

IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO

Uffici Pubblici a Serle (BS)

PERIZIA TECNICA
INDIVIDUAZIONE CAUSE DI MALFUNZIONAMENTO



neWatt s.r.l.

NEWATT s.r.l.
Via Padova 11 - 25125 Brescia
C.F. e P.IVA 03594140984 - Tel. e Fax +39 030 2010990
www.newattsrl.it

SOMMARIO

1	Premessa	3
2	Stato attuale dell'impianto.....	4
2.1	Le apparecchiature.....	4
2.2	Il funzionamento	7
3	Analisi	9
3.1	Problematiche lamentate.....	9
4	Conclusioni sulla situazione attuale.....	14
5	Proposte di progetto	15
5.1	Pompa di calore aria-acqua	15
5.2	Pompa di calore geotermica.....	18

1 Premessa

La presente relazione è relativa all'analisi degli impianti meccanici a servizio dei locali della sede del Comune di Serle ubicata in Piazza Boifava 13.

In particolare l'analisi, svolta su incarico del Comune, è rivolta ad individuare le cause di malfunzionamenti e ripetute rotture delle apparecchiature dedicate al riscaldamento ed alla produzione di acqua calda sanitaria per i locali che ospitano gli uffici comunali.

A tale scopo è stata effettuata una specifica indagine in campo con sopralluogo in data 24/02/2015 con il fine ultimo di rilevare le condizioni di esercizio dell'impianto in modo da restituire una valutazione complessiva sul suo funzionamento. Tale fase è necessaria e propedeutica ad intuire la natura del problema ed individuare le possibili soluzioni.



FIGURA 1 - INQUADRAMENTO GENERALE DELLA STRUTTURA

Punto di partenza di tutte le analisi è rappresentato pertanto dal sopralluogo eseguito e dai colloqui effettuati contemporaneamente con i tecnici comunali.

2 Stato attuale dell'impianto

La seguente descrizione ha lo scopo di definire l'insieme delle apparecchiature che compongono il sistema di riscaldamento, ventilazione e condizionamento a servizio dei locali di pertinenza del comune. Lo studio dello stato di fatto viene effettuato e riportato in modo da procedere all'indagine con consapevolezza delle attrezzature di cui l'impianto è dotato e restituire una visione complessiva del sistema.

2.1 Le apparecchiature

Il complesso sede degli uffici comunali è attualmente dotato dei seguenti impianti termici per il benessere climatico dei visitatori e del personale lavorativo:

- *Pompa di calore terra-acqua* marca CLIMA PLAST modello CLIMAGROUND TOP 24 dalla potenzialità termica di 27,3 kWt in riscaldamento e 31,7 kWf in raffrescamento. La macchina ha un funzionamento combinato che vede la produzione di acqua calda ad alta temperatura con potenzialità di 25,34 kWt. L'assorbimento elettrico è di 11,46 kWe;
- *Pompa di calore aria-acqua* marca AERMEC modello NRL02280 HL dalla potenzialità di 58 kWt in riscaldamento e 51 kWf in raffrescamento. L'assorbimento elettrico per questa apparecchiatura è di 21,2 kWe;
- *Unità di trattamento aria* marca TVB modello SC 30 dalla portata di 2.500 mc/h dotata di ventilatore di mandata e di ripresa, recuperatore a flussi incrociati, batteria di riscaldamento, raffrescamento e deumidificazione. L'assorbimento della macchina è di 1,5 kWe;
- *Serbatoio di accumulo* per lo stoccaggio di acqua tecnica a bassa temperatura marca FIORINI modello PFA 750 GV6 dalla capacità di 750 lt e dotato di coibentazione da 100mm di spessore;
- *Serbatoio di accumulo* per lo stoccaggio di acqua tecnica ad alta temperatura marca FIORINI modello PFA 500 GV6 dalla capacità di 500 lt e dotato di specifica coibentazione da 100mm di spessore;
- *Scambiatore a piastre* marca CLIMA PLAST per la produzione di acqua calda sanitaria dalla potenzialità di 35 kWt;
- *VMC con deumidificatori* installati ai piani consentono la ventilazione controllata e la regolazione dell'umidità dei locali interni.

Tali apparecchiature sono responsabili dell'energia termofrigorifera distribuita all'interno dei locali climatizzati.

In ambiente sono presenti diverse tipologie di corpi scaldanti di seguito riportate:

- *Pannelli a soffitto* per la quasi totalità dei locali dal piano interrato al piano primo;
- *Pannelli a pavimento* per la sala consiliare al piano secondo;
- *Radiatori* nei servizi igienici.

La ventilazione dei locali è demandata all'utilizzo di n°4 macchine VMC di piano a cui si aggiunge l'unità di trattamento aria sopra citata per il ricambio aria dedicata alla sola sala consiliare.

La produzione dell'acqua calda sanitaria avviene in maniera istantanea tramite specifico scambiatore con prelievo dall'accumulo da 500 lt ad alta temperatura. L'acqua calda sanitaria viene utilizzata esclusivamente nei servizi igienici.

Qui di seguito vengono riportate alcune immagini relative al sistema impiantistico.



FIGURA 2 - INQUADRAMENTO CENTRALE TERMICA



FIGURA 3 – POMPA DI CALORE TERRA-ACQUA



FIGURA 4 – POMPA DI CALORE ARIA-ACQUA



FIGURA 5 – SERBATOIO DI ACCUMULO ALTA TEMPERATURA



FIGURA 6 – GRUPPO DI POMPAGGIO



FIGURA 7 – VALVOLA DI REGOLAZIONE TRE VIE



FIGURA 8 – PANNELLO A SOFFITTO



FIGURA 9 – BOCCHETTE UTA



FIGURA 10 – GRUPPO DI TRATTAMENTO ACQUA



FIGURA 11 – UNITÀ TRATTAMENTO ARIA

2.2 Il funzionamento

L'impianto a servizio dei locali comunali è di tipo centralizzato, ma composto da diverse apparecchiature che operano con l'obiettivo comune di garantire le condizioni di progetto e di comfort richieste. Il sistema impiantistico prevede l'utilizzo di n°2 pompe di calore di diversa tipologia a cui viene demandata la piena copertura del fabbisogno energetico dell'intero edificio. Non esistono infatti sistemi di back-up o di integrazione.

Dalle indicazioni ricevute in fase di sopralluogo, le scelte progettuali hanno portato all'installazione di una pompa di calore aria-acqua inserita in copertura, accanto alla sala consiliare del piano secondo, che dovrebbe fornire il 30% della potenza necessaria alla climatizzazione degli ambienti interni. Una seconda pompa di calore di tipo terra-acqua dotata di n°6 pozzi della profondità di circa 100 m, posti esattamente al di sotto dell'ampliamento dell'edificio oggetto di indagine, fornisce il restante 30%. Tale apparecchiatura è inserita all'interno di uno specifico locale tecnico posto al piano interrato.

Le n°2 pompe di calore lavorano in parallelo e utilizzano n°1 serbatoio di accumulo da 750 lt per lo stoccaggio di acqua tecnica in modo da massimizzare i rendimenti tramite un utilizzo costante teso ad evitare fasi di continui accensioni e spegnimenti. A tale accumulo è collegato un collettore da cui partono n°4 circuiti tramite i quali il fluido termovettore raggiunge le specifiche utenze. Di seguito sono riportate le principali dotazioni dei circuiti sopra citati:

1. Circuito *pannelli a soffitto*: servito da una pompa marca WILO modello Stratos 65/1-12 a velocità variabile, è dotato di specifica valvola a tre vie marca SAUTER per la regolazione della temperatura di mandata;
2. Circuito *pannelli a pavimento*: vede la presenza di una pompa marca DAB modello A80/180XM per la circolazione del fluido termovettore. Anche in questo caso la temperatura di mandata viene gestita tramite valvola a tre vie marca SAUTER;
3. Circuito *deumidificatori*: il fluido termovettore viene movimentato tramite l'utilizzo di una pompa di circolazione marca WILO modello Top-S 25/5;
4. Circuito *uta-freddo*: l'alimentazione della batteria di raffrescamento viene gestita da una pompa marca WILO modello Top-S 30/10.

Una centralina di regolazione climatica marca SAUTER gestisce le valvole a tre vie dei primi due circuiti. Una seconda centralina di regolazione viene specificatamente utilizzata per la gestione delle valvole a tre vie utilizzate in corrispondenza dei circuiti dedicati alle batterie di riscaldamento, raffrescamento e post-riscaldamento. E' bene inoltre sottolineare come tutta la porzione del sistema impiantistico fino ad ora descritto sia caratterizzato da basse temperature di esercizio con possibilità di essere esercito in caldo e freddo.

La pompa di calore di tipo terra-acqua alimenta anche un secondo serbatoio di accumulo di acqua tecnica dalla capacità di 500 lt. Da tale apparecchiatura sono alimentati i seguenti circuiti:

1. Circuito *radiatori*: i servizi igienici sono muniti di termoarredi e radiatori in cui la circolazione del fluido termovettore è affidata ad una pompa di circolazione marca WILO modello Top-S 25/5;
2. Circuito *acs*: una valvola a tre vie regola la temperatura di mandata del circuito che, tramite specifica pompa di circolazione marca WILO marca Top-S 25/5, alimenta uno scambiatore a piastre a cui viene demandata la produzione istantanea di acqua calda sanitaria;
3. Circuito *uta-caldo*: il trattamento dell'aria relativa alla sala consiliare viene effettuato tramite batteria di riscaldamento e post-riscaldamento alimentate da fluido termovettore movimentato da pompa di circolazione marca WILO modello Top-S 30/10.

La seconda parte del sistema impiantistico appena descritta è quindi concepita nell'ottica di avere un funzionamento ad alte temperature di esercizio in solo riscaldamento.

L'impianto viene riempito tramite gruppo di carico da rete che rifornisce di acqua sia i n°2 serbatoi di accumulo che la pompa di calore terra-acqua trattandola con specifico sistema dotato di addolcitore marca EUROACQUE.

Per quanto riguarda gli ambienti interni climatizzati, i locali del piano interrato, terra e primo sono dotati di corpi scaldanti di tipo a pannello a soffitto e di specifici macchinari per la ventilazione meccanica controllata. Nei bagni sono presenti radiatori e bocchette di ripresa per il sistema di ventilazione meccanica. All'interno della sala consiliare del piano secondo è invece presente un sistema con pannelli a pavimento e unità di trattamento aria. In tutti i locali, come detto precedentemente, i sistemi di riscaldamento invernale sono invertibili per avere raffrescamento estivo.

3 Analisi

Effettuata la breve e doverosa introduzione, necessaria per descrivere genericamente le componenti e spiegare il funzionamento dell'impianto in oggetto, nel presente paragrafo vengono illustrate le problematiche evidenziate dalla committenza durante il sopralluogo effettuato che hanno conseguentemente indirizzato nella ricerca delle possibili soluzioni.

3.1 Problematiche lamentate

Dalla descrizione dello stato di fatto il sistema impiantistico sembra completo e rispondente alle esigenze dell'utenza finale. In realtà sono state denunciate problematiche sia di natura termica che elettrica derivanti da condizioni di discomfort nei locali interni e ripetute rotture delle apparecchiature meccaniche.

Dal punto di vista termico è possibile avvalersi, come strumento di indagine, della relazione tecnica di progetto ex L10/91 redatta per la realizzazione dell'attuale impianto di climatizzazione. Da tale elaborato è possibile estrarre i seguenti dati di potenza relativi alla condizione di calcolo con vicini assenti:

<i>Potenza termica per trasmissione</i>	P_t totale	66.857 W
<i>Potenza termica per ventilazione</i>	P_v totale	23.385 W
<i>Potenza termica totale</i>	P_g totale	90.242 W

TABELLA 1 – POTENZE TERMICHE RICHIESTE DALL'EDIFICIO SECONDO RELAZIONE TECNICA DI L10/91

All'interno del ragionamento che vuole essere presentato in questa relazione viene trascurata la maggiorazione del 5% sulla richiesta di potenza dell'edificio assunta quale margine di sicurezza. Inoltre è bene considerare come l'edificio nel frattempo si sia dotato di specifico sistema di ventilazione meccanica controllata con recuperatori e come si possa pertanto ridurre la quota di potenza termica dispersa per ventilazione.

<i>Potenza termica per trasmissione</i>	P_t totale	66.857 W
<i>Potenza termica per ventilazione</i>	P_v totale*	4.677 W
<i>Potenza termica totale</i>	P_g totale	71.534 W

*Il rendimento dei recuperatori di calore sui dispositivi di ventilazione meccanica è di circa $\eta=0,8$ da cui deriva la notevole riduzione della potenza richiesta per ventilazione dall'edificio in oggetto d'indagine.

TABELLA 2 – POTENZE TERMICHE RIDOTTE PER LA PRESENZA DI VMC CON RECUPERATORE DI CALORE

La potenza termica massima di riscaldamento che è possibile raggiungere con le pompe di calore di cui l'edificio è dotato deriva dalla seguente somma:

<i>Potenza max erogata da PdC terra-acqua</i>	P_t totale	27.300 W
<i>Potenza max erogata da PdC aria.acqua</i>	P_v totale	58.000 W
<i>Potenza max erogata totale</i>	P_g totale	85.300 W

TABELLA 3 – POTENZE TERMICHE PRODOTTE TRAMITE PdC PER IL RISCALDAMENTO

A questo punto è necessario indagare più nello specifico le apparecchiature utilizzate per comprenderne l'effettivo funzionamento.

La pompa di calore di tipo terra-aria per sua natura intrinseca può essere considerata a buon motivo un macchinario con rendimento globale medio stagionale costante. Il decadimento delle prestazioni della macchina è molto contenuto e ritorna a valori massimi durante il termine della stagione. Tale apparecchiatura è inoltre normalmente dotata di un buon COP che lascia pochi dubbi sulla possibile potenza erogata dalla stessa. A questo resta però da aggiungere come il funzionamento della pompa geotermica possa essere limitato dall'utilizzo di soli 4 dei 6 pozzi previsti in fase di progettazione. Sulla base dei colloqui intercorsi con i tecnici comunali infatti durante la fase di realizzazione, a causa di problemi di vario genere, n°2 pozzi non sarebbero collegati all'impianto comportando quindi una riduzione della capacità termica del macchinario di circa il 30%.

Il secondo sistema di generazione, costituito da una pompa di calore di tipo aria-acqua, è per sua natura più influenzato dalle temperature dell'ambiente in cui si trova. E' inoltre doveroso sottolineare come, a differenza del terreno che al di sotto di una certa quota mantiene temperature costanti durante l'arco sia della stagione termica che dell'intero anno, in ambiente le temperature di riferimento sono quelle relative all'aria esterne con oscillazioni di valori che vanno dai -9°C ai 15°C durante la stagione invernale e fino a 35-40°C durante l'arco dell'anno. Il rendimento globale medio stagionale di queste macchine non rimane pertanto costante come in precedenza, ma risente notevolmente delle condizioni esterne al contorno. I seguenti dati illustrano come la potenza erogata dalla macchina e il suo COP varino al variare della T esterna. Tale documentazione è fornita direttamente dalla casa produttrice del prodotto che quindi ne dichiara e certifica le prestazioni.

NRL [H-HL] 0280 ÷ 0750 / 10°C ÷ 42°C / DATI 14511:2011

DATI A CALDO 40°C - 45°C

NRL	Typ	Ph	W	Pe	COP	Qn	Pdc	Ph	W	Pe	COP	Qn	Pdc	Ph	W	Pe	COP	Qn	Pdc	Ph	W	Pe	COP	Qn	Pdc	Ph	W	Pe	COP	Qn	Pdc					
[H-HL]		kPa	W	W/W	W/W	l/h	kPa	kPa	W	W/W	W/W	l/h	kPa	kPa	W	W/W	W/W	l/h	kPa	kPa	kPa	W	W/W	W/W	l/h	kPa	kPa	kPa	W	W/W	W/W	l/h	kPa			
0280	25	35	11.03	3.13	5915	21	35	11.22	3.12	5992	22	41	11.28	3.60	6945	30	63	12.30	5.12	10747	68	12.45	5.45	11563	82	63	12.30	5.12	10747	68	12.45	5.45	11563	82		
0300	25	40	12.62	3.21	6934	19	41	12.83	3.20	7025	19	48	12.89	3.69	8142	26	74	14.02	5.26	12600	62	79	14.18	5.60	13557	72	74	14.02	5.26	12600	62	79	14.18	5.60	13557	72
0330	25	45	14.41	3.40	7648	18	45	14.65	3.39	7748	24	52	14.72	3.57	8981	32	81	16.04	5.08	13897	76	88	16.23	5.40	14952	88	81	16.04	5.08	13897	76	88	16.23	5.40	14952	88
0350	25	49	16.45	3.57	8362	20	49	16.72	3.56	8478	27	57	16.79	3.72	9819	40	89	18.23	4.88	15194	65	96	18.43	5.20	16348	76	89	18.23	4.88	15194	65	96	18.43	5.20	16348	76
0380	25	53	18.93	3.80	9095	19	53	19.23	3.79	9218	20	60	19.30	3.95	10644	27	107	21.72	4.94	18444	64	116	21.95	5.27	19737	74	107	21.72	4.94	18444	64	116	21.95	5.27	19737	74
0400	25	57	21.41	4.03	9829	18	57	21.73	4.02	9952	21	64	21.80	4.18	11494	28	124	24.24	5.07	20794	63	136	24.48	5.40	22132	83	124	24.24	5.07	20794	63	136	24.48	5.40	22132	83
0450	25	67	25.49	4.35	11355	24	67	25.83	4.34	11487	26	78	25.93	4.51	13037	34	148	28.34	5.47	23643	72	160	28.58	5.79	25132	98	148	28.34	5.47	23643	72	160	28.58	5.79	25132	98
0500	25	77	29.49	4.67	12496	26	77	29.84	4.66	12637	28	89	29.94	4.82	14297	38	175	31.84	5.49	26043	85	187	32.08	5.81	27532	108	175	31.84	5.49	26043	85	187	32.08	5.81	27532	108
0550	25	89	32.62	4.91	13596	29	89	33.00	4.90	13737	31	100	33.10	5.06	15597	42	193	36.28	5.49	27794	95	205	36.52	5.81	29283	112	193	36.28	5.49	27794	95	205	36.52	5.81	29283	112
0600	25	98	36.62	5.14	14796	31	98	37.02	5.13	14937	33	111	37.12	5.29	16797	46	218	40.34	5.49	30573	100	230	40.58	5.81	32062	119	218	40.34	5.49	30573	100	230	40.58	5.81	32062	119
0650	25	110	39.82	5.38	15996	33	110	40.24	5.37	16137	35	122	40.34	5.54	18097	50	241	43.58	5.49	31824	104	253	43.82	5.81	33313	122	241	43.58	5.49	31824	104	253	43.82	5.81	33313	122
0700	25	120	43.82	5.61	17196	35	120	44.24	5.60	17337	37	133	44.34	5.76	19297	54	272	47.58	5.49	33075	108	284	47.82	5.81	34564	126	272	47.58	5.49	33075	108	284	47.82	5.81	34564	126
0750	25	130	47.82	5.84	18396	37	130	48.24	5.83	18537	39	145	48.34	6.00	20397	58	303	50.82	5.49	34326	112	315	51.06	5.81	35813	130	303	50.82	5.49	34326	112	315	51.06	5.81	35813	130
0800	25	140	51.82	6.07	19596	39	140	52.24	6.06	19737	41	157	52.34	6.22	21397	60	344	54.82	5.49	35075	116	356	55.06	5.81	36564	134	344	54.82	5.49	35075	116	356	55.06	5.81	36564	134
0850	25	150	55.82	6.30	20796	41	150	56.24	6.29	20937	43	169	56.34	6.45	22397	62	385	57.32	5.49	35813	120	397	57.56	5.81	37302	138	385	57.32	5.49	35813	120	397	57.56	5.81	37302	138
0900	25	160	59.82	6.53	21996	43	160	60.24	6.52	22137	45	179	60.34	6.68	23197	64	426	59.40	5.49	36564	124	438	59.64	5.81	38013	142	426	59.40	5.49	36564	124	438	59.64	5.81	38013	142
0950	25	170	63.82	6.76	23196	45	170	64.24	6.75	23337	47	189	64.34	6.91	24397	66	467	62.48	5.49	37302	128	479	62.72	5.81	38813	150	467	62.48	5.49	37302	128	479	62.72	5.81	38813	150
1000	25	180	67.82	6.99	24396	47	180	68.24	6.98	24537	49	199	68.34	7.14	25597	68	508	65.62	5.49	38013	132	520	65.86	5.81	39426	154	508	65.62	5.49	38013	132	520	65.86	5.81	39426	154
1050	25	190	71.82	7.22	25596	49	190	72.24	7.21	25737	51	209	72.34	7.36	26797	70	549	68.00	5.49	38762	136	561	68.24	5.81	40232	158	549	68.00	5.49	38762	136	561	68.24	5.81	40232	158
1100	25	200	75.82	7.45	26796	51	200	76.24	7.44	26937	53	219	76.34	7.59	27997	72	589	70.38	5.49	39513	140	601	70.62	5.81	41032	162	589	70.38	5.49	39513	140	601	70.62	5.81	41032	162
1150	25	210	79.82	7.68	27996	53	210	80.24	7.67	28137	55	229	80.34	7.82	29197	74	628	72.62	5.49	40232	144	640	72.86	5.81	41832	164	628	72.62	5.49	40232	144	640	72.86	5.81	41832	164
1200	25	220	83.82	7.91	29196	55	220	84.24	7.90	29337	57	239	84.34	8.06	30397	76	667	74.78	5.49	41032	148	681	75.02	5.81	42632	166	667	74.78	5.49	41032	148	681	75.02	5.81	42632	166
1250	25	230	87.82	8.14	30396	57	230	88.24	8.13	30537	59	249	88.34	8.28	31597	78	706	77.02	5.49	41832	152	722	77.26	5.81	43432	168	706	77.02	5.49	41832	152	722	77.26	5.81	43432	168
1300	25	240	91.82	8.37	31596	59	240	92.24	8.36	31737	61	259	92.34	8.51	32797	80	745	79.46	5.49	42632	156	763	79.70	5.81	44232	170	745	79.46	5.49	42632	156	763	79.70	5.81	44232	170
1350	25	250	95.82	8.60	32796	61	250	96.24	8.59	32937	63	269	96.34	8.74	33997	82	784	81.70	5.49	43432	160	802	81.94	5.81	45032	172	784	81.70	5.49	43432	160	802	81.94	5.81	45032	172
1400	25	260	99.82	8.83	33996	63	260	100.24	8.82	34137	65	279	100.34	8.97	35197	84	823	83.90	5.49	44232	164	841	84.14	5.81	45832	174	823	83.90	5.49	44232	164	841	84.14	5.81	45832	174
1450	25	270	103.82	9.06	35196	65	270	104.24	9.05	35337	67	289	104.34	9.20	36397	86	862	85.94	5.49	45032	168	880	86.18	5.81	46632	176	862	85.94	5.49	45032	168	880	86.18	5.81	46632	176
1500	25	280	107.82	9.29	36396	67	280	108.24	9.28	36537	69	299	108.34	9.43	37597	88	901	87.98	5.49	45832	172	919	88.22	5.81	47432	178	901	87.98	5.49	45832	172	919	88.22	5.81	47432	178
1550	25	290	111.82	9.52	37596	69	290	112.24	9.51	37737	71	309	112.34	9.66	38797	90	940	89.92	5.49	46632	176	958	90.16	5.81	48232	180	940	89.92	5.49	46632	176	958	90.16	5.81	48232	180
1600	25	300	115.82	9.75	38796	71	300	116.24	9.74	38937	73	319	116.34	9.89	39997	92	979	91.76	5.49	47432	180	997	92.00	5.81	49032	182	979	91.76	5.49	47432	180	997	92.00	5.81	49032	182
1650	25	310	119.82	9.98	39996	73	310	120.24	9.97	40137	75	329	120.34	10.04	41197	94	1018	93.70	5.49	48232	184	1036	93.94	5.81	50232	184	1018	93.70	5.49	48232	184	1036	93.94	5.81	50232	184
1700	25	320	123.82	10.21	41196	75	320	124.24	10.20	41337	77	339	124.34	10.35	42397	96	1057	95.54	5.49	49032	188	1076	95.78	5.81	51032	186	1057	95.54	5.49	49032	188	1076	95.78	5.81	51032	186
1750	25	330	127.82	10.44	42396	77	330	128.24	10.43	42537	79	349	128.34	10.50	43597	98	1097	97.30	5.49	49832	192	1097	97.54	5.81	51832	188	1097	97.30	5.49	49832	192	1097	97.54	5.81	51832	188
1800	25	340	131.82	10.67	43596	79	340	132.24	10.66	43737	81	359	132.34	10.65	44797	100	1136	99.26	5.49	50632	196	1136	99.50	5.81	52632	190	1136	99.26	5.49	50632	196	1136	99.50	5.81	52632	190
1850	25	350	135.82	10.90	44796	81	350	136.24	10.89	44937	83	369	136.34	10.88	45997	102	1175	101.20	5.49	51432	200	1175	101.44	5.81	53432	192	1175	101.20	5.49	51432	200	1175	101.44	5.81	53432	192
1900	25	360	139.82	11.13	45996	83	360																													

Il valore di T_{wp} di cui si è tenuto in conto è dettato dalla temperatura di funzionamento dell'impianto che alimenta i pannelli a soffitto e a pavimento. Interpolando i valori presentati in scheda tecnica si ottengono i seguenti risultati:

T_{ae}	T_{wp}	Ph	Pe	COP
-10	35	35.00	14.78	2.35
-9	35	35.50	14.79	2.39
-8	35	36.00	14.80	2.42
-7	35	36.50	14.81	2.46
-6	35	37.00	14.82	2.49
-5	35	37.50	14.83	2.53
-4	35	38.00	14.83	2.57
-3	35	38.50	14.84	2.60
-2	35	39.00	14.85	2.64
-1	35	39.50	14.86	2.67
0	35	40.00	14.87	2.71

TABELLA 4 – DATI DI RENDIMENTO DELLA POMPA ARIA-ACQUA AERMEC NLR0280HL

Alla luce delle potenze richieste dall'edificio e dei valori emersi dalla tabella sopra riportata è bene trarre le seguenti conclusioni. Il funzionamento della pompa di calore aria-acqua non resta costante nell'arco della stagione termica e in particolar modo soffre le temperature rigide esterne. Facendo riferimento alla normativa UNI 10349 la temperatura minima di progetto per la località in esame è di -9°C . Dalle schede tecniche e dalle analisi svolte è possibile notare come il rendimento della pompa di calore subisca un calo notevole proprio in corrispondenza dei periodi di maggior richiesta di potenza termica da parte del sistema. La potenza erogabile dalla macchina alla specifica temperatura di -9°C si riduce a soli 35,5 kWt valore di molto inferiore ai 58 kWt che sono dichiarati da progetto.

In seconda battuta è necessario sottolineare come le dimensioni delle tubazioni attualmente in opera non risultino corrette alle necessità dell'impianto. Ipotizzando infatti che il delta di temperatura impostato tra la

temperatura di mandata e di ritorno per le n°2 pompe di calore sia $\Delta T = 5^{\circ}\text{C}$ (normale salto termico per macchine in pompa di calore), i diametri delle tubazioni non risultano sufficienti alla veicolazione della portata che consentirebbe l'erogazione della potenza prodotta dalle pompe di calore. Tale verifica può essere svolta in maniera semplice utilizzando la seguente formula di calcolo:

$$Q [\text{mc/h}] = \frac{\text{Potenza termica [kW]} \cdot 860}{\Delta T \cdot 1000}$$

In questo modo è possibile ricavare i dati di progetto qui riportati:

Macchina installata	Potenza termica [kW]	ΔT [°C]	Portata [mc/h]	Diametro tubazione necessaria	Diametro tubazione installata
PDC ARIA-ACQUA	58,00	5	10	Ø 2"	Ø 1 ¼"
PDC TERRA-ACQUA	27,30	5	5	Ø 2"	Ø 1"

La minor portata di fluido termovettore dovuta a diametri dei tubi sottodimensionati comporta una riduzione della potenza erogata dalle macchine con conseguente funzionamento con un differenziale di temperatura diverso da quello ipotizzato. In questo caso però si verificherebbe una riduzione dei rendimenti delle macchine che non lavorerebbero nelle condizioni ottimali.

In queste condizioni di richiesta di potenza termica e di difficoltà delle n°2 pompe di calore destinate alla sua erogazione, si può intuire come il sistema edificio-impianto possa avere un giustificabile calo di prestazione e non risultare quindi rispondente alle richieste dell'utenza finale.

A questo poi è necessario aggiungere che parte della potenza elettrica assorbita dalla macchina di tipo aria-acqua viene utilizzata per lo sbrinamento della macchina stessa in modo da consentirne il corretto e continuo funzionamento. Questa operazione comporta un'ulteriore diminuzione della potenza termica erogata dal generatore di calore durante la fase in questione.

Analizzata la questione termica, è opportuno aprire una piccola parentesi sul sistema impianto anche dal punto di vista elettrico. Ad oggi la sede comunale è dotata di n°2 contatori elettrici con le seguente ripartizione:

1. Contatore da 30 kWe destinato principalmente all'alimentazione di
 - *Pompa di calore di tipo terra-acqua*
 - *Pompa di calore di tipo aria-acqua*
 - *Unità di trattamento aria*
 - *Gruppi di pompaggio*

2. Contatore da 15 kWe destinato principalmente all'alimentazione di
 - *Ascensore*
 - *Utenze forza motrice ed illuminazione*

La suddivisione sopra riportata è stata fatta nell'ottica di assicurare una decisa separazione tra i fabbisogni relativi alle diverse componenti del sistema impiantistico e quelli legati invece all'uso comune dei locali interni in modo da scongiurare possibili interruzioni del servizio. Questo però, se da un lato comporta un sottoutilizzo della potenza impegnata per il secondo contatore, dall'altro crea delle situazioni di sovraccarico per il primo elemento nei momenti di massima richiesta. Le pompe di calore installate sono dotate di una coppia di compressori che si alternano per garantire alti rendimenti e ridurre il rischio di stress. Tali elementi sono provvisti di resistenza carter, protezione termica elettronica interna con riarmo manuale centralizzato. Nonostante questi dispositivi di sicurezza però si sono registrate diverse rotture di tali attrezzature nel corso di un modesto lasso di tempo.

4 Conclusioni sulla situazione attuale

Seppur nella buona fede delle intenzioni originarie, il sistema edificio-impianto risulta nel suo complesso non rispondente alle esigenze per cui è stato realizzato. Tale condizione ha portato l'amministrazione ad esplicitare la presenza dei fenomeni sopra denunciati.

Nell'intento di contenere la situazione di discomfort all'interno della quale si trovano ad operare ad oggi gli addetti e gli utenti della struttura comunale, gli stessi manutentori dell'edificio si sono trovati nella necessità di prendere i seguenti provvedimenti in attesa di giungere ad una più completa ed esaustiva risoluzione dei problemi evidenziati.

Le rotture dei compressori relative alle pompe di calore hanno portato in un primo tempo alla richiesta di ripristino della situazione originaria tramite sostituzione delle attrezzature danneggiate. Il reiterarsi del fenomeno ha portato però all'impossibilità di continuare ad utilizzare entrambe le pompe di calore. Il generatore di tipo aria-acqua infatti, privo di uno dei 2 compressori, non può essere messo in funzione. L'unico generatore di energia termica disponibile, data la mancanza di un sistema di back-up come già precedentemente accennato, resta la

pompa di calore geotermica. Anche tale dispositivo però risulta non completamente integro dal momento che anche in questo caso uno dei 2 compressori è fuori uso.

Tale condizione determina un sovraccarico nell'impiego della sola pompa di calore funzionante.

5 Proposte di progetto

La fase di analisi compiuta attraverso l'indagine proposta ha portato alla luce con dati oggettivi quanto in precedenza solo ipotizzato. Gli elementi raccolti hanno evidenziato una insufficienza sia in termini di potenza termica dei generatori di calore nelle condizioni climatiche più sfavorevoli sia in termini di potenza elettrica in ingresso dalla rete cittadina.

Al fine di risolvere le problematiche evidenziate dovranno essere valutate le possibilità di intervento di seguito proposte nell'ottica, per quanto possibile, di preservare il lavoro svolto e la configurazione attuale dell'impianto.

5.1 Pompa di calore aria-acqua

Impianto termico

1. Sostituzione del compressore NRL0280HL

La riparazione della pompa di calore aria-acqua permette al sistema impiantistico di tornare a lavorare nelle modalità per cui è stato progettato. Tale condizione è fondamentale per consentire alla sede comunale di procedere alla completa accensione di tutti i dispositivi dedicati alla produzione di calore e alla sua distribuzione.

2. Installazione di dispositivi tipo soft-start

La pompa di calore aria-acqua marca Aermec modello NRL0280HL consente l'installazione di dispositivi per la riduzione della corrente di spunto; garantiscono quindi la riduzione della corrente di spunto necessaria alla macchina in fase di avviamento.

3.a Integrazione del sistema impiantistico con caldaia a gas

Come evidenziato nella presente relazione la potenza termica richiesta dall'edificio supera il valore di potenza installata in particolare nel periodo in cui le condizioni di temperatura esterna portano la pompa di calore aria-acqua a lavorare con rendimenti molto bassi. A tal proposito si propone di integrare il sistema esistente con un surplus di potenza ricavabile tramite installazione di una caldaia a condensazione ad alta efficienza energetica. In questo modo sarebbe anche possibile scegliere di utilizzare i dispositivi che sfruttano energia rinnovabile nelle condizioni di massima resa e senza comportarne un sovraccarico. Tale intervento porta ad una risoluzione del problema invernale, ma non considera in alcun modo l'aspetto estivo non comportando un contemporaneo incremento della potenza frigorifera del sistema impiantistico.

In questa fase preliminare si ipotizza di installare una caldaia a condensazione con potenza inferiore a 116 kW in modulo da esterno in copertura affiancata all'attuale PDC aria-acqua. Si precisa che in fase esecutiva verranno verificati i corretti spazi d'installazione, il tracciato della linea di adduzione combustibile ed evacuazione fumi ed il tracciato delle nuove linee di allacciamento idraulico ed elettrico.

Se gli spazi ed i tracciati degli interfacciamenti non saranno idonei ed accessibili per il corretto funzionamento delle macchine e della loro manutenzione, in fase esecutiva verrà individuata una nuova localizzazione per le suddette macchine e verrà rappresentata una nuova stima economica.

3.b Integrazione del sistema impiantistico con nuova pompa di calore

Nella volontà di implementare anche il comportamento estivo dell'impianto oltre a quello invernale è possibile inserire una pompa di calore al posto della caldaia a condensazione sopra citata. In questo modo si arriverebbe ad incrementare sia la potenza termica che frigorifera così da rispondere in maniera più funzionale ai fabbisogni dell'edificio.

Anche per questa soluzione, in questa fase preliminare, si ipotizza di installare la nuova macchina in copertura affiancata all'attuale PDC aria-acqua. Si precisa che in fase esecutiva verranno verificati i corretti spazi d'installazione ed il tracciato delle nuove linee di allacciamento idraulico ed elettrico.

Se gli spazi ed i tracciati degli interfacciamenti non saranno idonei ed accessibili per il corretto funzionamento delle macchine e della loro manutenzione, in fase esecutiva verrà individuata una nuova localizzazione per le suddette macchine e verrà rappresentata una nuova stima economica.

In alternativa ai punti 1,2 e 3 di questo paragrafo si presenta la seguente soluzione.

4 Sostituzione dell'attuale pompa di calore aria-acqua

Una soluzione alternativa a quelle precedentemente proposte è di sostituire l'attuale pompa di calore alla luce di una sua difficoltà oggettiva di funzionamento nella condizioni di progetto. Viene suggerita l'installazione di una/due macchine caratterizzate da rendimenti più elevati a temperatura più basse e già dotate di sistemi ad inverter a protezione dei motori.

Le stesse problematiche logistiche indicate per le precedenti soluzioni che si potessero verificare in fase esecutiva, verranno affrontate in maniera analoga.

Impianto elettrico

Utilizzo di un nuovo contatore da 60 kWe

La notevole richiesta di potenza elettrica assorbita dalla nuova configurazione impiantistica porta alla necessità di richiedere un nuovo allaccio all'ente fornitore per una potenza di 60 kWe. Da una prima analisi telefonica, il gestore dell'energia elettrica cittadina è disposto a procedere con la progettazione di una nuova cabina in prossimità del Comune in modo da colmare l'attuale carenza di potenza.

5.2 Pompa di calore geotermica

Impianto termico

5.a Sostituzione del compressore CLIMAGROUND TOP 24

La sostituzione di questo componente porta al ripristino della funzionalità della pompa di calore di tipo terra-acqua. Il fatto di far lavorare tale apparecchiatura all'interno del proprio campo ottimale consente di non gravare su un unico compressore per l'erogazione della potenza termica della macchina. La presenza di un secondo compressore funzionante permette il regolare funzionamento alternato dei due dispositivi ed evita che la pompa e tutta la componentistica ad essa correlata non vada incontro a precoce rottura dovuta ad eccessivo stress e notevoli carichi di lavoro.

5.b Utilizzo di liquido antigelo

L'uso di questo additivo fa in modo che l'acqua utilizzata come fluido termovettore dalla pompa di calore non cambi di fase a temperatura troppo basse diventando ghiaccio. In questo caso infatti tale elemento, dosato in modo non corretto, porta ad un malfunzionamento della pompa non consentendole di erogare l'energia termica di progetto.

Qui di seguito viene riportato un elenco con le voci di spesa relative alle lavorazioni sopra descritte.

Sono da intendersi escluse le opere edili, strutture di rinforzo e ripartizione dei carichi, oneri per la sicurezza, oneri per l'occupazione di suolo pubblico, spese amministrative, IVA di legge e quant'altro non espressamente indicato.

Inoltre, come già anticipato nei precedenti capitoli, queste valutazioni economiche dovranno essere avvalorate a seguito di progetti esecutivi. Il loro scopo primario è quello di dare una indicazione macroscopica al lettore per poterlo indirizzare su una soluzione oppure l'altra.

STIME PRELIMINARI DEI POSSIBILI INTERVENTI					
	Lavorazione	Udm	Q.tà	Costo unitario	Totale
01 Sostituzione del compressore NRL0280 HL					
1.A	Fornitura di nuovi componenti quali: n°2 compressori, n°1 evaporatore a piastre, n°2 valvole termostatiche, n°1 pressostato, n°1 trasduttore alta pressione, n°1 trasduttore bassa pressione, n°1 valvola inversione ciclo, n°2 filtri deidratatore gas.	a corpo	1,0	€ 4.556,00	€ 4.556
1.B	Lavaggio circuito	a corpo	1,0	€ 396	€ 396
1.C	Noleggio cesta autocarrata per sollevamento del personale e del materiale	a corpo	1,0	€ 400	€ 400
1.D	Manodopera per lo smontaggio e sostituzione dei componenti guasti compreso i materiali di consumo	a corpo	1,0	€ 2.650	€ 2.650
1.E	Azoto in bombole	a corpo	1,0	€ 198	€ 198
					€ 8.200

02 Installazione di dispositivi inverter PDC aria-acqua					
2.A	Fornitura di nuovo soft-start per la riduzione della corrente di spunto della macchina esistente	a corpo	1,0	€ 1.400,00	€ 1.400
2.B	Posa in opera di inverter secondo le prescrizioni impartite dalla Direzione dei Lavori e collegamento elettrico in esecuzione IP 55 comprensivo di quota parte di impianto con tubo in PVC pesante autoestinguente a vista, guaina flessibile, raccordi, giunti, pressacavi, cavi a semplice e doppio isolamento del tipo non propagante la fiamma a norma CEI 20-22. di tipologia e sezione adeguata al luogo d'installazione e quant'altro necessario per dare l'opera finita a regola d'arte.	a corpo	1,0	€ 594	€ 600
					€ 2.000

03a Integrazione del sistema impiantistico con caldaia a gas					
3.A	Nolo di mezzi per il sollevamento della nuova caldaia a quota dell'attuale pompa di calore aria-acqua	ore	22,0	€ 54,00	€ 1.188
3.B	Fornitura e posa in opera di caldaia a gas metano a condensazione da esterno completa di collettore verticale, organi INAIL, sistema di pompaggio primario e tubazioni primarie	cad	1,0	€ 9.356	€ 9.356
3.C	Fornitura e posa in opera di scarico fumi Ø150 mm per una altezza massima di 3 m	m	3,0	€ 182	€ 545
3.D	Nuova linea di adduzione gas metano completa di staffaggi, valvole di intercettazione, giunti e verniciatura di color giallo ocra	a corpo	1,0	€ 1.283	€ 1.282
3.E	Ponteggio per installazione linea gas metano in facciata	mq	30,0	€ 34	€ 1.012
3.F	Allacciamento idraulico del nuovo generatore al bollitore presente in centrale termica. Nel prezzo sono comprese la stesura di nuove tubazioni nere preverniciate, le valvole, la coibentazione e gli accessori necessari per dare il lavoro finito a regola d'arte	a corpo	1,0	€ 5.560	€ 5.559
3.G	Fornitura e posa in opera di pompa di circolazione a velocità variabile	cad	1,0	€ 1.969	€ 1.969
3.H	Allacciamento elettrico della nuova centrale termica esterna	a corpo	1,0	€ 1.755	€ 1.755
3.I	Progettazione impianto meccanico ed elettrico	a corpo	1,0	€ 1.500	€ 1.500
3.L	Pratiche autorizzative (INAIL e VVF)	a corpo	1,0	€ 1.500	€ 1.500
					€ 25.666

03b Integrazione del sistema impiantistico con nuova pompa di calore					
3.A	Nolo di mezzi per il sollevamento della nuova pompa di calore	ore	22,0	€ 54,00	€ 1.188
3.B	Fornitura e posa in opera di nuova pompa di calore completa di inverter da 41,5 kW frigoriferi e 42,5 kW termici	cad	1,0	€ 13.551	€ 13.551
3.C	Allacciamento idraulico del nuovo generatore al bollitore presente in centrale termica. Nel prezzo sono comprese la stesura di nuove tubazioni nere preverniciate, le valvole, la coibentazione e gli accessori necessari per dare il lavoro finito a regola d'arte	a corpo	1,0	€ 5.560	€ 5.559
3.D	Fornitura e posa in opera di pompa di circolazione a velocità variabile	cad	1,0	€ 1.969	€ 1.969
3.E	Allacciamento elettrico della nuova pompa di calore	a corpo	1,0	€ 5.400	€ 5.400
3.F	Progettazione impianti meccanici ed elettrici	a corpo	1,0	€ 1.500	€ 1.500
					€ 29.167

STIME PRELIMINARI DEI POSSIBILI INTERVENTI					
	Lavorazione	Udm	Q.tà	Costo unitario	Totale
04 Sostituzione dell'attuale pompa di calore aria-acqua					
4.A	Nolo di mezzi di sollevamento per la rimozione dell'attuale pompa di calore e il posizionamento delle nuove macchine	ore	22,0	€ 54,00	€ 1.188
4.B	Fornitura e posa in opera di nuova pompa di calore completa di inverter da 41,5 kW frigoriferi e 42,5 kW termici	cad	2,0	€ 13.551	€ 27.102
4.C	Allacciamento idraulico del nuovo generatore al bollitore presente in centrale termica. Nel prezzo sono comprese la stesura di nuove tubazioni nere prevemiciate, le valvole, la coibentazione e gli accessori necessari per dare il lavoro finito a regola d'arte	a corpo	1,0	€ 5.560	€ 5.559
4.D	Fornitura e posa in opera di pompa di circolazione a velocità variabile	cad	1,0	€ 3.133	€ 3.132
4.E	Allacciamento elettrico delle nuove pompe di calore	a corpo	1,0	€ 6.200	€ 6.200
4.F	Progettazione impianti meccanici ed elettrici	a corpo	1,0	€ 1.500	€ 1.500
					€ 44.681
05 Sostituzione del compressore CLIMAGROUND TOP 24 e utilizzo di liquido antigelo					
5.A	Fornitura e posa di compressore tandem unità climaground top 24 completo di materiale vario	a corpo	1,0	€ 2.620,00	€ 2.620
5.B	Fornitura e posa di liquido antigelo con la corretta concentrazione per aumentare le prestazioni energetiche della macchina	a corpo	1,0	€ 1.000,00	€ 1.000
					€ 3.620

N.B. Il costo derivato dal potenziamento del contatore elettrico sarà a cura del gestore del servizio cittadino.

Per la riparazione delle apparecchiature attualmente installate e l'installazione del dispositivo inverter sulla pdc aria-acqua il preventivo di spesa sarebbe derivante dalla somma di:

Intervento 01	8.200 €
Intervento 02	2.000 €
Intervento 05	3.620 €
TOTALE	13.820 €

Si precisa che tale intervento porterebbe il sistema impiantistico a funzionare nelle condizioni iniziali di progetto. Non verrebbe pertanto colmato il deficit energetico dell'impianto per la climatizzazione estiva ed invernale dell'edificio.

Nel caso di integrazione del sistema impiantistico come indicato nei precedenti paragrafi si potrebbero presentare le seguenti casistiche:

Tipologie di intervento	Caso 1 Integrazione con caldaia gas	Caso 2 Integrazione nuova pdc	Caso 3 Sostituzione pdc esistente
Intervento 01	8.200 €	8.200 €	
Intervento 02	2.000 €	2.000 €	
Intervento 03	25.666 €	29.167 €	
Intervento 04			44.681 €
Intervento 05	3.620 €	3.620 €	3.620 €
TOTALE	39.126 €	42.987 €	48.301 €