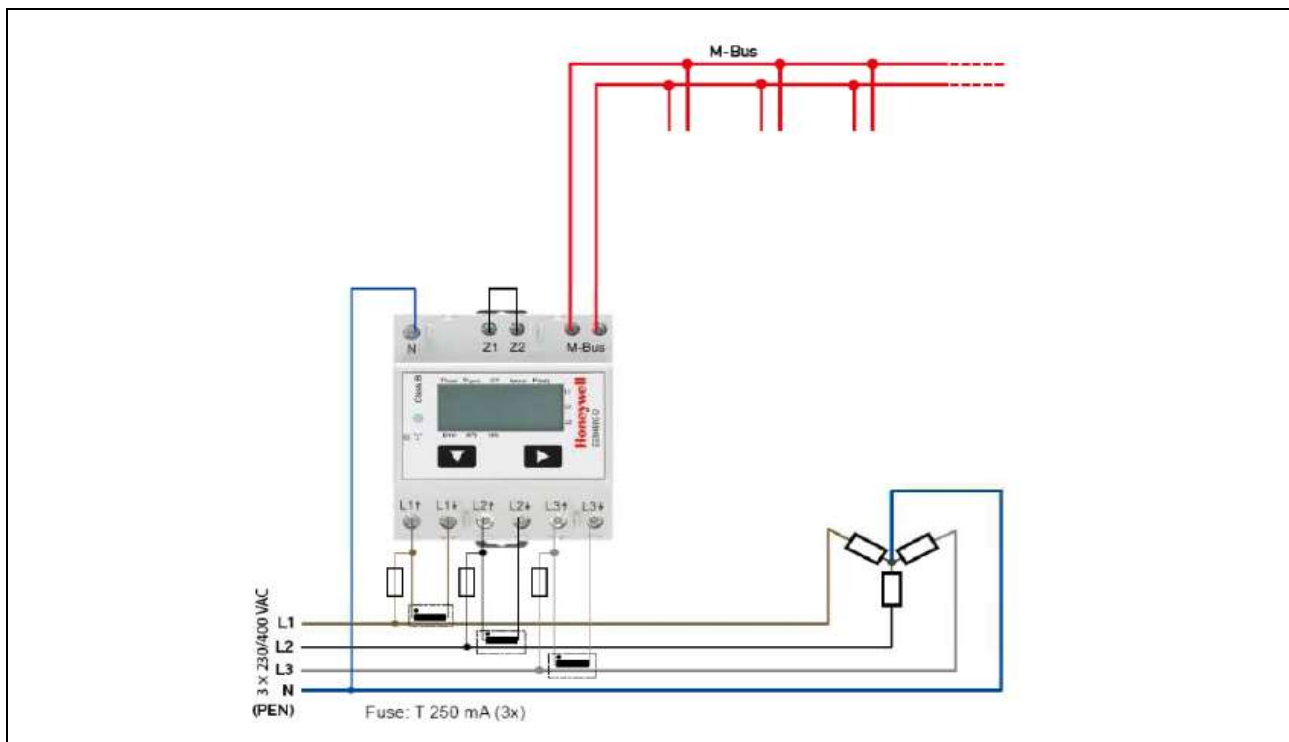


Fig. 35 Schema di funzionamento multimetro

I dati relativi alla potenza termica ed elettrica associate alla macchina sono inviati mediante interfaccia M-BUS ad un data-logger che ne memorizza le misure.

3.4.2 Misura dei dati climatici esterni

In parallelo al monitoraggio dei principali parametri relativi all'impianto di generazione, è stata valutata la situazione climatica esterna di Nizza Monferrato attraverso il rilievo delle temperature per un periodo pari a 9 settimane, dal 30 gennaio 2017 fino al 31 marzo 2017. Ciò consente di poter verificare il differente comportamento della macchina in esame al variare delle condizioni climatiche del luogo nel periodo in esame. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti della temperatura esterna relativa alle 9 settimane analizzate ai fini del monitoraggio.

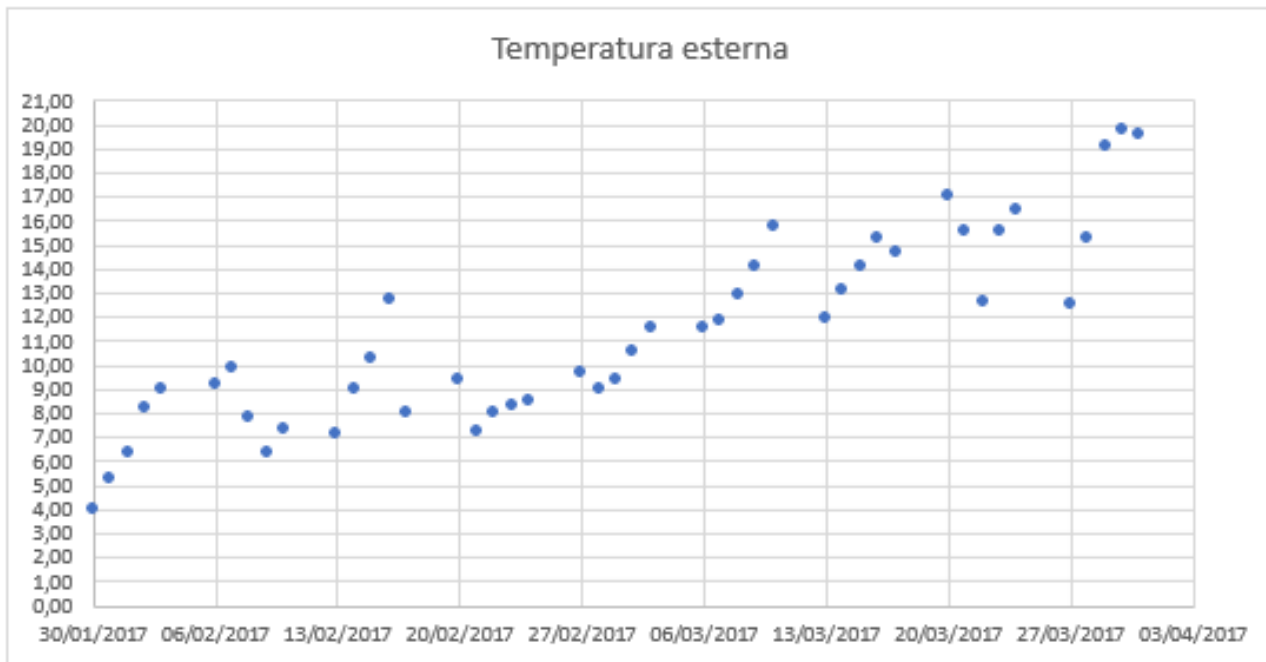


Fig. 36 Andamento di temperatura Udine dal 30/01/2017 al 31/03/2017

Dal rilievo delle temperature sul periodo di nove settimane sono stati estrapolati i dati per valutare il comportamento invernale della pompa di calore nelle due settimane scelte per effettuare l'analisi, ossia 6-12 febbraio 2017 e 6-12 marzo 2017.

3.4.3 Misura dei dati climatici indoor

Per verificare il corretto funzionamento dell'impianto di climatizzazione invernale, durante il periodo di monitoraggio, sono state predisposte, in parallelo a quanto fatto per le grandezze climatiche esterne, anche delle misure delle principali grandezze microclimatiche indoor. A tal fine sono stati installati dei sensori termoigrometrici per rilevare la temperatura e l'umidità relativa dell'aria, all'interno di diversi locali, selezionati sulle diverse esposizioni dell'edificio.

Tralasciando i valori di umidità relativa, è stata analizzata la temperatura dell'aria nei vari ambienti esaminati.

Sono stati individuati due ambienti con temperature indoor differenti:

- Filiale
- Affari

Si riporta di seguito, a titolo esemplificativo, l'andamento delle temperature medie giornaliere interne, registrate nella filiale durante il periodo di nove settimane in cui sono stati attivi i misuratori.

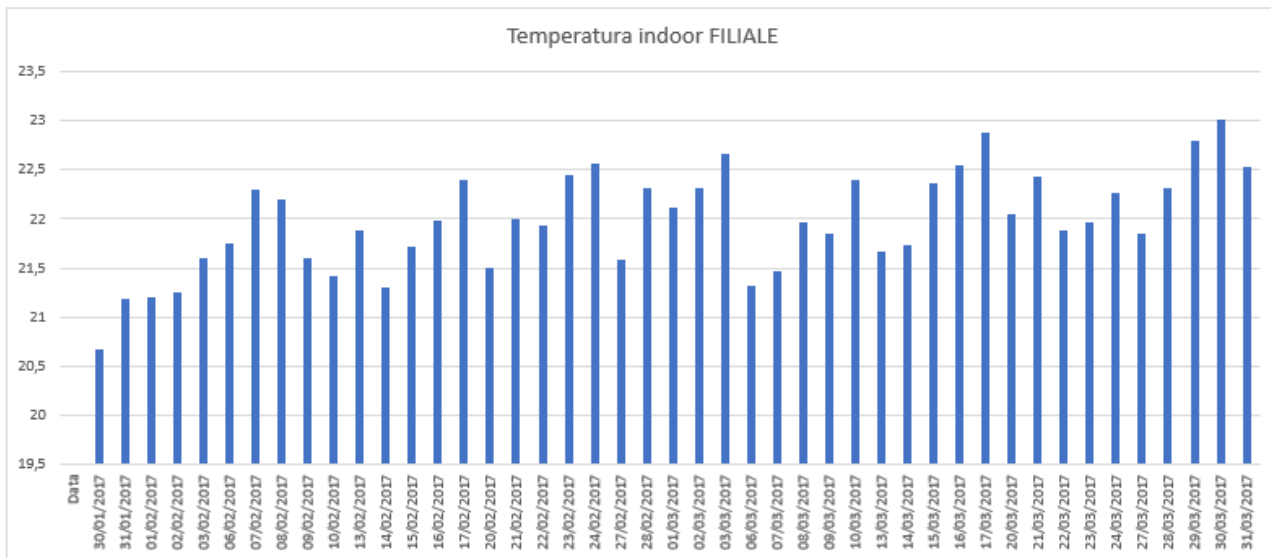


Fig. 37 Temperature indoor filiale di Udine dal 30/01/2017 al 31/03/2017

La temperatura interna varia da 20,5 °C e 22,5 °C, mantenendo nell'arco delle settimane un andamento crescente dal lunedì al venerdì, in coerenza con il fatto che l'impianto viene tenuto acceso per un numero di ore sempre uguale nell'arco di ogni settimana.

L'analisi delle temperature è stata utile per estrapolare i valori delle temperature medie giornaliere interne, nelle due settimane individuate per effettuare l'analisi (6-12 febbraio 2017, 6-12 Marzo 2017).

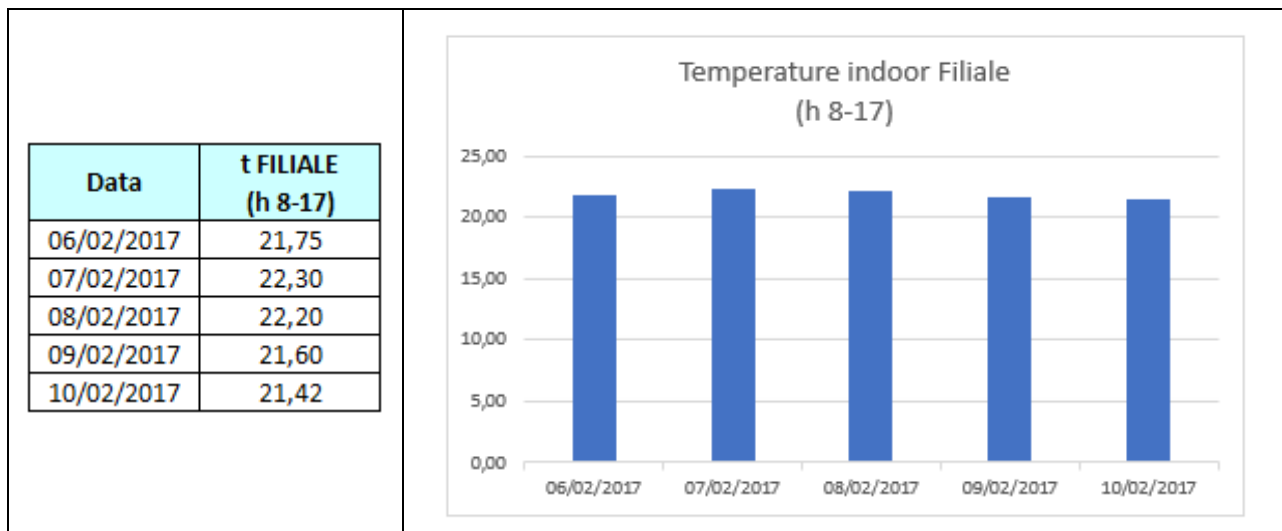


Fig. 38 Temperature indoor (6-10 Febbraio 2017) Filiale di Udine

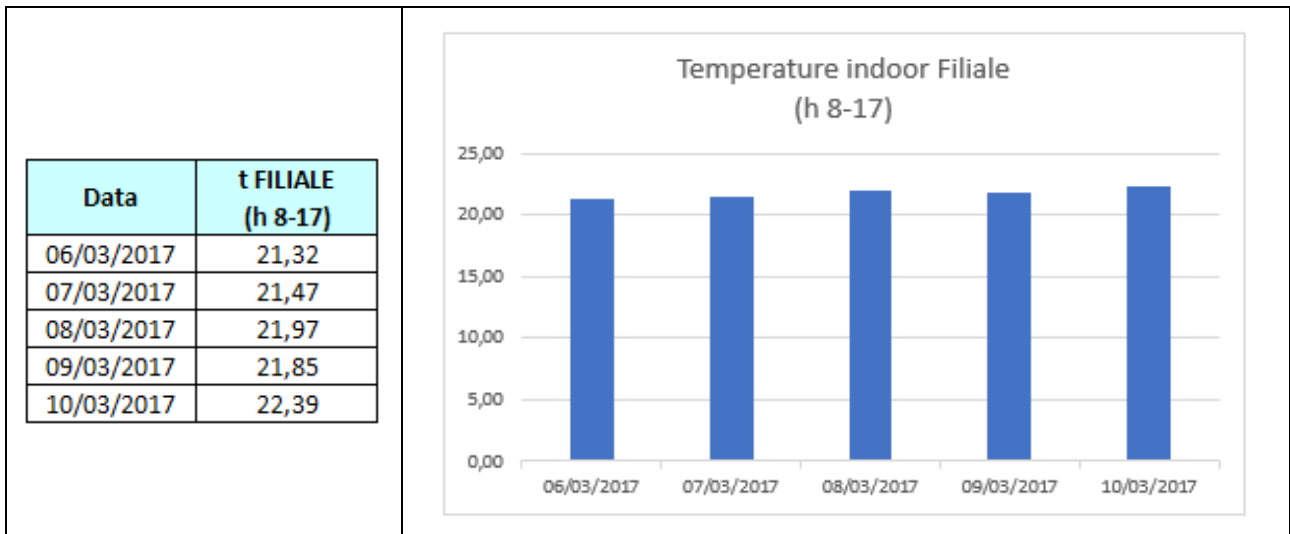


Fig. 39 Temperature indoor (6-10 Marzo 2017) Filiale di Udine

3.5 Elaborazione dei dati misurati e analisi dei risultati della Banca Popolare di Verona (Udine)

3.5.1 Profili delle principali grandezze misurate

Il monitoraggio strumentale dell'impianto a Pompa di calore è stato effettuato dal 30 gennaio al 31 Marzo, al fine di avere dati di misura relativi ad una parte significativa della stagione di climatizzazione invernale. Tuttavia, come già evidenziato in precedenza, non tutti i dati raccolti sono risultati utili per le elaborazioni: ci si è concentrati sull'esame di due settimane tipo, ossia 6-12 febbraio e 6-12 marzo.

Le misurazioni scelte apparivano significative per poter elaborare i primi confronti tra le prestazioni della macchina monitorate e i valori nominali forniti dalla casa costruttrice. Sono stati invece analizzati gli andamenti a diversa scala temporale (giornaliera, settimanale, su tutto il periodo di calcolo) per evidenziarne il comportamento al variare delle condizioni climatiche.

Nella tabella sotto riportata sono esposti i valori medi* giornalieri, nel periodo esaminato, delle principali grandezze monitorate; di seguito, i diagrammi a diversa scala temporale.

Data	Portata nominale mc/h	Energia Termica [kWh]	Energia elettrica [kWh]	En. el./gradi giorno	COP nom.	COP	t filiale (h 8-17)	t affari (h 8-17)	t esterna (h 8-17)	Gradi giorno	T mandata acqua °C	% carico impianto	h _{TOT} Risc.	h _{TOT} UTA
06/02/2017	18,92	340	118	2,65	3,3	2,88	21,75	21,32	9,20	7,23	44,50	31%	10	6
07/02/2017	18,92	260	86,2	2,02	3,3	3,02	22,30	21,37	9,90	9,38	42,66	27%	8	6
08/02/2017	18,92	340	115,4	2,64	3,21	2,95	22,20	22,03	7,80	9,38	43,67	28%	11	6
09/02/2017	18,92	340	101,0	2,25	3,05	3,37	21,60	21,20	6,30	6,58	44,87	26%	11	6
10/02/2017	18,92	360	99,3	2,25	3,05	3,63	21,42	21,00	7,30	5,03	44,10	22%	11	6
06/03/2017	18,9	270	85	1,87	3,4	3,18	21,32	22,38	11,54	6,45	45,40	21%	10	8
07/03/2017	18,9	240	75	1,70	3,4	3,20	21,47	22,60	11,80	7,23	44,05	17%	9	8
08/03/2017	18,9	180	50	1,14	3,5	3,60	21,97	22,90	12,95	8,58	43,75	11%	9	8
09/03/2017	18,9	160	47	1,05	3,6	3,40	21,85	23,40	14,08	9,53	44,60	14%	9	8
10/03/2017	18,9	130	37	0,83	3,7	3,51	22,39	22,68	15,78	9,68	44,80	13%	9	8

Tab. 15 Sintesi parametri rilevati nelle due settimane di riferimento (6-10 Febbraio e 6-10 Marzo)

Le tabelle consentono di effettuare delle considerazioni.

La portata risulta costante e di valore 18,9 m³/h, pari a circa 5,25 l/s. Le temperature di mandata si attestano intorno variano tra i 42 e i 45 °C.

Il COP nella settimana di febbraio, mediamente più rigida è sempre inferiore a quello da scheda tecnica, mentre a marzo il valore di COP si avvicina maggiormente a quello fornito dal produttore, superandolo in alcuni giorni.

Le temperature interne sia della filiale, che degli affari, si mantengono sempre alte, variando tra i 21 e i 23 °C. Le temperature esterne variano tra 6 e quasi 10 °C nella settimana di febbraio, mentre tra 11 e 16 °C a marzo. Il dato di percentuale di carico dell'impianto, si riferisce ad una media giornaliera e mostra un carico medio giornaliero che varia tra l'11 e il 31%.

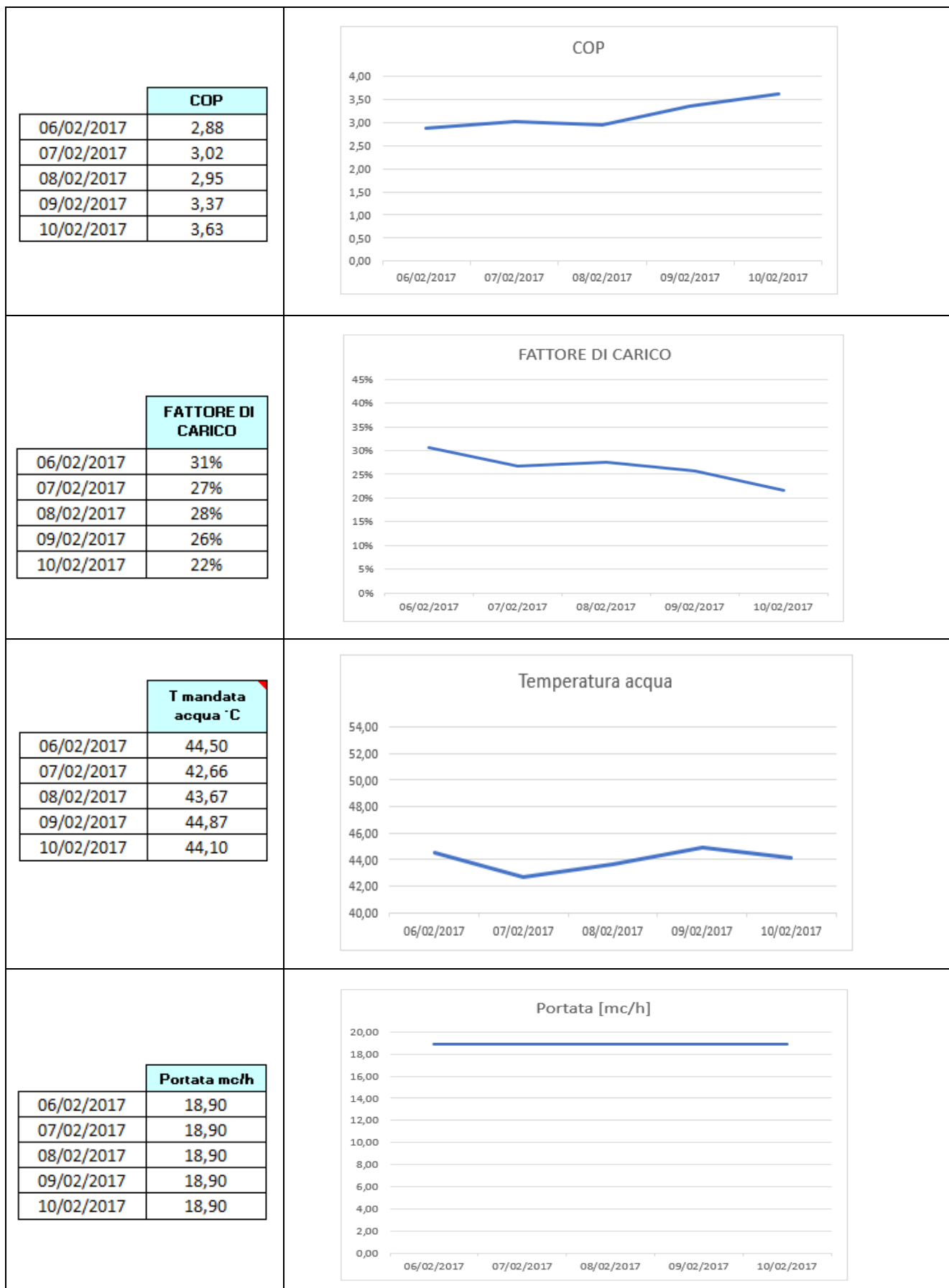


Fig. 40 COP, Fattore di carico, Temperatura acqua e portata 6-10 Febbraio 2017 Filiale di Udine



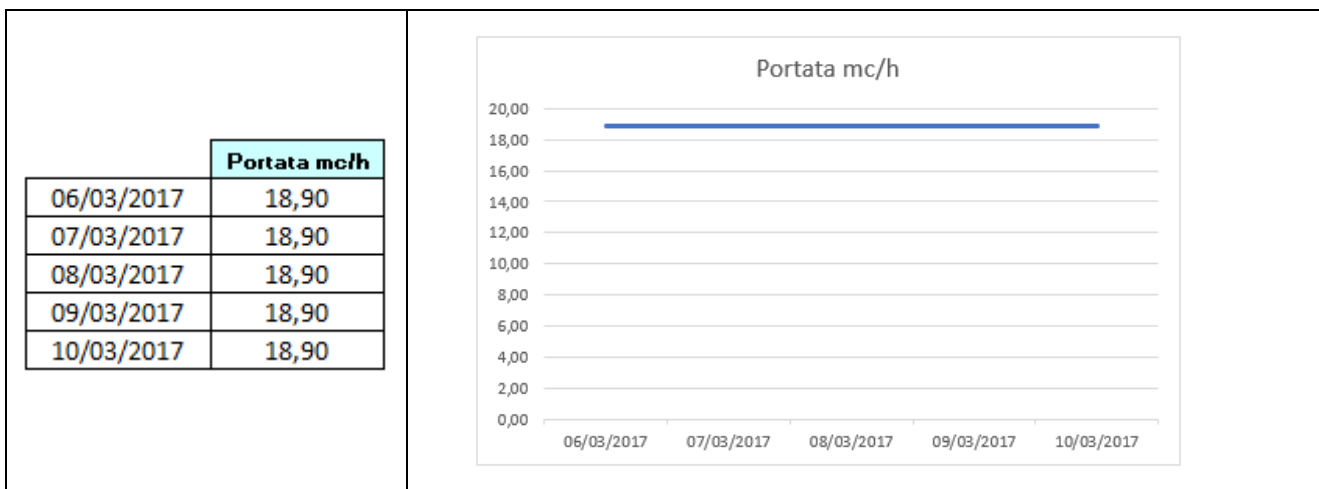


Fig. 41 COP, Fattore di carico, Temperatura acqua e portata 6-10 Marzo 2017 Direzione di Udine

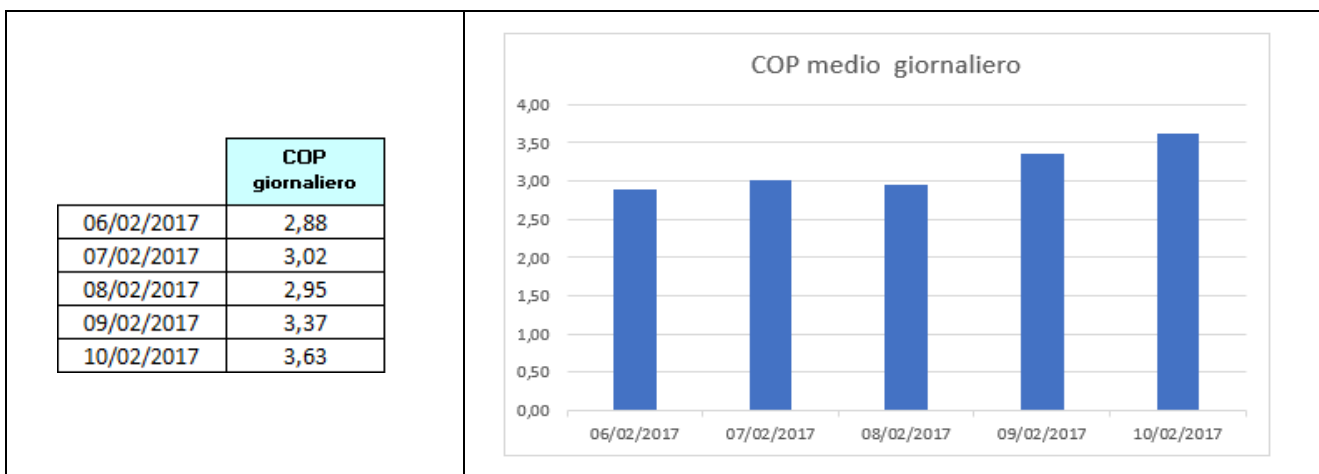


Fig. 42 COP medio giornaliero 6-10 Febbraio 2017 Filiale di Udine

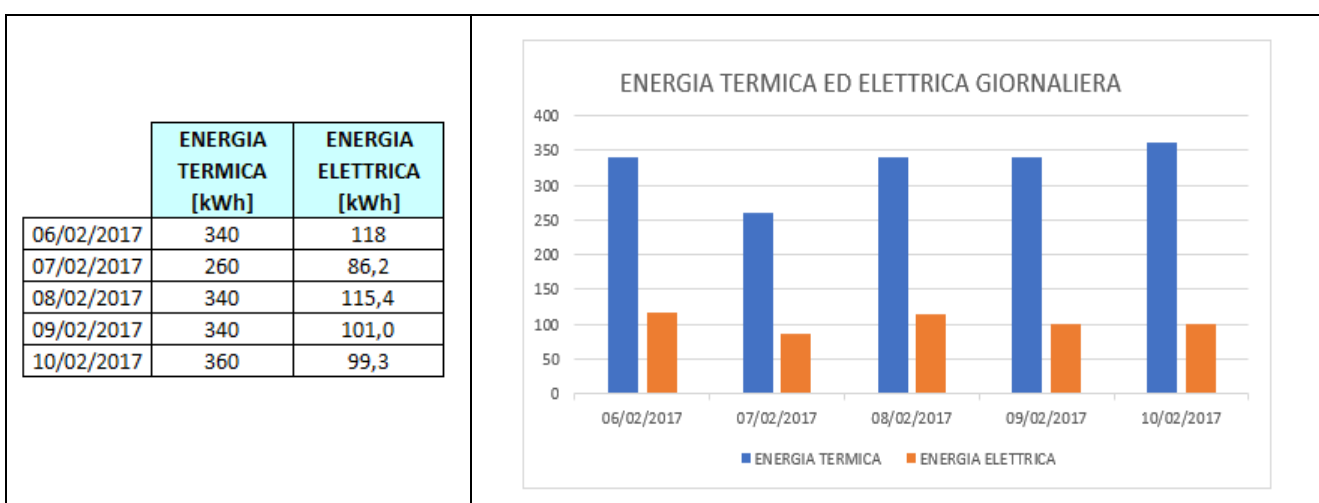


Fig. 43 Energia termica ed elettrica media giornaliera 6-10 Febbraio 2017 Filiale di Udine

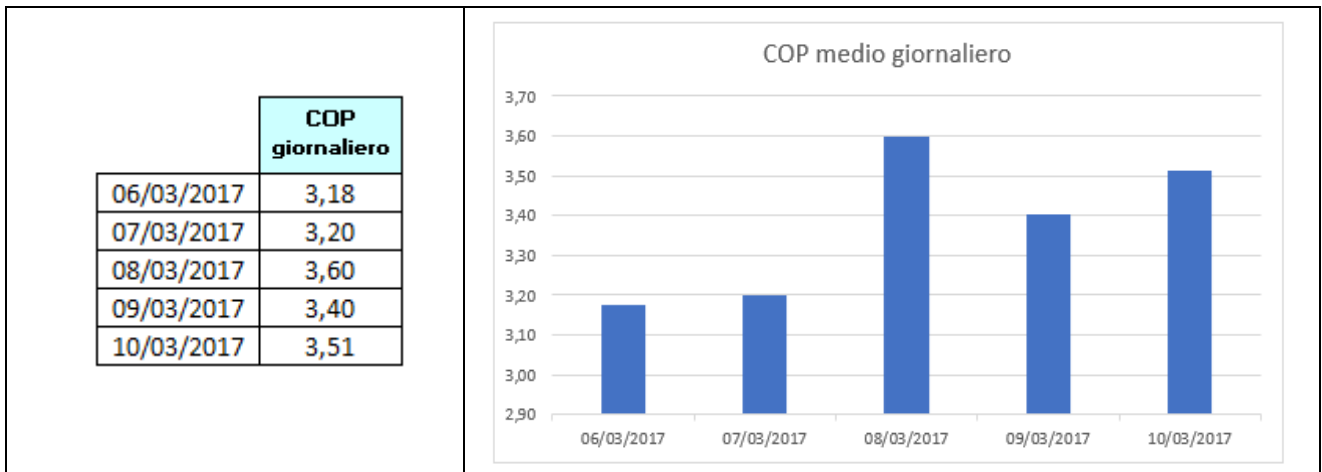


Fig. 44 COP medio giornaliero 6-10 Marzo 2017 Filiale di Udine

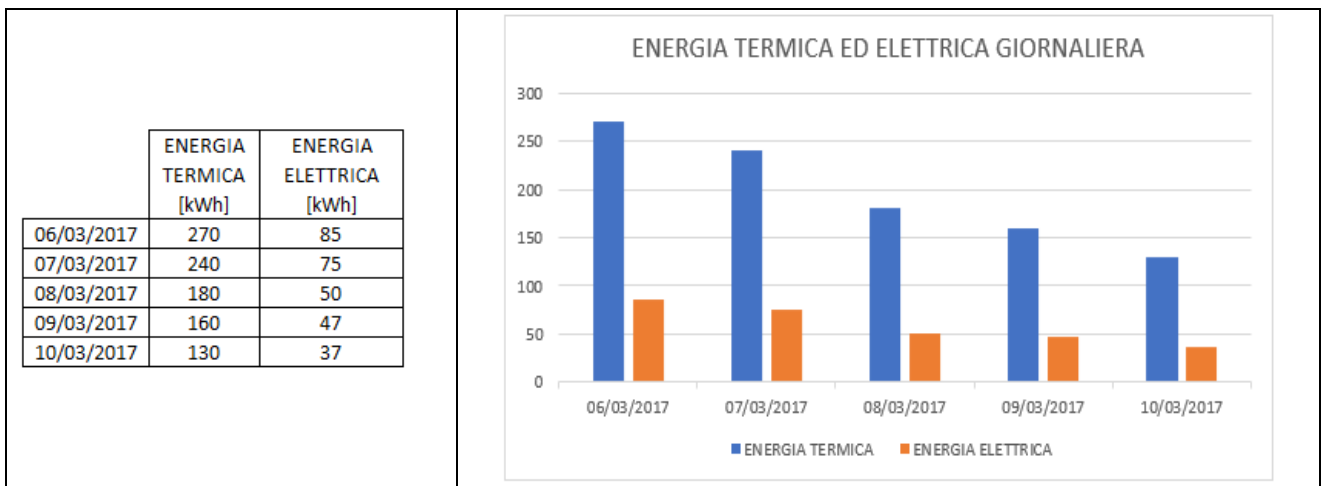


Fig. 45 Energia termica ed elettrica media giornaliera 6-10 Marzo 2017 Filiale di Udine

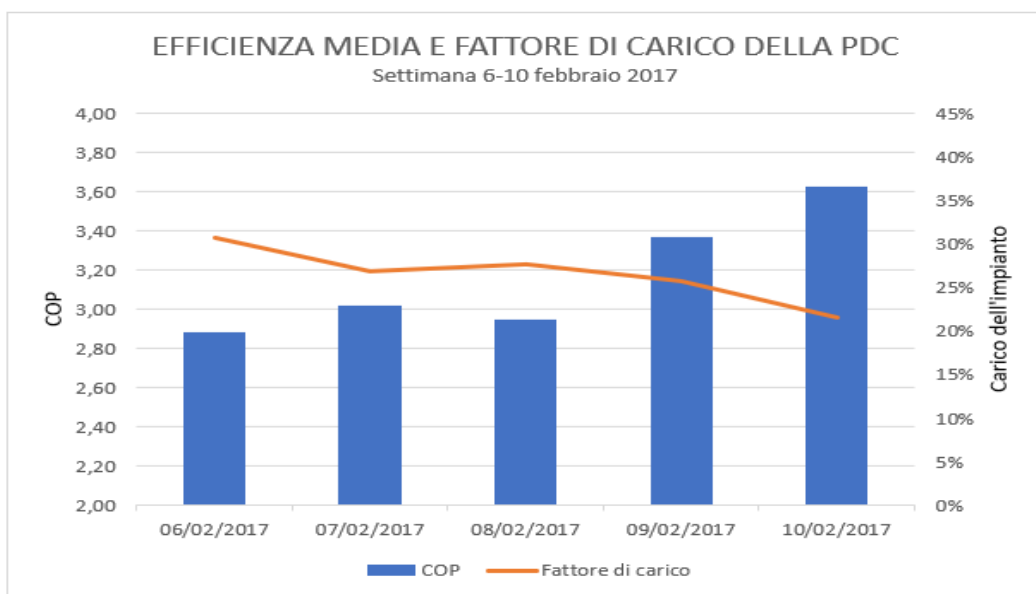


Fig. 46 COP e fattore di carico 6-10 Febbraio 2017 Filiale di Udine

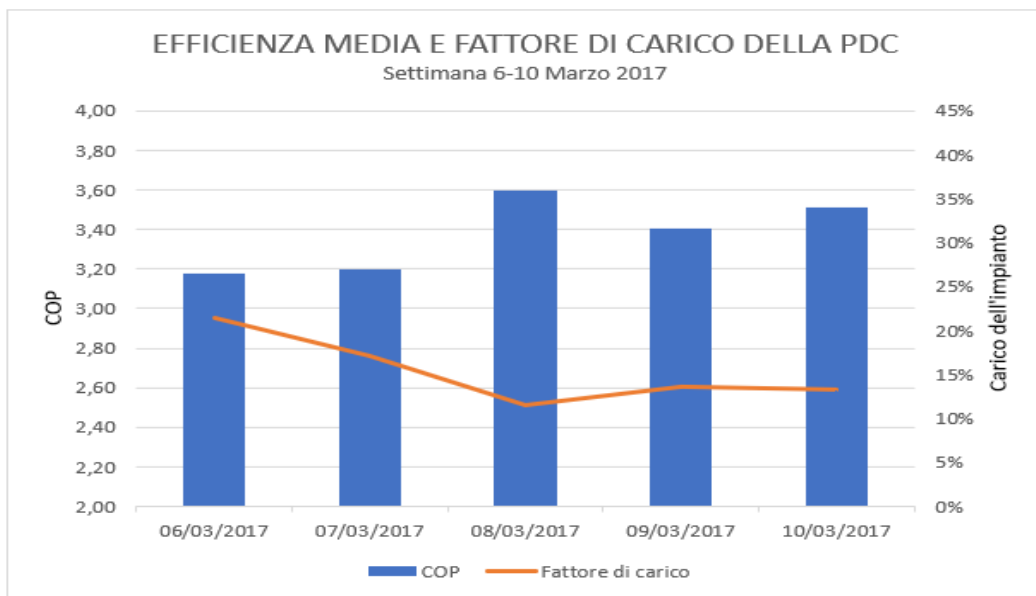


Fig. 47 COP e fattore di carico 6-10 Marzo 2017 Filiale di Udine

Il fattore di carico medio, giornaliero F_c , varia tra il 36% ed il 43% nella settimana di febbraio, e tra il 32% e il 42% in quella di marzo. L'efficienza media, il COP, risulta compreso tra i valori medi 2,88 e 3,51.

3.5.2 Diagrammi di sintesi relativi all'intero periodo monitorato

I diagrammi riportati di seguito mostrano le grandezze principali, COP e Potenza termica, che caratterizzano il generatore a pompa di calore, in funzione delle temperature esterne.

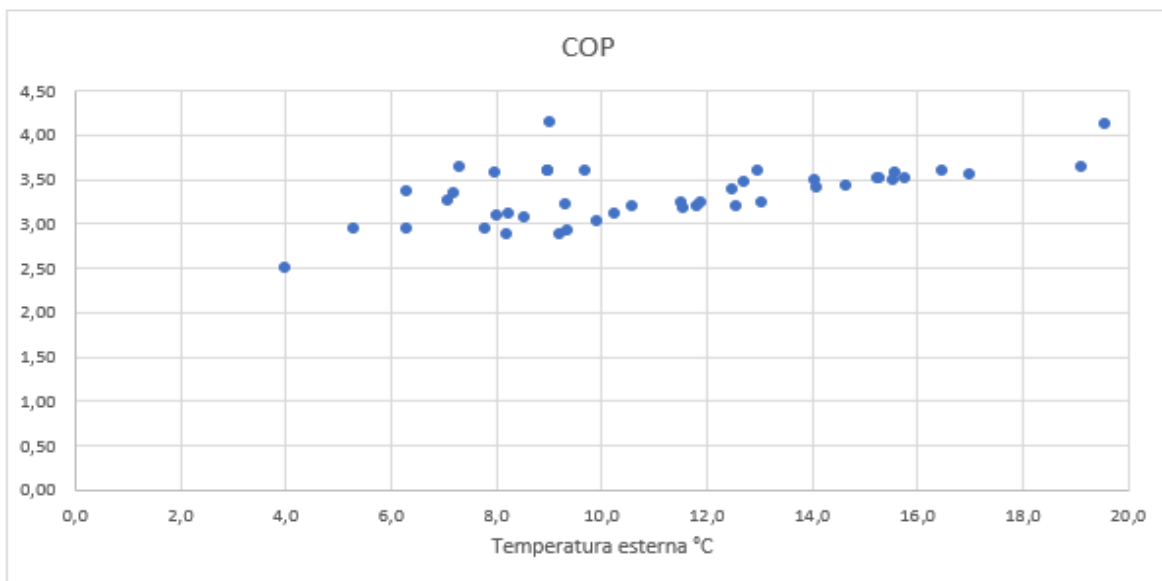


Fig. 48 Andamento COP al variare della temperatura esterna Direzione di Udine

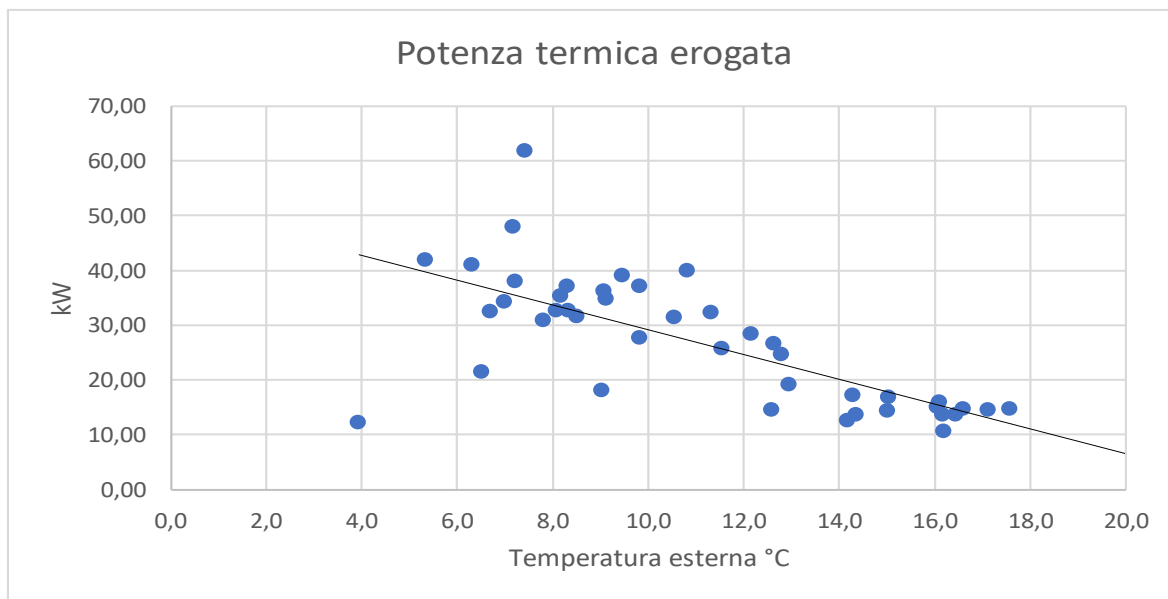


Fig. 49 Andamento Potenza termica al variare della temperatura esterna Direzione di Udine

L'efficienza del generatore, come prevedibile, cresce tendenzialmente all'aumentare della temperatura esterna partendo da valori inferiori a 2,5, fino a valori di COP oltre 4 quando le temperature esterne si avvicinano a 20 °C.

Le potenze termiche erogate, come invece evidente dal grafico, decrescono passando da valori ai 40-45 kW per temperature intorno ai 5-6 °C fino a circa 15 kW per temperature esterne comprese tra i 16 e i 18 °C. Importante inoltre considerare che, come detto in precedenza, il generatore installato ad Udine, a differenza di quello di Nizza Monferrato, funziona con T di mandata dell'acqua a 45 °C ed in modalità bivalente: nelle giornate con temperature al di sotto dei 3 °C viene avviata una caldaia a gas per la climatizzazione dell'edificio. Nel periodo considerato ciò è avvenuto 5 volte nelle giornate di inizio febbraio.

Di seguito è riportato uno stralcio della scheda tecnica della macchina relativa al funzionamento in bassa temperatura, in cui sono riepilogati i valori nominali dei principali parametri di funzionamento. Maggiori informazioni relative alle diverse modalità operative del generatore sono riportate in appendice.

BASSA TEMPERATURA		
Tipo Clima		Average
Temperatura applicazione	°C	35
Tipo portata		Fissa
Tipo temperatura		Variabile
Temperatura bivalenza	°C	-7,0
PDesign	kW	81,1
Qhe	kWh	46749
SCOP		3,58
Rendimento ηs	%	140
Classe di efficienza stagionale		-

Fig. 50 Stralcio di scheda tecnica

Fonte CLIMAVENETA

Mediamente il COP della macchina (3,3) è risultato leggermente al di sotto del valore nominale (3,58), ma bisogna considerare che la pompa di calore seppur in modalità bivalente, ha funzionato con T di mandata di 45 °C e con un fattore di carico piuttosto basso, 20%.

La tabella riportata in seguito, mostra la sintesi dei valori medi nel periodo monitorato:

T esterna (° C) media	COP medio	Fattore di carico	T (°C) mandata
11,3	3,33	0,2	44,2

Tab. 16 Sintesi valori medi da monitoraggio

In analogia a quanto fatto precedentemente, vengono di seguito riportati gli istogrammi di Figg. 51-52-53 con la distribuzione in frequenza, relativa e cumulata, dei valori orari assunti dai principali parametri di funzionamento della pompa di calore:

- Potenza erogata,
- Efficienza media (COP),
- Fattore di carico:

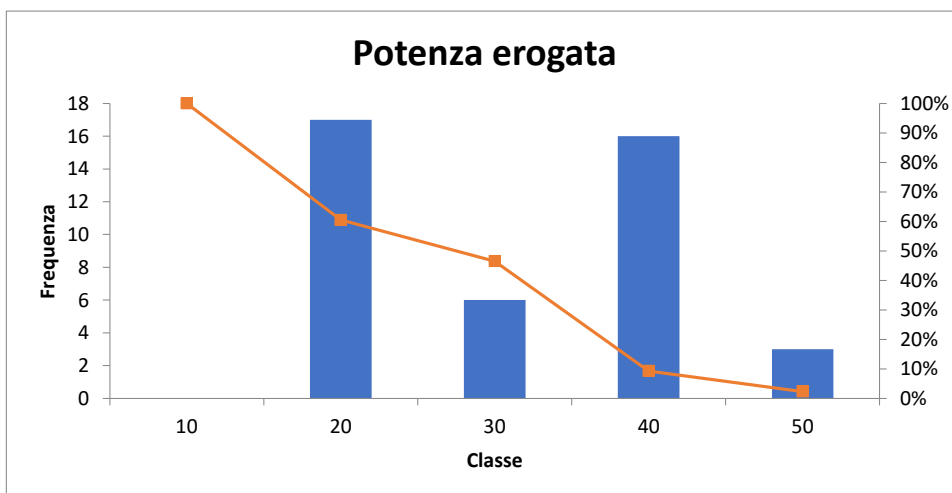


Fig. 51 Potenza erogata nel periodo di monitoraggio

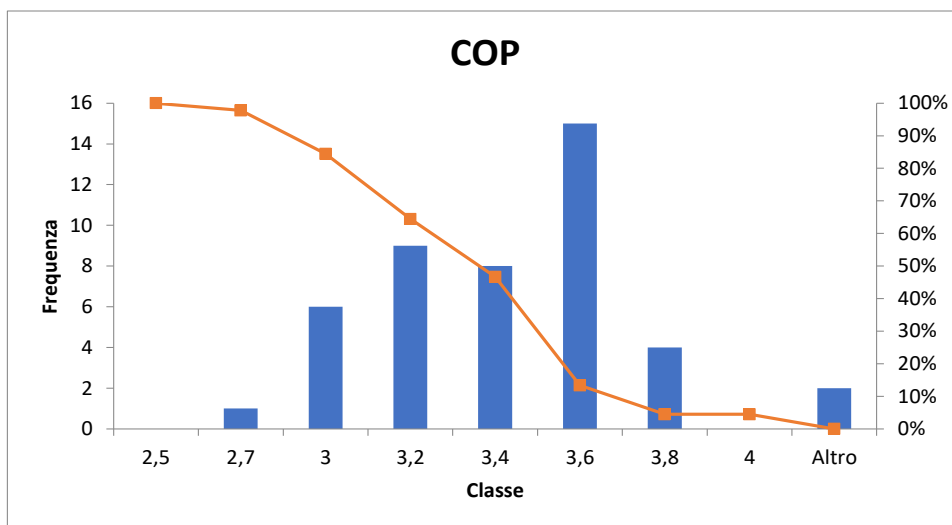


Fig. 52 COP nel periodo di monitoraggio

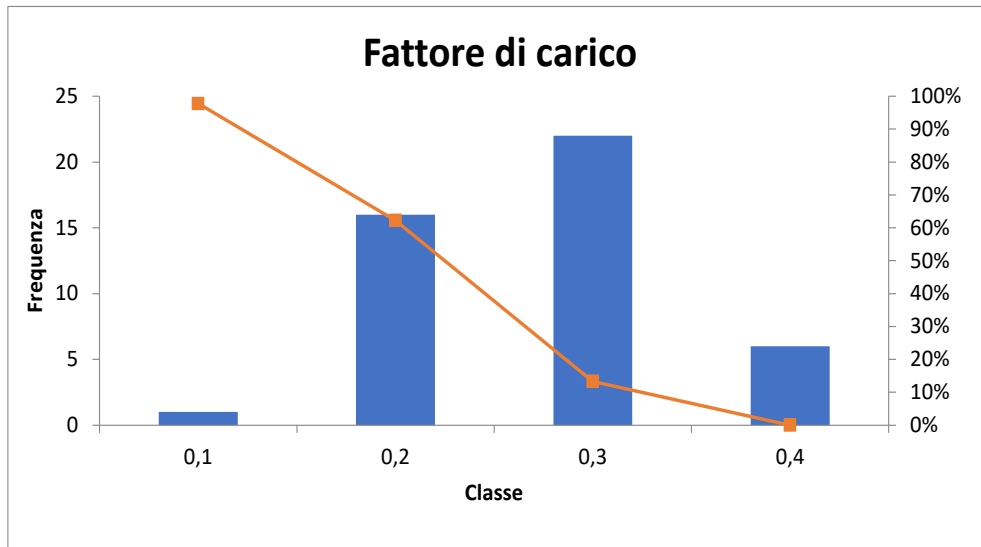


Fig. 53 Fattore di carico nel periodo di monitoraggio

Le curve cumulate delle tre distribuzioni in frequenza mostrate nei grafici, evidenziano che per l'80% delle ore, nel periodo monitorato, il generatore ha funzionato con potenza termica erogata > 15 kW, con COP > di 3, e con un Fc > 15 %

4 Conclusioni

L'attività di monitoraggio svolta, è stata finalizzata ad esaminare il comportamento reale, durante il periodo invernale di due impianti termici a pompe di calore aria-acqua, installati in due edifici ad uso uffici (agenzie bancarie) rispettivamente ad Udine e Nizza Monferrato.

Entrambi gli impianti esaminati sono di tipo idronico, con terminali scaldanti costituiti prevalentemente da fan-coils. Sono differenti tuttavia le modalità di utilizzo: il generatore installato ad Udine, funziona in modalità bivalente: esso è infatti integrato da una caldaia a gas, che entra in funzione automaticamente quando la temperatura esterna scende sotto i 3 °C. L'altro generatore a pompa di calore, installato a Nizza Monferrato, funziona invece in modalità monovalente, garantendo totalmente la climatizzazione invernale ed estiva dell'edificio.

L'analisi svolta è stata focalizzata sui mesi di febbraio e marzo, in cui entrambi i generatori, sono stati impiegati con sufficiente continuità. L'acquisizione contemporanea delle temperature esterne delle due località, nonché le temperature indoor, monitorate in alcuni locali rappresentativi degli edifici in esame, hanno consentito di valutare l'effettivo apporto termico degli impianti al variare delle condizioni climatiche, mostrando il comportamento tipico del generatore sia in condizioni più rigide (inizi di febbraio) sia in quelle più miti (fine di marzo). Non è stato chiaramente posto alcun vincolo né sugli orari di accensione né sulla regolazione delle macchine, che è stata totalmente demandata all'utenza.

Le misure strumentali, termiche ed elettriche, hanno consentito di caratterizzare i principali parametri di funzionamento dei due generatori quali: la potenza termica erogata, il rendimento medio COP, la portata d'acqua, il fattore di carico effettivamente richiesto. Tali parametri sono stati analizzati prima a livello settimanale, (individuando due settimane maggiormente rappresentative), poi valutati su tutto il periodo, di circa sessanta giorni. Il generatore installato ad Udine, funzionante in modalità bivalente, ha funzionato con un T di mandata di 44,2 °C, un COP medio nel periodo di 3,3 ed un fattore di carico del 20%

Quello installato a Nizza Monferrato ha funzionato a media temperatura, con T di mandata di circa 52 °C ed un rendimento medio COP, nel periodo monitorato, di 2,6, con un fattore di carico del 40%.

La tabella di sintesi riportata di seguito evidenzia i valori medi del COP nelle prime due settimane di febbraio (periodo più freddo), nelle ultime due settimane di marzo (periodo più mite) e quelli medi su tutto il periodo monitorato.

COP	Udine	Nizza Monferrato
1-15 febbraio	3,2	2,4
15-30 marzo	3,5	2,7
media periodo	3,3	2,6

Fig. 54 COP

Tali valori, a scopo indicativo sono stati confrontati con i dati nominali forniti dalla casa costruttrice della macchina, che risultano essere riferiti a condizioni standard differenti da quelle riscontrate nel funzionamento reale. Le due attività di monitoraggio svolte, focalizzate sulla stagione invernale e inserite nella linea (E) del Progetto D.2 della Ricerca di Sistema Elettrico, fanno seguito a quanto effettuato nella precedente annualità, in cui erano stati monitorati dei generatori a pompa di calore installati in edifici ad uso uffici, durante la stagione estiva.

L'obiettivo è stato quello di analizzare il rendimento degli impianti di climatizzazione, installati in edifici del terziario, per valutarne il comportamento reale e ottenere dei benchmark energetici tipici per le configurazioni impiantistiche più comuni e relativi a differenti contesti climatici.

Ulteriori valutazioni potranno essere in seguito effettuate, confrontando l'efficienza media globale, estesa all'intero periodo stagionale, con i valori di rendimento calcolati secondo le principali metodologie di calcolo utilizzate nelle diagnosi energetiche: metodologie quasi-stazionarie, basate essenzialmente sull'applicazione delle norme UNI TS 11300 su base mensile e metodologie di tipo dinamico, in cui il calcolo degli scambi termici, su base oraria, è effettuato mediante modelli matematici più complessi.


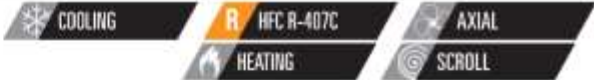
5 Riferimenti bibliografici

- [1] A European Directive on Energy Performance of Buildings 2010/31/EU
- [2] UNI TS 11300 Energy performance of buildings: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva
- [3] UNI TS 11300 Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
- [4] UNI EN 14825:2016 Condizionatori d'aria, refrigeratori di liquido e pompe di calore, con compressore elettrico, per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti - Metodi di prova e valutazione a carico parziale e calcolo del rendimento stagionale
- [5] D.M. Requisiti Minimi 26 /6/2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici
- [6] Heat-pump-cycle CORDIS Community Research and Development Information Service EU
- [7] Analysis and evaluation of Heat Pump efficiency in a Real-life conditions Fraunhofer ISE, 2011
- [8] Energy Monitoring, monitoraggio e gestione dell'energia ABB, 2016
- [9] POMPE di CALORE Parte teorica, parte applicativa, di Renato Lazzarin, FERROLI

Appendice

Per maggiori dettagli relativi alle caratteristiche tecniche della pompa di calore esaminata e degli strumenti di misura utilizzati, si riportano in appendice alcune dati specifici, tratti dalle schede tecniche delle case costruttrici:

Dati tecnici della Pompa di calore installata a Nizza Monferrato

SELEZIONE TECNICA - EN 14511 - EN 14825		Pagina 1 / 8
AWR-HT /CA-E /0262		
Versione software:	Eica World 1.0.6.0	
Versione report:	1.0.1.0	
Versione DB:	1.0.7.0	
Utente:	Gianluca Fiorentini	
Data di stampa:	11/10/2016 10:43	
		
<small>Controlla la validità in corso del certificato: www.eurovent-certification.com</small>		
		
Codice	AWR-HT /CA-E /0262	
Versione	CA-E	
Taglia	0262	
DESCRIZIONE UNITÀ	Pompa di calore reversibile ad alta efficienza con sorgente aria per installazione esterna, alta temperatura acqua	
Alimentazione elettrica	V/ph/Hz	400/3+N/50
PRESTAZIONI ALLE CONDIZIONI DI RIFERIMENTO		
CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO		
REFRIGERAZIONE		
SCAMBIATORE UTENZA		
Temperatura ingresso fluido (raffrescamento)	°C	12,00
Temperatura uscita fluido (raffrescamento)	°C	7,00
Tipo di fluido		ACQUA
Glicole	%	0
Fattore di sporcamento	m ² K/kW	0,000
AMBIENTE		
Temperatura aria (raffrescamento)	°C	35,0
RISCALDAMENTO		
SCAMBIATORE UTENZA		
Temperatura ingresso fluido (riscaldamento)	°C	40,00
Temperatura uscita fluido (riscaldamento)	°C	45,00
Tipo di fluido		ACQUA
Glicole	%	0
Fattore di sporcamento	m ² K/kW	0,000
AMBIENTE		
Temperatura aria (riscaldamento)	°C	7,0
REFRIGERAZIONE (EN14511)		
Potenza frigorifera	kW	76,20
Potenza assorbita compressori	kW	23,80
Potenza assorbita ventilatori (raffrescamento)	kW	2,00
Potenza assorbita totale	kW	26,00
EER	kW/kW	2,930
ESEER CERTIFICATO	kW/kW	3,300
Classe EUROVENT		B
RISCALDAMENTO (EN14511)		
Potenza termica totale	kW	85,20
Potenza assorbita compressori (riscaldamento)	kW	21,6
Potenza assorbita ventilatori (riscaldamento)	kW	2,00
Potenza assorbita totale	kW	23,90
COP	kW/kW	3,570
Classe EUROVENT		A
SCOP		

AWR-HT /CA-E /0262

Versione software: Elca World 1.0.6.0
 Versione report: 1.0.1.0
 Versione DB: 1.0.7.0
 Utente: Gianluca Fiorentini
 Data di stampa: 11/10/2018 10:43



Controlla la validità in corso del certificato
www.eurovent-certification.com



I. SCOP Ufficiale (Reg. 813/2013 UE)

II. BASSA TEMPERATURA

Tipo Clima		Average
Temperatura applicazione	°C	35
Tipo portata		Fissa
Tipo temperatura		Fissa
Temperatura bivalenza	°C	-7,0
PDesign	kW	58,5
Qhe	kWh	37059
SCOP		3,26
Rendimento ηs	%	127
Classe di efficienza stagionale		A+

III. TEMPERATURA MEDIA

Tipo Clima		Average
Temperatura applicazione	°C	55
Tipo portata		Fissa
Tipo temperatura		Variable
Temperatura bivalenza	°C	-7,0
PDesign	kW	63,3
Qhe	kWh	42857
SCOP		3,05
Rendimento ηs	%	119
Classe di efficienza stagionale		A+

AWR-HT /CA-E /0262

Versione software: Elca World 1.0.6.0
 Versione report: 1.0.1.0
 Versione DB: 1.0.7.0
 Utente: Gianluca Fiorentini
 Data di stampa: 11/10/2018 10:43



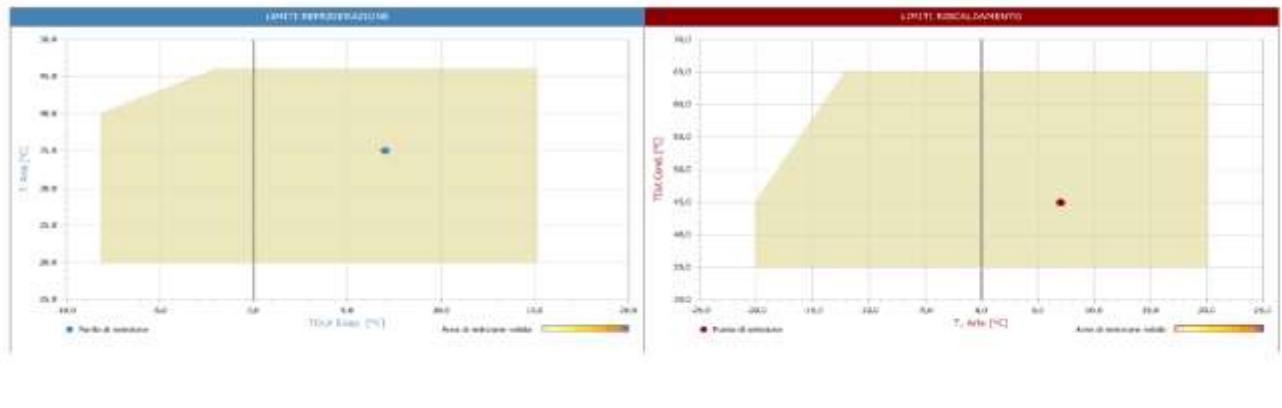
Controlla la validità in corso del certificato:
www.eurovent-certification.com

COOLING	R HFC R-407C	AXIAL
HEATING		SCROLL








Note

Distanza	m	1
Livello di pressione sonora medio a 1 m di distanza, per unità in campo libero su superficie riflettente; valore non vincolante calcolato dalla potenza sonora. Potenza sonora sulla base di misure effettuate in accordo alla normativa ISO 9614.		

LIMITI DI FUNZIONAMENTO



Dati tecnici della Pompa di calore installata ad Udine

NX-N /LN-CA /0402P		
Versione software: Elca World 1.0.6.0		
Versione report: 1.0.1.0		
Versione DB: 1.0.7.0		
Utente: Gianluca Fiorentini		
Data di stampa: 11/10/2018 10:39		
		
<small>Controlla la validità in corso del certificato: www.eurovent-certification.com</small>		
     		
Codice	NX-N /LN-CA /0402P	
Versione	LN-CA	
Taglia	0402P	
DESCRIZIONE UNITÀ	Unità reversibile con sorgente aria per installazione esterna	
Alimentazione elettrica	V/ph/Hz	400/3/50
PRESTAZIONI ALLE CONDIZIONI DI RIFERIMENTO		
1. CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO		
1.1. REFRIGERAZIONE		
1.1.1. SCAMBIATORE UTENZA		
Temperatura ingresso fluido (raffrescamento)	°C	12,00
Temperatura uscita fluido (raffrescamento)	°C	7,00
Tipo di fluido		ACQUA
Glicole	%	0
Fattore di sporcamento	m ² K/kW	0,000
1.1.2. AMBIENTE		
Temperatura aria (raffrescamento)	°C	35,0
1.2. RISCALDAMENTO		
1.2.1. SCAMBIATORE UTENZA		
Temperatura ingresso fluido (riscaldamento)	°C	40,00
Temperatura uscita fluido (riscaldamento)	°C	45,00
Tipo di fluido		ACQUA
Glicole	%	0
Fattore di sporcamento	m ² K/kW	0,000
1.2.2. AMBIENTE		
Temperatura aria (riscaldamento)	°C	7,0
1.3. REFRIGERAZIONE (EN14511)		
Potenza frigorifera	kW	98,40
Potenza assorbita compressori	kW	32,23
Potenza assorbita ventilatori (raffrescamento)	kW	2,30
Potenza assorbita totale	kW	35,00
EER	kW/kW	2,810
ESEER CERTIFICATO	kW/kW	3,900
Classe EUROVENT		C
1.4. RISCALDAMENTO (EN14511)		
Potenza termica totale	kW	111,1
Potenza assorbita compressori (riscaldamento)	kW	31,6
Potenza assorbita ventilatori (riscaldamento)	kW	2,30
Potenza assorbita totale	kW	34,60
COP	kW/kW	3,210
Classe EUROVENT		A
1.5. SCOP		

NX-N /LN-CA /0402P

Versione software: Elca World 1.0.6.0
 Versione report: 1.0.1.0
 Versione DB: 1.0.7.0
 Utente: Gianluca Fiorentini
 Data di stampa: 11/10/2018 10:39



Controlla la validità in corso del certificato:
www.eurovent-certification.com



UNI-TS 11300-4 _ Dati per determinazione COPpl con Temperatura lato utenza a 35°C

Punto		tDesign	tBivalent (A)	(B)	(C)	(D)
Te	°C	-10,0	-7,0	2,0	7,0	12,0
PLR		1,00	0,88	0,54	0,35	0,15
DC	kW	68,2	72,3	89,4	116	134
CR		1,00	1,00	0,50	0,25	0,09
P	kW	82,2	72,3	44,4	28,8	12,3
COP PL	kW/kW	2,62	2,76	3,36	3,77	3,17
COP 100%	kW/kW	2,62	2,76	3,30	4,10	4,59
ICOP		1,00	1,00	1,02	0,92	0,69

UNI-TS 11300-4 _ Dati di Potenza e COP a pieno carico

	°C	-7,0	-7,0	-7,0	2,0	2,0	2,0	7,0	7,0	7,0	12,0	12,0	12,0
Temp. aria esterna	°C	30,00	40,00	50,00	30,00	40,00	50,00	30,00	40,00	50,00	30,00	40,00	50,00
Temp. ingresso condensatore	°C	35,00	45,00	55,00	35,00	45,00	55,00	35,00	45,00	55,00	35,00	45,00	55,00
Temp. uscita condensatore	°C	72,30	72,90	0,000	88,30	86,90	0,000	114,1	111,1	0,000	129,8	125,3	0,000
Carico termico	kW	2,760	2,270	0,000	3,240	2,630	0,000	3,970	3,210	0,000	4,380	3,530	0,000
COP	kW/kW												

SCAMBIATORI

SCAMBIATORE UTENZA

Tipologia		PIASTRE
Quantità	N°	1
Tipo di fluido		ACQUA
Glicole	%	0
Fattore di sporcamento	m²/kW	0,000
Tipologia attacchi		VICTAULIC
Diametro attacchi		2"1/2
Portata minima	l/s	2,917
Portata massima	l/s	8,139
K perdita di carico		162
Contenuto acqua	l	6,60

REFRIGERAZIONE

Temperatura ingresso fluido (raffrescamento)	°C	12,00
Temperatura uscita fluido (raffrescamento)	°C	7,00
Portata	l/s	4,734
Perdita di carico	kPa	47,0
Prevalenza utile nominale unità	kPa	0,00

RISCALDAMENTO

Temperatura ingresso fluido (riscaldamento)	°C	40,00
Temperatura uscita fluido (riscaldamento)	°C	45,00
Portata	l/s	5,328
Perdita di carico	kPa	59,6
Prevalenza utile nominale unità	kPa	0,00

VENTILATORI

Tipologia ventilatore		ASSIALE
N° ventilatori	N°	2
Potenza assorbita ventilatore	kW	1,15
F.L.I.	kW	1,840
F.L.A.	A	4

REFRIGERAZIONE

N° ventilatori	N°	2
Potenza assorbita ventilatore	kW	1,15
Portata d'aria nominale	m³/s	10,42
Prevalenza utile nominale	Pa	0

RISCALDAMENTO

Quantità	N°	2
Potenza assorbita ventilatori	kW	1,15
Portata aria	m³/s	10,42
Prevalenza	Pa	0

NX-N /LN-CA /0402P

Versione software: Elca World 1.0.6.0
 Versione report: 1.0.1.0
 Versione DB: 1.0.7.0
 Utente: Gianluca Fiorentini
 Data di stampa: 11/10/2018 10:39



Controlla la validità in corso del certificato:
www.eurovent-certification.com

COOLING	R HFC R-410A	AXIAL
HEATING		SCROLL

LIMITI DI FUNZIONAMENTO

