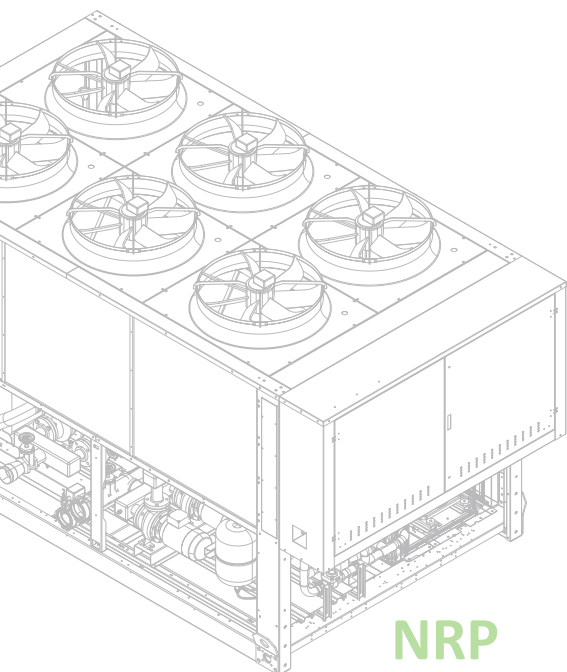


## TECHNICAL FOCUS

# RISPARMIARE ENERGIA NELLA CLIMATIZZAZIONE A CICLO ANNUALE SFRUTTANDO I CARICHI CONTEMPORANEI DI SEGNO OPPOSTO

### SOLUZIONI PER IL BENESSERE

**Risparmio energetico e recupero di energia termo-frigorifera: applicazione impiantistica delle unità polivalenti NRP per impianti idronici a 4 tubi.**



**NRP**

Per garantire le migliori condizioni di comfort al variare delle condizioni climatiche, delle caratteristiche degli edifici e delle diverse applicazioni ed utilizzi, il concetto di climatizzazione a ciclo annuale è sempre più di attualità. La soluzione impiantistica con sistema a 4 tubi rappresenta senza dubbio una delle migliori possibilità, in grado di soddisfare tutto l'anno la richiesta al variare della domanda e di trattare anche carichi termici di segno opposto, che possono richiedere di essere soddisfatti in maniera contemporanea ed indipendente.

Questo fenomeno sta diventando negli anni sempre più marcato a causa della crescente variabilità di utilizzo delle diverse aree di uno stesso edificio ed alla riduzione delle dispersioni grazie ai sempre maggiori isolamenti utilizzati. L'utilizzo di unità centralizzate di tipo polivalente per la produzione contemporanea ed indipendente di energia termica e frigorifera, basate sulla tecnologia della pompa di calore, sono certamente un'ottima opportunità per rispondere a questa esigenza. Per questa evoluzione impiantistica, Aermec presenta, con questo documento, i vantaggi in termini di risparmi energetici ed economici derivanti dall'impiego di unità polivalenti per impianti idronici a 4 tubi. Il caso analizzato dimostra che, nell'edificio uso uffici preso in esame, il risparmio energetico può arrivare al 35%.

Di conseguenza il recupero di energia così ottenuto, ha come effetto immediato quello di ridurre in maniera marcata le emissioni inquinanti associate alla climatizzazione dell'immobile, oltre a ridurre i costi di funzionamento per l'utilizzatore ed offrire a proprietari e costruttori un costo di ciclo vita dell'impianto estremamente conveniente rispetto alle soluzioni tradizionali.

## SOMMARIO

<b>Capitolo 1</b>	
Introduzione .....	3
<b>Capitolo 2</b>	
Applicazioni e requisiti impiantistici .....	4
<b>Capitolo 3</b>	
Risparmio energetico ed economico .....	8
<b>Capitolo 4</b>	
Analisi lcc delle due soluzioni a confronto .....	13
<b>Capitolo 5</b>	
Conclusioni .....	15



La collana “Technical Focus” ha lo scopo di offrire una esemplificazione a puro titolo indicativo dei possibili vantaggi derivanti dall’impiego delle soluzioni innovative Aermec.

Essendo i dati e i risultati presentati nella pubblicazione riferiti a edifici e situazioni specifiche, essi possono variare anche sostanzialmente a seconda delle applicazioni e della destinazione d’uso. Per questa ragione i calcoli e le considerazioni effettuate in questo documento non possono in nessun modo sostituirsi all’attività di progettazione del professionista termotecnico.

Aermec si riserva la facoltà di apportare in qualsiasi momento le modifiche ritenute necessarie per il miglioramento del prodotto con l’eventuale modifica dei dati pubblicati.

© 2013 Aermec, All right reserved.

**PERCHÈ LE POLIVALENTI HANNO SUCCESSO NEL MERCATO DELLA CLIMATIZZAZIONE?**

I perchè dell'affermarsi sul mercato di queste macchine sono i seguenti:

- Maggiore attenzione alle tematiche dell'efficienza energetica e del risparmio nella progettazione del sistema edificio-impianto  
→ **valorizzazione del recupero di energia termica o frigorifera.**
- Evoluzione tecnologica del circuito frigorifero in generale a livello di componenti, di progettazione e di regolazione  
→ **allargamento dei campi operativi delle macchine (temperature esterne e temperature acqua prodotta).**
- Maggiore conoscenza delle criticità che possono interessare il funzionamento delle macchine polivalenti, adozione di adeguati accorgimenti costruttivi e di regolazione da parte delle aziende produttrici, maggiore attenzione ai requisiti impiantistici da raccomandare ai progettisti d'impianto  
→ **raggiungimento di livelli di affidabilità elevati.**
- Maggiore offerta sul mercato di questo tipo di prodotto  
→ **maggiore competitività dei produttori in termini di prestazioni e posizionamento di prezzo.**

**Capitolo 1  
INTRODUZIONE**

Presenti sul mercato della climatizzazione da più di 20 anni, le macchine polivalenti hanno avuto una diffusione crescente soprattutto negli ultimi anni, destando interesse crescente tra progettisti termotecnici e installatori.

Definiamo macchina polivalente un gruppo frigorifero in pompa di calore con recupero totale che, dotato di una architettura particolare del circuito frigorifero e di logiche di gestione specifiche e dedicate, è in grado di soddisfare **contemporaneamente e in maniera autonoma** a funzioni impiantistiche differenti.

Le macchine polivalenti si differenziano in funzione della tipologia di impianto per le quali vengono destinate. In particolare le logiche di gestione possono essere:

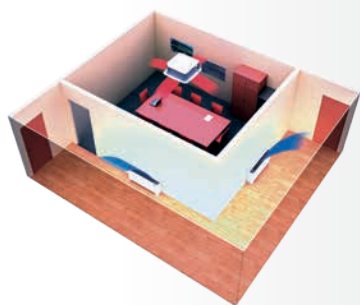
- Polivalenti per impianti a 4 tubi, in grado di erogare contemporaneamente energia termica e frigorifera sui due circuiti dell'impianto e con qualunque grado di parzializzazione da essi richiesto;
- Polivalenti per impianti a 2 tubi, in grado di erogare potenza termica o frigorifera a un impianto a due tubi, e contemporaneamente, quando richiesto, energia termica ad un circuito idronico intermedio asservito alla preparazione di acqua calda sanitaria (del tipo con scambiatore intermedio e boiler a valle, o con accumulo di acqua tecnica e scambiatore istantaneo a valle).



**Tra le molteplici ragioni dell'affermarsi degli impianti a 4 tubi, prevalgono le seguenti:**

- Sviluppo edilizio nel terziario orientato a soluzioni architettoniche con ampie superfici vetrate e pareti leggere, caratterizzate da bassa inerzia termica;
- Sempre maggiore richiesta di flessibilità nell'impiego dei locali che genera una componente aleatoria nella definizione dei carichi;
- Flessibilità di prestazione, con la possibilità di estendere il numero di terminali e quindi la potenzialità dell'impianto;
- Elevato benessere e comfort ambientale;
- Bassi consumi energetici con la possibilità di impiego di generatori ad elevata prestazione a recupero termico o macchine polivalenti.

**Locali con carichi termici di segno opposto serviti da impianti a ventilconvettori a 4 tubi.**



## Capitolo 2 APPLICAZIONI E REQUISITI IMPIANTISTICI

Nei moderni sistemi ed impianti per edifici ad uso terziario la tipologia più diffusa di impianto è costituita dal sistema ad aria primaria e ventilconvettori.

Queste configurazioni consentono un controllo individuale della temperatura ambiente in ogni singolo locale, indipendentemente dagli altri, e presentano notevole flessibilità d'uso ed elasticità di funzionamento. In quest'ambito, le soluzioni idroniche possibili si suddividono in 2 tubi e 4 tubi.

Negli impianti a 2 tubi, i ventilconvettori, sempre dotati di un'unica batteria, vengono alimentati con acqua refrigerata nel periodo estivo ed acqua calda nel periodo invernale. Con questo sistema non c'è la possibilità di compensare carichi di segno opposto che possono verificarsi in ambienti diversi e nello stesso arco temporale.

Gli impianti a 4 tubi sono normalmente dotati di ventilconvettore a doppia batteria per rispondere alla richiesta di riscaldamento e raffrescamento nel singolo ambiente durante tutta l'anno, mantenendo attivi contemporaneamente i due circuiti di acqua refrigerata e di acqua calda. Recentemente Aermec ha sviluppato una soluzione alternativa più conveniente (riferimento al Technical Focus n°1), basata sull'utilizzo di un'unica batteria per entrambi i circuiti. In entrambi i casi, a monte del sistema a 4 tubi dovranno essere presenti necessariamente due generatori (un refrigeratore e un generatore di energia termica, caldaia o pompa di calore), o in alternativa un unico generatore in grado di soddisfare contemporaneamente la richiesta di entrambi i circuiti (pompa di calore di tipo polivalente).

**NRP 1250 A4**



**Unità polivalenti NRP**  
Unità ideate per impianti a 4 tubi, in grado di erogare contemporaneamente energia termica e frigorifera, rispondendo con qualunque grado di parzializzazione alla richiesta delle utenze.

**Esempi di applicazioni:**

- Centri commerciali
- Edifici poli-funzionali
- Hotel
- Centri direzionali

**Soluzione monoblocco con unità polivalenti**

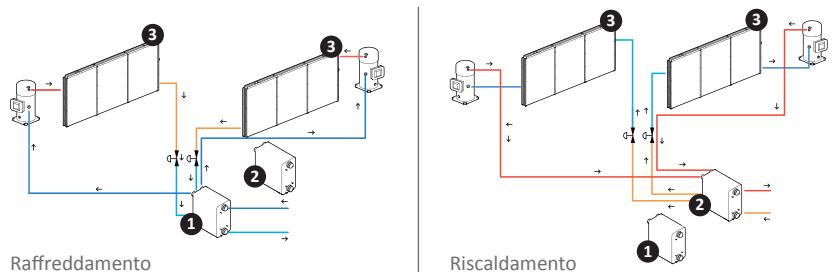
Questo tipo di impianto, oltre che prestarsi ad applicazioni per edifici ad uso uffici, trova collocazione anche nelle soluzioni ad uso commerciale, in particolar modo centri commerciali dove anche nella stagione fredda sono presenti carichi termici di segno opposto.

L'architettura del circuito frigorifero delle macchine polivalenti per impianti a 4 tubi e la logica di regolazione dedicata sono concepiti proprio per soddisfare il carico termico ed il carico frigorifero contemporaneamente e qualunque sia il fattore di carico sul caldo e sul freddo; esse trasferiscono calore dal circuito freddo al circuito caldo quando e nella misura in cui è possibile, e provvedono ad integrare la potenza termica o la potenza frigorifera eventualmente necessaria in base al fabbisogno.

Si tratta di macchine dotate di un condensatore refrigerante-acqua e di un evaporatore refrigerante-acqua che rimangono tali durante il funzionamento in ogni periodo dell'anno e in ogni condizione di carico, e di una batteria di scambio termico tra il refrigerante e il mezzo esterno (per le macchine aria-acqua si tratta di batterie alettate) che può funzionare da condensatore o da evaporatore a seconda della condizione di carico sui due circuiti.

Le macchine polivalenti sono in genere dotate di più circuiti frigoriferi, ciascuno dei quali può lavorare indipendentemente dall'altro. A seguire si riportano gli schemi funzionali di unità polivalenti a 4 tubi.

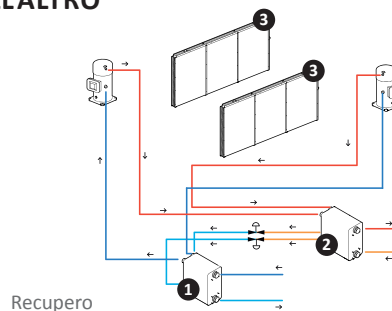
**RAFFRESCAMENTO E RISCALDAMENTO CON SMALTIMENTO DI CALORE VERSO L'ESTERNO**



**LEGENDA**

1. Scambiatore lato impianto acqua refrigerata
2. Scambiatore lato impianto acqua calda
3. Scambiatore lato sorgente

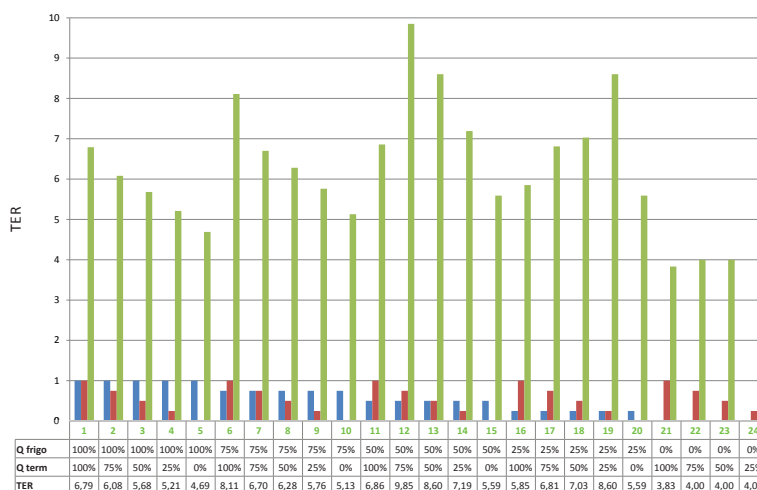
**RECUPERO TERMICO CON TRASFERIMENTO DI CALORE DA UN CIRCUITO ALL'ALTRO**



**TER**  
TOTAL  
EFFICIENCY  
RATIO

**TER: Total Efficiency Ratio** è il rapporto tra l'effetto utile (somma di potenza termica e frigorifera erogata) e la potenza assorbita. Il TER è più elevato in presenza di carichi bilanciati.

## ANDAMENTO DELL'INDICE TER DI POLIVALENTE NRP ALLE VARIE CONDIZIONI DI CARICO



### Note:

Andamento del TER per polivalente NRP per impianti a 4 tubi in presenza di varie condizioni di carico (acqua prodotta 7°C e 45°C temperatura aria esterna 15°C).

## Regolazione delle unità polivalenti

La regolazione che gestisce le macchine soddisfa i carichi nelle proporzioni richieste facendo lavorare opportunamente differenziati nel tempo i circuiti frigoriferi.

In funzione della temperatura di set point dell'impianto idronico caldo e dell'impianto idronico refrigerato, e della temperatura rilevata dalle sonde sull'acqua circolante in tali impianti, la logica di gestione stabilisce infatti quale dei due ha il maggiore fattore di carico, e in base ad esso determina il numero di compressori attivi o il grado di parzializzazione di eventuali compressori modulanti; in funzione del carico sull'altro impianto idronico viene gestito lo stato di funzionamento dei circuiti frigoriferi e la tempistica tra le commutazioni di stato degli stessi.

Con lo scopo di limitare la frequenza con cui avvengono tali commutazioni, gli impianti idronici collegati ai due scambiatori a piastre (lato utenza caldo/freddo) devono essere dotati di un adeguato contenuto d'acqua; si ottiene in tal modo il risultato di salvaguardare la macchina contenendo inoltre le pendolazioni nella temperatura dell'acqua calda e refrigerata.

L'impiego delle unità polivalenti richiedono alcune accortezze che aumentano il confort.

A differenza del caso di semplici refrigeratori, è opportuno prevedere su entrambi i circuiti idronici una maggiore massa d'acqua con funzione inerziale, e il frazionamento della potenza su un numero maggiore di compressori scroll, o il ricorso a compressori modulanti non aiuta a ridurre il volume di acqua richiesto.

## INTERFACCIA UTENTE pGD<sup>1</sup> per macchine polivalenti serie NRP.





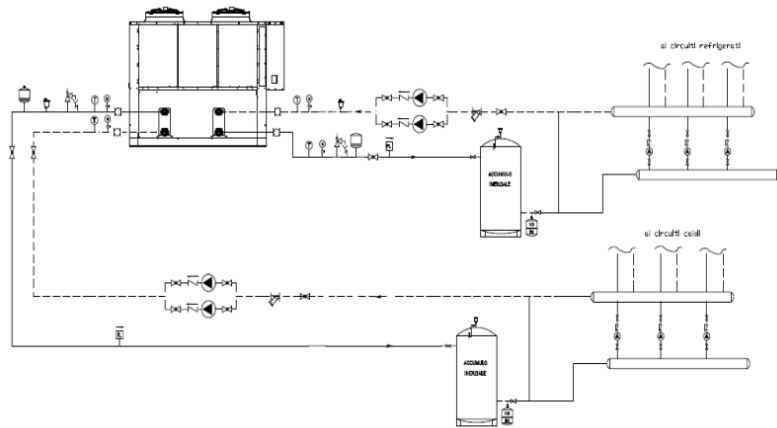
## Dimensionamento di massima degli accumuli

Indicativamente il quantitativo d'acqua minimo richiesto nel circuito caldo e nel circuito refrigerato si colloca in un range di 7÷10 l/kW riferito alla potenza frigorifera nominale.

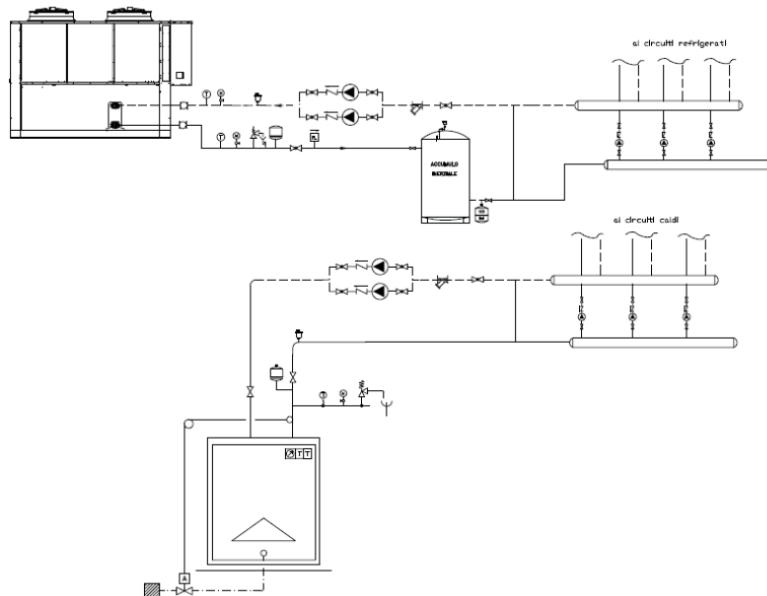
Questo valore dev'essere verificato in base alle precise specifiche tecniche del costruttore. Quantitativi d'acqua maggiori, se presenti, possono contribuire a ridurre ulteriormente le pendolazioni di temperatura dei circuiti.

E' però fondamentale che nel computo della quantità d'acqua, che costituisce il volano termico, si consideri solo quella circolante sulla macchina, ovvero l'acqua contenuta sul circuito primario e su eventuali derivazioni del secondario che vanno ad integrare questo contenuto.

**SCHEMA DI PRINCIPIO**  
Centrale termofrigorifera con  
macchina polivalente a 4 tubi.



**SCHEMA DI PRINCIPIO**  
Centrale termofrigorifera con  
caldaia a condensazione e  
refrigeratore.



**Università di Orenburg  
Orenburg [Federazione Russa]**



**Building Canary Wharf  
Londra [Gran Bretagna]**



**Capitolo 3  
RISPARMIO ENERGETICO ED ECONOMICO**

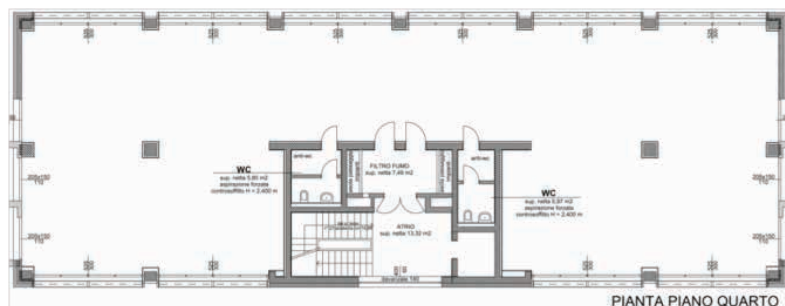
La scelta di impiegare una macchina polivalente come generatore di energia termica e frigorifera al servizio di un impianto a 4 tubi rappresenta un importante investimento in efficienza energetica, con l'effetto di ridurre i costi di gestione dell'impianto, le emissioni di CO<sub>2</sub>, e il fabbisogno di energia primaria.

Valutiamo ora la convenienza di tale investimento da tutti questi punti di vista, considerando su un caso applicativo la scelta dei generatori di energia termica e frigorifera per impianto a 4 tubi al servizio di una palazzina vetrata ad uso uffici.

L'analisi seguente mette a confronto la soluzione più tradizionale che prevede una centrale termica con caldaia a condensazione e un refrigeratore e la soluzione con macchina polivalente per impianti a 4 tubi.

L'analisi energetica è stata condotta assegnata la giacitura dell'edificio e considerandolo sito in tre località indicative del clima delle tre principali aree della penisola italiana:

- Milano, Zona E, GG 2404
- Roma, Zona D, GG 1415
- Palermo, Zona B, GG 751



Le caratteristiche dell'edificio sono le seguenti:

- Superficie edificio in pianta (16x36) m<sup>2</sup>;
- Altezza piano 3 m;
- n° 4 piani;
- Volume lordo climatizzato 7000 m<sup>3</sup>;
- Superficie calpestabile 2300 m<sup>2</sup>.



**Technical Focus Vol. 1**  
**"Il nuovo modo efficiente di fare impianti a 4 tubi"**



L'impianto al servizio dell'intero edificio è del tipo ad aria primaria e ventilconvettori a 4 tubi, e in funzione dei carichi di picco negli uffici vengono selezionate le taglie dei ventilconvettori a doppia batteria (batteria principale a 3 ranghi, collegata al circuito refrigerato con temperatura acqua di progetto 7°C / 12°C, e batteria supplementare ad 1 rango, collegata al circuito caldo con temperatura acqua di progetto 45°C / 40°C); le stesse temperature alimentano le batterie di riscaldamento, raffrescamento e post riscaldamento della centrale di trattamento aria primaria opportunamente dimensionata, per cui coincidono con le temperature di set dei generatori.

Ricordiamo inoltre che accanto a questa soluzione, più tradizionale e pertanto più diffusa, è ora possibile impiegare i ventilconvettori equipaggiandoli con unica batteria (a 3 ranghi o a 4 ranghi) e con una unica valvola a doppia uscita, che mette in comunicazione la suddetta batteria alternativamente ai due circuiti caldo e freddo (Technical Focus Vol. 1: "Il nuovo modo efficiente di fare impianti a 4 tubi"); la maggiore superficie di scambio disponibile a caldo permette in questo caso, a parità di taglia di ventilconvettore, di alimentare i terminali in riscaldamento con temperatura acqua più bassa, e di conseguire vantaggi in termini di risparmio energetico ed economico, sia con generatori tradizionali (caldaia a condensazione) che, in modo più accentuato, con pompe di calore e macchine polivalenti. L'impiego di acqua calda a temperatura più bassa e di acqua refrigerata a temperatura più alta per alimentare anche la centrale di trattamento aria primaria renderà necessario realizzare, su di essa, batterie con maggiore numero di ranghi. Questa modifica influisce in maniera trascurabile sui costi complessivi e non comporta sostanziali modifiche tecniche nell'impianto.

Proseguendo con la trattazione tecnica, si sono definite le taglie dei generatori oggetto delle simulazioni dimensionandole in funzione dei carichi di picco dell'edificio, collocato nelle tre località prese in esame:

**GENERATORI ENERGIA TERMO-FRIGORIFERA**

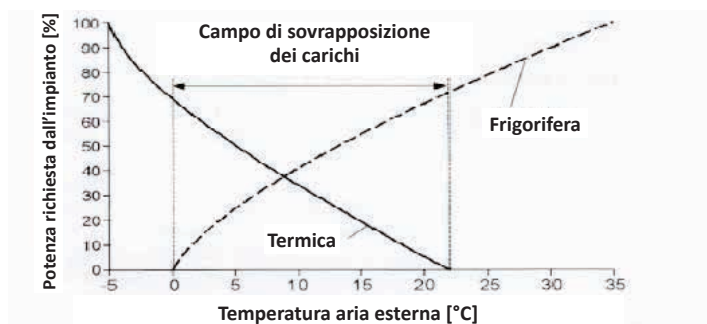
Città	P frigo (kW)	P termica (kW)	Soluzione tradizionale	Soluzione alta efficienza
Milano	185,7	125,9	NRL 0750 A + caldaia	NRP 0750 A4
Roma	209,4	92,6	NRL 0800 a + caldaia	NRP 0800 A4
Palermo	236	66,8	NRL 0900 A + caldaia	NRP 0900 A4

Le ulteriori ipotesi di calcolo ed i riferimenti alla base delle simulazioni svolte sono sotto riportate:

- 14 ore di accensione, 5 giorni / settimana
- Costo unitario gas naturale: 0,82 Euro/Nmc
- Costo unitario kWh elettrico: 0,185 Euro/kWh
- 1,927 kg CO<sub>2</sub> emessi per la combustione di 1 Nmc gas naturale (fonte delibera AEEG 10/4/2009, allegato 1)
- 0,4332 kg CO<sub>2</sub> emessi per 1 kWh elettrico consumato (fonte delibera AEEG 10/4/2009, allegato 1)

Si sottolinea che nel calcolo dei carichi termici di picco e alle varie condizioni intermedie è stata computata anche la potenza della centrale di trattamento aria primaria, e le batterie utilizzate per quest'ultima sono state dimensionate con lo stesso set di temperatura utilizzate anche per i ventilconvettori.

Il costo energia, l'emissione di CO<sub>2</sub> e il fabbisogno di energia primaria, delle tre soluzioni a confronto, è stato stimato valutando il carico termico e frigorifero variabile, rispetto ai valori di picco, in maniera dipendente dalla temperatura, come riportato nel grafico a seguire.



Note:

Il grafico è tratto da "climatizzazione con sistemi radianti" - Autore "M. Vio"

A seguire vengono riportati gli esiti delle simulazioni svolte, dove il confronto è stato condotto in due condizioni di lavoro:

- con ventilconvettori tradizionali a doppia batteria, alimentati con acqua 7°C / 12 °C e 45°C / 40°C
- con ventilconvettori a singola batteria maggiorata a 4 ranghi e temperatura acqua 9°C / 14°C e 35°C / 30 °C

## Sintesi dei risultati

A seguire si sono riassunti graficamente i principali risultati delle simulazioni svolte. La soluzione polivalente, in termini economici, comporta una riduzione dei costi legati al consumo di energia annuo medio fino al 35%, rispetto alla soluzione tradizionale chiller/caldaia. Tali risparmi sono più consistenti in corrispondenza di condizioni climatiche che favoriscono la contemporanea presenza di carichi termici di segno opposto (indice TER).

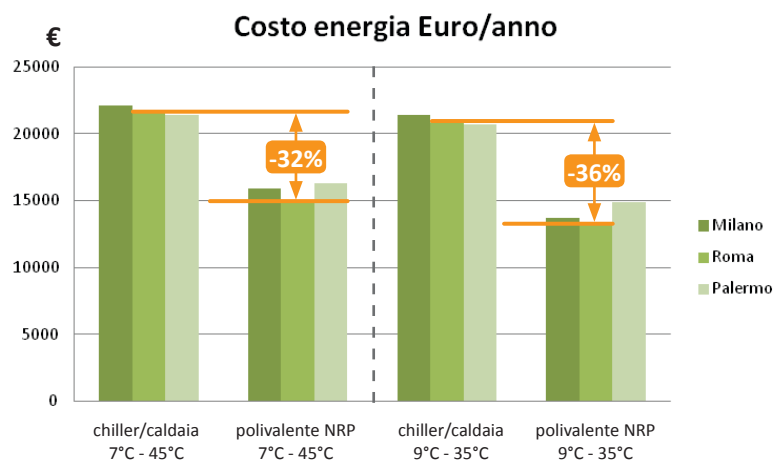
Si sottolinea che i risparmi più consistenti si raggiungono a Roma, fascia climatica D, mentre i più contenuti si collocano a Palermo, fascia climatica B), anche se tali risparmi sono dello stesso ordine di grandezza in tutte e tre le località prese in esame.

Se si vanno ad analizzare i costi legati all'utilizzo dei generatori con set point modificati, quindi incrementando il set freddo da 7 a 9°C e riducendo il set caldo da 45 a 35°C come evidenziato nel grafico riportato di seguito, si ottiene un'ulteriore aumento di efficienza e quindi una diminuzione del costo energia.

L'efficienza energetica che deriva dalla scelta di impiegare una macchina polivalente è evidenziata anche dalla notevole riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> di cui sono riportate le stime.

**Con NRP mediamente il costo energetico annuo si riduce fino al 35% rispetto alla soluzione tradizionale.**

**COSTO ENERGIA EURO/ANNO**  
Per i servizi di climatizzazione ambienti.



### Note:

Nell'esempio considerato si sono prese in esame polivalenti NRP per impianti a 4 tubi ad alta efficienza e refrigeratori serie NRL ad alta efficienza con caldaie a condensazione.

Le condizioni di lavoro su cui sono state confrontate le rese sono:

- acqua refrigerata 7°C / acqua riscaldata 45°C, ventilconvettori con doppia valvola e doppia batteria (confronto parte sinistra del grafico).
- acqua refrigerata 9°C / acqua riscaldata 35°C, ventilconvettori con batteria singola a 4 ranghi e valvola VCF\_X4 (confronto parte destra del grafico).

**EMISSIONI Kg CO<sub>2</sub>/ANNO**  
Grafico relativo alle varie soluzioni esaminate.



**MINORI EMISSIONI INQUINANTI SIGNIFICA SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE.**

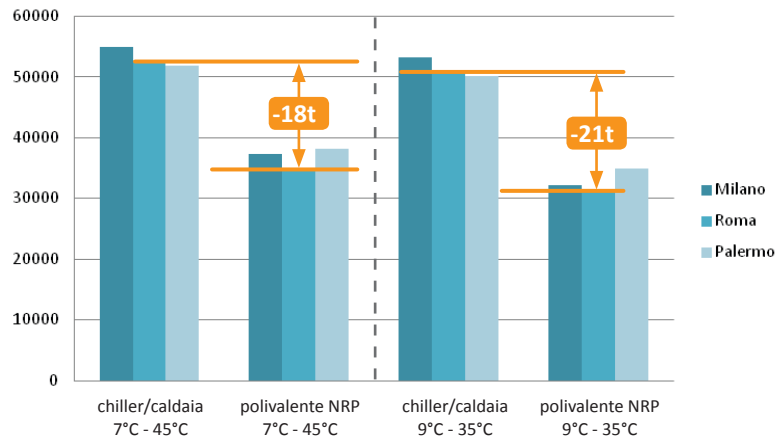
**RISULTATI:**

La riduzione percentuale dell'energia primaria può essere considerata ai fini di definire un ipotetico miglioramento della classe energetica dell'edificio.

**FUNZIONAMENTO CON POLIVALENTE:**  
L'effetto utile che si ottiene nel passaggio da:  
**7°C a 9°C (lato impianto freddo)**  
**45°C a 35°C (lato impianto caldo)**  
consente di ridurre fino al **10%** il fabbisogno di energia primaria annuo.

**Con NRP le emissioni di CO<sub>2</sub> si riducono fino al 40% rispetto a soluzioni tradizionali.**

**Emissioni Kg CO<sub>2</sub>/anno**

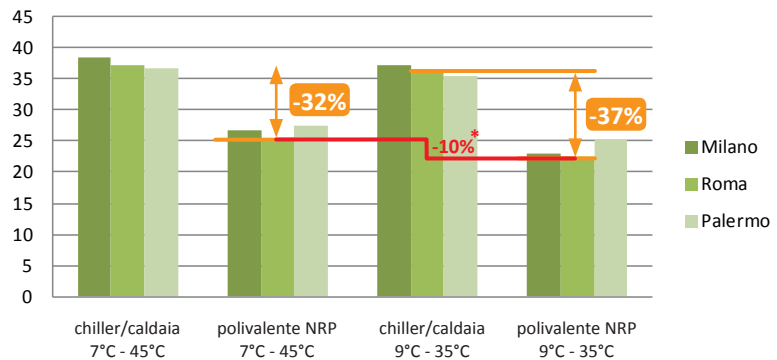


Note:

I calcoli sono stati ottenuti considerando:  
1,927 kg CO<sub>2</sub> emessi per la combustione di 1 Nm<sup>3</sup> di gas naturale;  
0,4332 kg CO<sub>2</sub> emessi per 1 kWh elettrico assorbito.  
"Fonte delibera AEEG 10/4/2009, allegato 1"

**Con NRP si riduce il fabbisogno di energia primaria fino al 37%**

**Fabbisogno energia primaria kWh/mc anno**



Note:

Fattori di conversione dei vettori energetici considerati: 1kWh elettrico = 2,1748kWh di energia primaria; 1Nm<sup>3</sup> di metano = 9,943kWh di energia primaria.

\* Si sottolinea che la variazione di temperatura dei vettori energetici, possibile utilizzando una batteria del ventilconvettore con maggiore superficie di scambio e il relativo accessorio valvola (VCF\_X4 - Riferimento Technical Focus Vol. 1), consente di ridurre fino al **10%** il fabbisogno di energia primaria. Questo risultato è stato ottenuto mantenendo come base di riferimento sempre la stessa polivalente NRP e valutando l'aumento di efficienza che la variazione di temperatura comporta.

**Capitolo 4**  
**ANALISI LCC DELLE DUE SOLUZIONI A CONFRONTO**

Per avere una valutazione della convenienza economica complessiva della scelta della soluzione con macchina polivalente rispetto alla soluzione più tradizionale consideriamo non solo il costo energia ma tutte le voci principali che concorrono a determinare il costo di una soluzione, attraverso il metodo LCC (Life Cycle Cost).

Nel compiere questa analisi consideriamo, oltre al costo energia, i costi di acquisto, installazione ed i costi presunti di manutenzione delle macchine e dei componenti che differenziano le due soluzioni; non considereremo, in altre parole, il costo di acquisto, installazione e manutenzione di quei componenti e quelle parti dell'impianto che sono comuni ai due casi (e che ovviamente non incidono in alcun modo sul confronto di convenienza di una soluzione rispetto all'altra).

Tasso di interesse di mercato  $r = 5\%$

Tasso reale di inflazione  $i = 3,3\%$

Tasso reale di interesse  $r_i = (r-i)/(1+i) = 1,64\%$

Durata ciclo di vita impianto  $n = 15$  anni

Fattore di attualizzazione costi annui  $f_{pv} = (1-(1+r_i)^{-n})/r_i = 13,2$

LCC = Life Cycle Cost =  $I + f_{pv} (C_o + C_m)$

$I$  = costo iniziale

$C_o$  = costo annuo energia

$C_m$  = costo annuo manutenzione

Zona climatica E



**MILANO**

**SOLUZIONE 1: REFRIGERATORE + CALDAIA**

Refrigeratore NRL0750 <sup>0000</sup> A <sup>0000</sup> fornitura comprensiva di oneri accessori e ricarica medio dell'installatore	36343 €
Gruppo termico a condensazione P termica utile 150 kW comprensivo di f.p.o. , completo di dispositivi di scarico fumi, adduzione gas e dispositivi di sicurezza per centrale termica a norma INAIL (secondo raccolta R - 2009)	14150 €
Costo manutenzione annuo stimato	1569 €

**SOLUZIONE 2: POLIVALENTE PER IMPIANTO A 4 TUBI**

Polivalente NRP0750A4 <sup>0000</sup> 0000 fornitura comprensiva di oneri accessori e ricarica medio dell'installatore	57722 €
Costo manutenzione annuo stimato	1369 €

	Chiller+caldaia 7°C 45°C	Polivalente 7°C 45°C	Chiller+caldaia 9°C 35°C	Polivalente 9°C 35°C
I €	50493	57722	50493	57722
Co € / anno	22072	15901	21407	13717
Cm € / anno	1569	1369	1569	1369
<b>LCC €</b>	<b>362559</b>	<b>285686</b>	<b>353776</b>	<b>256917</b>



## LIFE CYCLE COST

Confronto delle soluzioni in esame.

## RISPARMIO ENERGETICO = RISPARMIO ECONOMICO

- Minori costi di gestione.
- LCC (Life Cycle Cost) più basso.

## ROMA

### SOLUZIONE 1: REFRIGERATORE + CALDAIA

Refrigeratore NRL0800***A***00 fornitura comprensiva di oneri accessori e ricarico medio dell'installatore	39123 €
Gruppo termico a condensazione P termica utile 90 kW comprensivo di f.p.o. , completo di dispositivi di scarico fumi, adduzione gas e dispositivi di sicurezza per centrale termica a norma INAIL (secondo raccolta R - 2009)	12180 €
Costo manutenzione annuo stimato	1536 €

### SOLUZIONE 2: POLIVALENTE PER IMPIANTO A 4 TUBI

Polivalente NRP0800A4***0000 fornitura comprensiva di oneri accessori e ricarico medio dell'installatore	61998 €
Costo manutenzione annuo stimato	1369 €

	Chiller+caldaia 7°C 45°C	Polivalente 7°C 45°C	Chiller+caldaia 9°C 35°C	Polivalente 9°C 35°C
I €	51303	61998	51303	61998
Co € / anno	21579	14886	20888	13408
Cm € / anno	1536	1369	1536	1369
<b>LCC €</b>	<b>356429</b>	<b>276574</b>	<b>347300</b>	<b>257054</b>

## PALERMO

### SOLUZIONE 1: REFRIGERATORE + CALDAIA

Refrigeratore NRL0900***A***00 fornitura comprensiva di oneri accessori e ricarico medio dell'installatore	41688 €
Gruppo termico a condensazione P termica utile 90 kW comprensivo di f.p.o. , completo di dispositivi di scarico fumi, adduzione gas e dispositivi di sicurezza per centrale termica a norma INAIL (secondo raccolta R - 2009)	12180 €
Costo manutenzione annuo stimato	1597 €

### SOLUZIONE 2: POLIVALENTE PER IMPIANTO A 4 TUBI

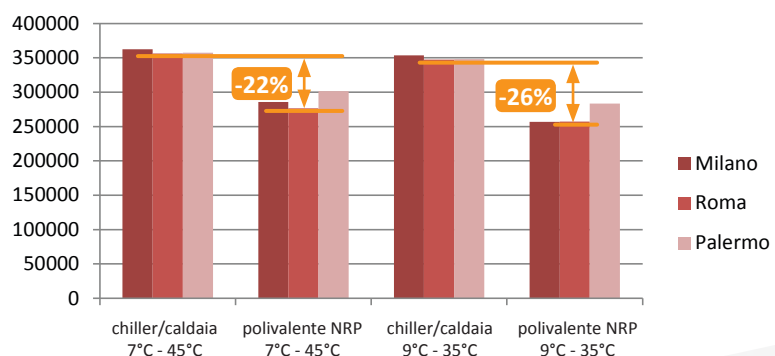
Polivalente NRP0900A4***0000 fornitura comprensiva di oneri accessori e ricarico medio dell'installatore	65846 €
Costo manutenzione annuo stimato	1561 €

	Chiller+caldaia 7°C 45°C	Polivalente 7°C 45°C	Chiller+caldaia 9°C 35°C	Polivalente 9°C 35°C
I €	53868	65846	53868	65846
Co € / anno	21395	16281	20686	14910
Cm € / anno	1597	1561	1597	1561
<b>LCC €</b>	<b>357362</b>	<b>301360</b>	<b>348003</b>	<b>283263</b>

il costo di installazione non è stato considerato, essendo molto variabile a seconda dei casi; le differenze di costo di installazione di un refrigeratore e di una polivalente a parità di condizioni sono comunque limitate e non spostano significativamente i risultati del confronto.

**Con NRP si riduce l'LCC fino al 26% rispetto ad impianti tradizionali.**

## LCC (Life Cycle Cost)





## Capitolo 5 CONCLUSIONI



### Riduzione del costo ciclo vita (LCC) dell'impianto

L'analisi condotta ha permesso di constatare che la soluzione con polivalente per impianti a 4 tubi consente un risparmio che si colloca fino al **30%** sul ciclo di vita dell'impianto rispetto alla soluzione tradizionale chiller/caldaia. Per l'allestimento degli impianti a confronto si sono fatte le medesime considerazioni: nella soluzione tradizionale si è optato per caldaia a condensazione e gruppo frigo ad elevata efficienza; stessa considerazione è stata fatta nella alternativa impiantistica proposta, scegliendo l'unità NRP polivalente ad alta efficienza. Ecco dunque che il vero risparmio è legato essenzialmente alla riduzione del costo di energia determinato dal recupero termico che solo con polivalente NRP è possibile ottenere.



### Riduzione del costo d'esercizio dell'impianto

La riduzione dei costi d'esercizio legati al risparmio energetico che la soluzione con polivalente NRP comporta si colloca fino al **36%** rispetto alla soluzione tradizionale chiller/caldaia. Si sottolinea inoltre che questo risultato è tanto più elevato, quanto l'indice TER, che caratterizza l'efficienza sul recupero della polivalente, risulta elevato, dunque in corrispondenza di condizioni climatiche che favoriscono la contemporaneità dei carichi di segno opposto. L'influenza dell'irraggiamento nel caso degli edifici considerati è notevole anche in corrispondenza di fasce climatiche dagli inverni piuttosto rigidi, rendendo tale soluzione estremamente vantaggiosa su tutta la penisola Italiana.



### Migliora la classe energetica dell'edificio

La soluzione con polivalente consente di ottenere un risparmio in termini di energia primaria fino al **37%** rispetto all'applicazione tradizionale considerata chiller/caldaia. Tutto questo si traduce in un minore fabbisogno di energia primaria annua per l'edificio ad uso uffici considerato.



### Riduzione emissione CO<sub>2</sub>

In termini di impatto ambientale, la soluzione con polivalente NRP comporta una riduzione della CO<sub>2</sub> emessa collocabile fino al 40% rispetto alla soluzione tradizionale chiller/caldaia.



### Minori ingombri

La possibilità di impiegare la polivalente per l'intera produzione di energia termica permette di evitare la realizzazione di una centrale termica e rende disponibili spazi (all'interno dell'edificio, o nelle sue pertinenze) che possono essere utilmente impiegati in altro modo (es. realizzazione di un posto auto).

**Aermec S.p.A. via Roma 996 - 37040 Bevilacqua (VR) Italy**  
**T. +39 0442 633111 F. +39 0442 93577**  
**marketing@aermec.com**  
**www.aermec.com**