

TORRI DI RAFFREDDAMENTO

*Ridurre i consumi energetici
tramite l'impiego di tecnologie di
raffreddamento evaporativo
e chiller condensati ad acqua*

INDICE

1	PREMESSA	pag. 1
2	INTRODUZIONE	pag. 3
3	PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO	pag. 3
3.1	Torre di raffreddamento a circuito aperto	pag. 4
3.2	Torre di raffreddamento a circuito chiuso	pag. 5
3.3	Torre di raffreddamento a tiraggio forzato	pag. 5
3.4	Torre di raffreddamento a tiraggio indotto	pag. 5
4	EFFICIENZA ENERGETICA DELLE APPARECCHIATURE DI RAFFREDDAMENTO EVAPORATIVO: RACCOMANDAZIONE EUROVENT 9 / 12-2016	pag. 5
5	CONFRONTO TRA SISTEMI RAFFREDDATI AD ARIA E SISTEMI RAFFREDDATI AD ACQUA	pag. 7
5.1	Salto di pressione (compressor lift)	pag. 7
6	CASO APPLICATIVO	pag. 9
6.1	I sistemi di raffreddamento e di smaltimento del calore	pag. 9
6.2	Calcolo salto di pressione e risparmio energetico	pag. 9
7	CONCLUSIONI	pag. 11
	SIMBOLOGIA - BIBLIOGRAFIA	pag. 12

TORRI DI RAFFREDDAMENTO

Ridurre i consumi energetici tramite l'impiego di torri di raffreddamento e chiller condensati ad acqua

1. Premessa

Questo documento introduce i fondamenti delle tecnologie di raffreddamento evaporativo. Tra gli altri, evidenzia i vantaggi del raffreddamento evaporativo e chiarisce le questioni del consumo di acqua di questa tecnologia.

Il trasferimento di calore evaporativo (latente) viene utilizzato nelle torri di raffreddamento, tipicamente torri di raffreddamento a circuito chiuso e condensatori evaporativi, per la rimozione del calore di scarto proveniente dai processi HVACR (heating, ventilation, air conditioning and refrigeration processes).

Rispetto al raffreddamento con aria secca (trasferimento del calore sensibile), il raffreddamento evaporativo è più efficace: con 1 chilogrammo d'acqua il calore rimosso è di circa 2200 kilojoule per grado °C (calore di evaporazione), mentre con 1 chilogrammo di aria il calore rimosso è di circa 1 kilojoule per grado °C. Inoltre, con le tecnologie evaporative è possibile ridurre la temperatura di lavoro fino a circa la temperatura del bulbo umido (inferiore alla temperatura a bulbo secco).

Questi vantaggi sono da tempo riconosciuti dal mercato, che oggi ha la possibilità di scegliere tra una vasta gamma di prodotti di raffreddamento evaporativo,

diversificati per concezione tecnologica, dimensioni e configurazione di base.

Nella scelta di un determinato prodotto di raffreddamento evaporativo, accanto alla funzione termica, occorre considerare molti altri parametri, come il livello di potenza sonora, il layout e il peso operativo. Solitamente tali criteri si differenziano da progetto a progetto, anche se l'elemento discriminante che accomuna gran parte delle decisioni finali è legato alla convenienza economica del prodotto medesimo.

Il problema è che il prodotto economicamente più vantaggioso quasi mai coincide con la migliore soluzione tecnologica in termini di efficienza energetica. Al contrario, oggi è semplice dimostrare come, generalmente, l'efficienza energetica peggiore sia tipica dei prodotti a basso costo.

In ogni caso, se si considera l'attenzione mondiale sul tema del riscaldamento globale e l'esigenza ormai riconosciuta a livello globale di conseguire e promuovere il massimo risparmio di energia, le scelte di acquisto basate esclusivamente sull'ottimizzazione dei costi iniziali di investimento non sono più accettabili.

È proprio in questa direzione che gli Stati Membri della UE hanno da tempo adottato misure atte a migliorare le presta-

zioni energetiche dei prodotti ad elevato consumo energetico già in fase di progettazione.

Uno di questi provvedimenti è il Regolamento UE n. 327/2011 relativo alla eco-progettazione dei ventilatori di potenza compresa tra 125 W e 250 kW, attualmente in fase di revisione.

Tale regolamento stabilisce i requisiti minimi di efficienza energetica per i ventilatori intesi come combinazioni di rotore, statore e sistema di azionamento. I ventilatori vengono utilizzati in centinaia di migliaia di prodotti così come altri componenti già regolamentati (es. motori); la logica della Direttiva Ecodesign è quella per cui un prodotto con componenti efficienti sarà inevitabilmente un prodotto efficiente.

Questo è anche il caso dei prodotti di raffreddamento evaporativo per cui, al momento, non è stato definito un regolamento ecodesign specifico; per le torri di raffreddamento occorre quindi attenersi a quanto stabilito dal regolamento ventilatori, così come viene richiesto a tutte le altre macchine che utilizzano tali componenti.

In mancanza di una regolamentazione ecodesign specifica per le torri di raffreddamento, l'associazione Eurovent ha pubblicato la Raccomandazione n. 9/12. Si tratta di un documento condiviso dai principali costruttori di torri di raffreddamento sulla metodologia di calcolo dell'efficienza energetica delle apparecchiature di raffreddamento evaporativo. Il modello di calcolo specifica in particolare:

- le diverse tecnologie di raffreddamento evaporativo disponibili sul mercato,

- background, scopo e profilo del nuovo standard per la prestazione e l'efficienza,
- definizioni e obiettivi di efficienza energetica termica,

- calcoli termici e calcoli di incertezza,
- verifica dell'obiettivo di efficienza,
- gli strumenti per una efficace verifica dell'efficienza.

L'efficienza del ventilatore integrato nelle torri di raffreddamento meccaniche, pur essendo indubbiamente un componente a elevato consumo energetico, non può essere utilizzata come unica misura di riferimento per la determinazione dell'efficienza energetica del sistema "torre di raffreddamento"; inoltre l'ottimizzazione del processo di trasferimento termico non è influenzata dall'efficienza aerodinamica del prodotto, a differenza degli scambiatori di calore raffreddati ad aria che utilizzano il trasferimento di calore sensibile. L'efficienza termica ed energetica dell'apparecchiatura di raffreddamento evaporativo si basa su un'efficace miscelazione dei flussi d'aria e di acqua.

Considerando che una parte consistente dell'utilizzo di energia elettrica in Italia proviene dai sistemi HVACR, qualsiasi riduzione di potenza su tali sistemi apporterà indirettamente un notevole risparmio energetico.

Utilizzando la raccomandazione Eurovent il presente documento illustra quindi un caso applicativo che mette in evidenza come i chiller condensati ad acqua e le torri di raffreddamento possano ridurre sensibilmente il consumo energetico, anche fino al 50% rispetto ad altre soluzioni tecnologiche oggi disponibili sul mercato.

2. Introduzione

Negli ultimi anni la domanda crescente di edifici ad alto rendimento energetico e di requisiti di sostenibilità ambientale sempre più sfidanti hanno sensibilmente condizionato le strategie di investimento dei costruttori dell'industria del raffreddamento civile e di processo.

Il raffreddamento evaporativo combina l'alta efficienza termica e l'efficacia dei costi, raggiungendo basse temperature di raffreddamento con un utilizzo minimo di energia e acqua. Le basse temperature di raffreddamento sono essenziali in molti processi per ottenere un'elevata efficienza del sistema. Tali processi consumano meno energia e il raffreddamento evaporativo contribuisce a preservare le risorse naturali e l'ambiente.

Il raffreddamento evaporativo è la tecnica oggi più efficiente per rimuovere il calore in eccesso dai moderni sistemi di condizionamento d'aria e dai processi

industriali; conseguentemente è il sistema più adatto per affrontare i problemi dell'aumento delle temperature dovuto al surriscaldamento globale nonché delle restrizioni nell'uso di energia e dei requisiti di efficienza

Le torri di raffreddamento rappresentano un sistema efficiente ed economicamente conveniente per smaltire il calore da impianti di condizionamento, refrigerazione e processi industriali. Vengono utilizzate da oltre mezzo secolo, sono compatte, silenziose, consumano poca energia e risparmiano più del 95% dell'acqua in circolazione. Sono semplici da gestire e mantenere e l'efficienza e la sicurezza sono garantite.

3. Principio di funzionamento

Il raffreddamento evaporativo si basa su un principio naturale: per mezzo dell'evaporazione dell'acqua durante il raffreddamento di un fluido o la conden-

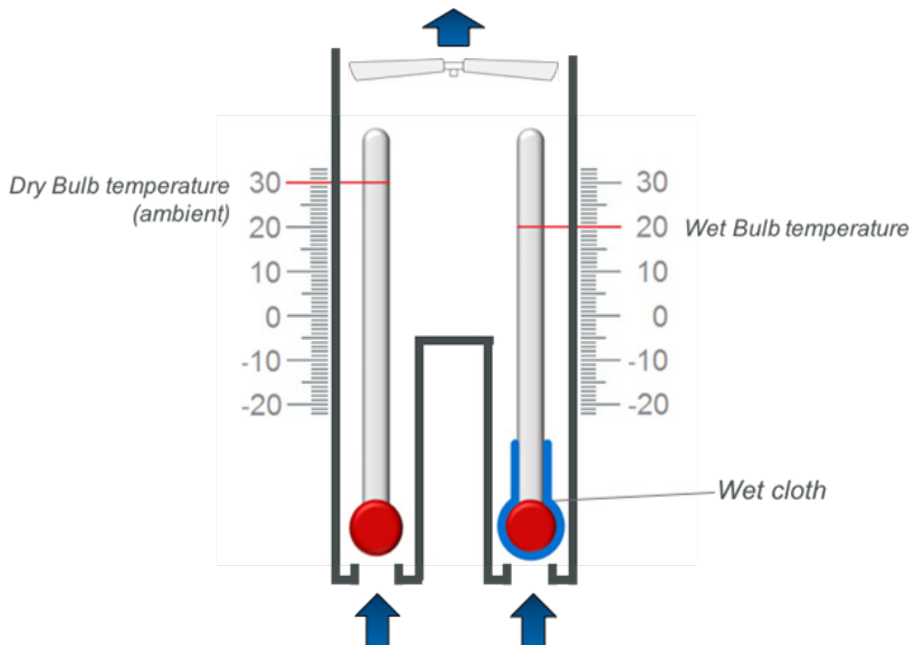


Figura 1 - Temperatura dell'aria a bulbo umido e a bulbo secco

szazione di un gas, il calore viene espulso nell'atmosfera. Ciò si ottiene grazie al contatto tra l'acqua da raffreddare e un flusso d'aria, per cui la maggior parte del calore viene ceduta all'aria mediante l'evaporazione di una piccola quantità di acqua e viene quindi trasportata nell'aria di scarico, calda e satura.

Con le tecnologie evaporative è possibile ridurre la temperatura di processo fino a circa la temperatura del bulbo umido (inferiore alla temperatura a bulbo secco). Rispetto al raffreddamento con aria secca (trasferimento del calore sensibile), il raffreddamento evaporativo è più efficace: con 1 chilogrammo d'acqua il calore rimosso è di circa 2200 kJ per grado °C (calore di evaporazione), mentre con 1 chilogrammo di aria il calore

rimosso è di circa 1 kJ per grado °C.

3.1 Torre di raffreddamento a circuito aperto

L'acqua in arrivo dall'utenza entra nella torre attraverso l'apposito attacco di ingresso e viene distribuita sul pacco di riempimento per mezzo di una serie di canali dotati all'estremità di ugelli spruzzatori. Contemporaneamente, l'aria ambiente è indotta o forzata attraverso la torre, causando l'evaporazione di una piccola quantità d'acqua. Tale processo di evaporazione sottrae calore all'acqua rimanente. L'acqua raffreddata cade nella vasca di raccolta da dove viene prelevata e riportata all'utenza. Il circuito è di tipo aperto in quanto l'acqua da raffreddare viene a contatto con l'atmosfera.

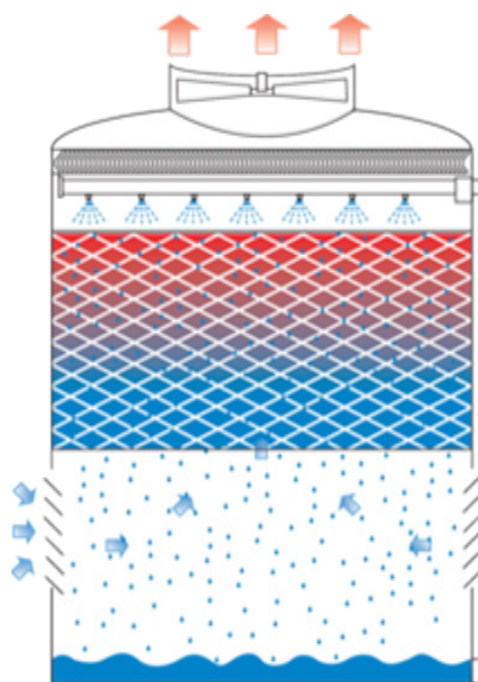


Figura 2 - Torre di raffreddamento a circuito aperto

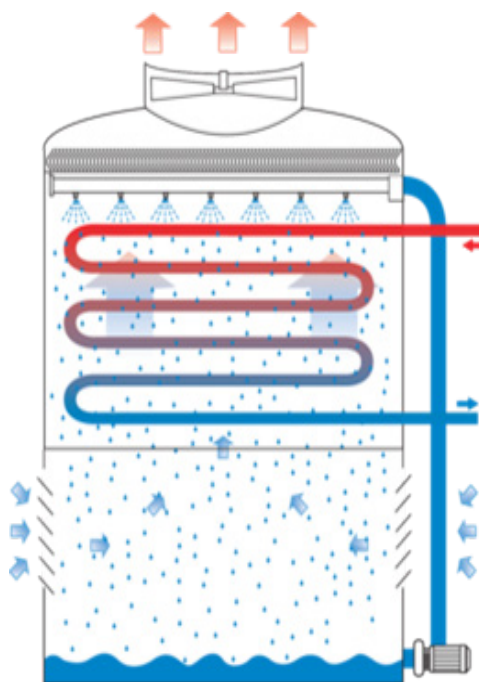


Figura 3 - Torre di raffreddamento a circuito chiuso

3.2 Torre di raffreddamento a circuito chiuso

Il fluido da raffreddare viene fatto circolare all'interno dei tubi di una batteria di scambio termico. Un circuito secondario distribuisce dell'acqua sui tubi della batteria. Contemporaneamente, per mezzo di un motoventilatore, viene fatta passare dell'aria attraverso la batteria, causando l'evaporazione di una piccola quantità dell'acqua del circuito secondario. Tale processo di evaporazione sottrae calore al fluido che circola all'interno dei tubi della batteria. L'acqua del circuito secondario cade nella vasca di raccolta da dove viene pompata di nuovo sul serpentino. Il circuito in questo caso è di tipo chiuso poiché il fluido da raffreddare non entra in contatto con l'atmosfera.

3.3 Torre di raffreddamento a tiraggio forzato

In queste torri il ventilatore è posizionato all'entrata del flusso d'aria.

3.4 Torre di raffreddamento a tiraggio indotto

In queste torri il ventilatore è posizionato all'uscita del flusso d'aria.

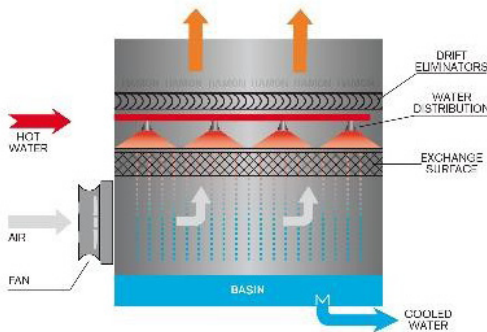


Figura 4 - Torre di raffreddamento a tiraggio forzato

4. Efficienza energetica delle apparecchiature di raffreddamento evaporativo: Raccomandazione Eurovent 9/12-2016

I ventilatori vengono utilizzati in centinaia di migliaia di prodotti e la logica che sta alla base del Regolamento Eco-design 327/2011 è che un prodotto con un ventilatore efficiente è un prodotto efficiente. Questo non è, purtroppo, il caso delle apparecchiature di raffreddamento evaporativo.

Anche se nelle torri di raffreddamento il ventilatore è senza dubbio il componente con il maggiore consumo energetico, la sua efficienza non può essere utilizzata come unica misura per determinare l'efficienza della torre di raffreddamento nel suo complesso. A differenza degli scambiatori di calore raffreddati ad aria con trasferimento di calore sensibile, l'efficacia del trasferimento di calore totale non è basata sull'efficienza aerodinamica del prodotto. Infatti, l'efficienza termica ed energetica dell'apparecchiatura di raffreddamento evaporativo si basa sull'efficace miscelazione di flussi d'aria e di acqua.

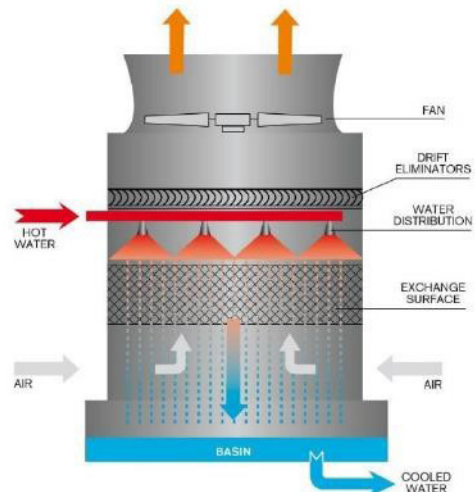


Figura 5 - Torre di raffreddamento a tiraggio indotto

Le prestazioni termiche dei prodotti di raffreddamento evaporativo dipendono in larga misura dall'evaporazione dell'acqua causata dall'efficace miscelazione dell'acqua e dell'aria. Il trasferimento di calore latente, causato dall'evaporazione, non è governato solo dai principi aerodinamici. Infatti, l'efficienza aerodinamica svolge solo un ruolo minore nel trasferimento di calore totale. È per questo che l'efficienza aerodinamica, per la quale l'efficienza del ventilatore è un buon indicatore, non può essere utilizzata per giudicare l'efficienza termica delle apparecchiature di raffreddamento evaporativo. Tenendo conto della natura specifica del trasferimento di calore evaporativo, la Raccomandazione Eurovent 9/12-2016 ha definito l'efficienza energetica termica per le torri di raffreddamento a circuito aperto con tiraggio meccanico e per quelle a circuito chiuso. L'efficienza termica di una torre evaporativa aperta è data dalla quantità di calore ceduto a specifiche temperature di ingresso/uscita e bulbo umido. Detta efficienza viene espressa dal rapporto tra kW di calore ceduto e kW assorbiti-

ti dai ventilatori installati nella torre. L'efficienza termica di una torre evaporativa chiusa è data dalla quantità di calore ceduto a specifiche temperature di ingresso/uscita e bulbo umido. Detta efficienza viene espressa dal rapporto tra kW di calore ceduto e kW assorbiti dagli ausiliari (ventilatori + pompe) installati nella torre.

$$\text{Efficienza energetica termica} = \dot{m}c_p(T_{in} - T_{out})/P \quad (1)$$

dove:

\dot{m} = portata d'acqua [kg/s]

c_p = calore specifico [kJ/kgK]

T_{in} = temperatura di ingresso dell'acqua [°C]

T_{out} = temperatura di uscita dell'acqua [°C]

P = potenza assorbita da ventilatore e/o pompa [kW]

In accordo con le suddette definizioni, la Raccomandazione Eurovent 9/12-2016 ha anche definito i target minimi di efficienza energetica termica per entrambe le tipologie di torri evaporative. Allo scopo di mantenersi in linea con il Regolamento (EU) 327/2011, questi target tengono conto anche delle diverse tipologie di ventilatori installati, centrifughi o assiali.

Tabella 1: Target minimi di efficienza energetica termica per le torri di raffreddamento a circuito aperto

Temperature (°C) ingresso/uscita/bulbo umido	kWt/kW ventilatori centrifughi	kWt/kW ventilatori assiali
35/29,44/23,89 (ASHRAE)	40	80
35/25/20	42	84
32/27/21	36	72

Tabella 2: Target minimi di efficienza energetica termica per le torri di raffreddamento a circuito chiuso

Temperature (°C) ingresso/uscita/bulbo umido	kWt/kW ventilatori centrifughi	kWt/kW ventilatori assiali
35/29,44/23,89 (ASHRAE)	40	80
35/25/20	42	84
32/27/21	36	72

Questo approccio ha fornito e continua a fornire obiettivi per migliorare l'efficienza energetica dell'industria del raffreddamento evaporativo in Europa. La legislazione nazionale e le normative europee vengono incoraggiate a seguire l'approccio della Raccomandazione Eurovent.

5. Confronto tra sistemi raffreddati ad aria e sistemi raffreddati ad acqua

Essendo noto che una quota importante di energia elettrica in Italia viene utilizzata per il funzionamento dei sistemi HVACR, ne deriva che qualsiasi riduzione di potenza effettuata su tali sistemi avrà ricadute positive in termini di risparmio energetico per l'intero sistema Paese.

5.1 Salto di pressione (compressor lift)

L'esempio che segue spiega e chiarisce perché un sistema di refrigerazione raffreddato ad acqua è più efficiente di un sistema raffreddato ad aria. Viene esaminato un sistema di refrigerazione funzionante in condizioni climatiche tipiche dell'area del Mediterraneo e calcolato il salto di pressione (compressor lift), ossia il lavoro fatto dal compressore per au-

mentare la pressione del refrigerante da un livello più basso a uno più alto. Tale parametro può essere calcolato come la differenza di temperatura tra l'acqua calda in uscita dal condensatore e l'acqua fredda in uscita dall'evaporatore.

$$C_{\text{lift}} = LCWT - LEWT \quad (2)$$

dove:

C_{lift} = compressor lift [°C]

LCWT = temperatura acqua in uscita dal condensatore [°C]

LEWT = temperatura acqua in uscita dell'evaporatore [°C]

Poiché il salto di pressione (compressor lift) è legato alla potenza in ingresso dei compressori, può essere considerato come un vero indicatore del consumo di energia del sistema. Va sottolineato che più grande è il compressor lift, maggiore è la potenza assorbita.

La figura 6 mostra un tipico schema di sistema con raffreddamento a secco e il relativo ciclo frigorifero.

La prestazione di un sistema frigorifero con raffreddamento a secco è funzione della temperatura a bulbo secco dell'aria ambiente. Per analizzare la prestazione del sistema si ipotizzano le seguenti

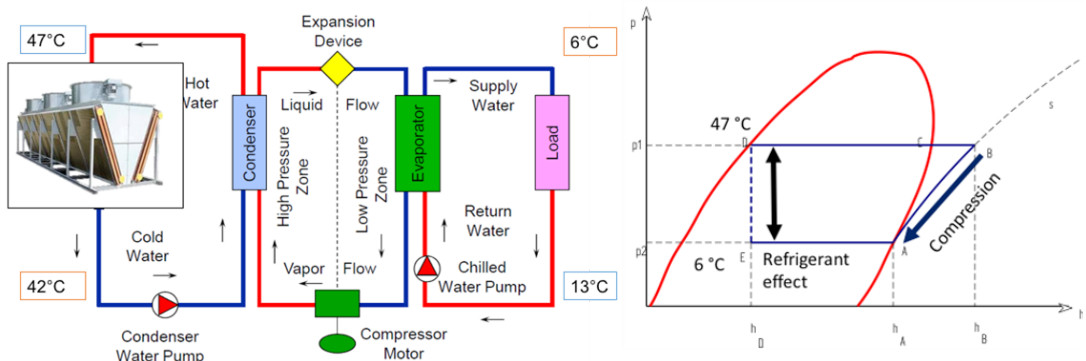


Figura 6 - Sistema di raffreddamento a secco e relativo ciclo frigorifero

condizioni:

- Temperatura a bulbo secco di progetto dell'aria ambiente esterna: 35°C
- Condizioni di funzionamento condensatore: 47/42°C
- Condizioni di funzionamento acqua refrigerata: 6/13°C

Il compressor lift può essere calcolato come:

$$47^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C} = 41^{\circ}\text{C} = \text{LIFT}_{\text{DC}}$$

La figura 7 mostra un tipico schema di sistema di refrigerazione con raffreddamento ad acqua di torre e il relativo ciclo frigorifero.

La prestazione di un sistema frigorifero con raffreddamento ad acqua di torre è funzione della temperatura a bulbo umido dell'aria ambiente (cfr. paragrafo 3). Per analizzare la prestazione del sistema si ipotizzano le seguenti condizioni:

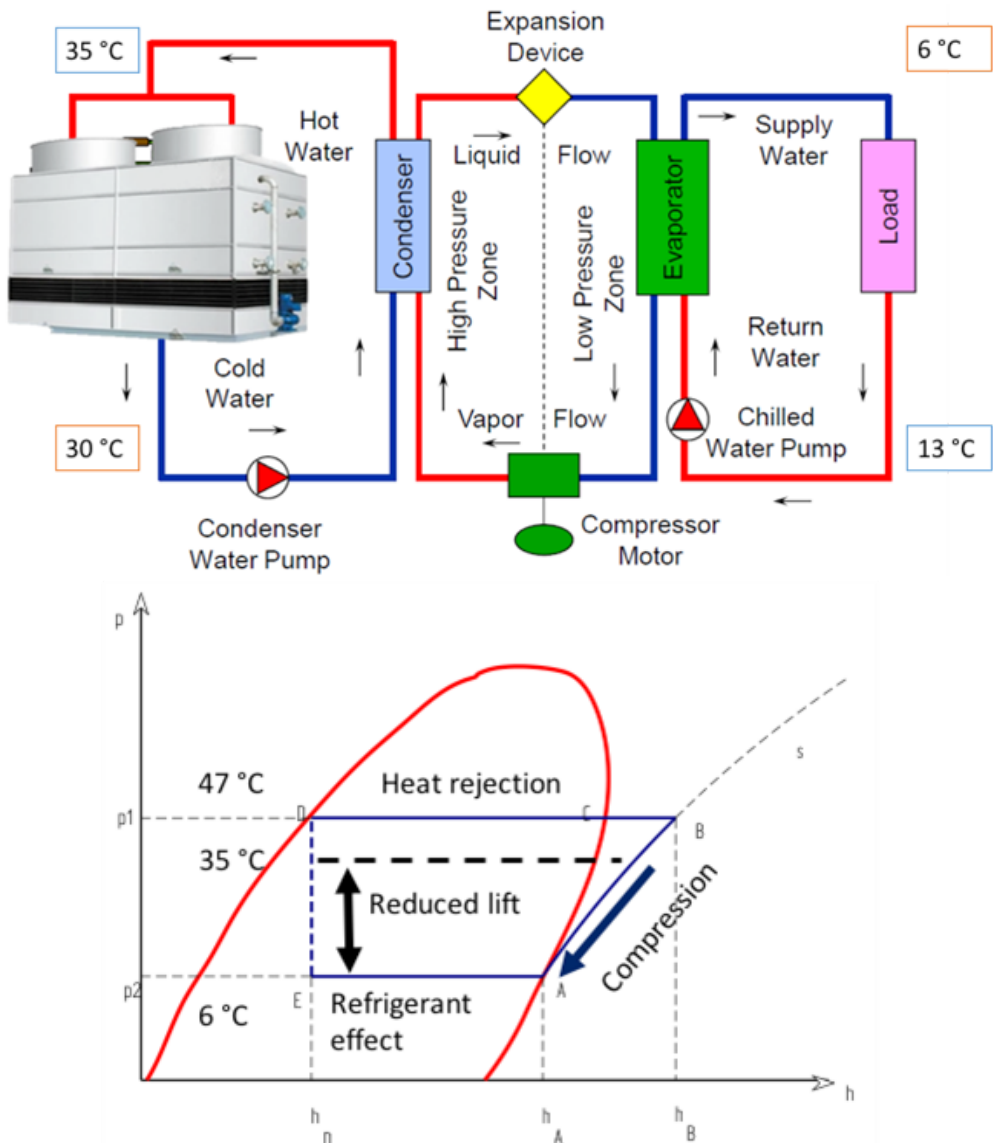


Figura 7 - Sistema di refrigerazione raffreddato con acqua di torre e relativo ciclo frigorifero

- Temperatura a bulbo umido di progetto dell'aria ambiente esterna: 25°C
- Condizioni di funzionamento torre di raffreddamento: 35/30°C
- Condizioni di funzionamento acqua re-ferigerata: 6/13°C

Il compressor lift può essere calcolato come:

$$35^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C} = 29^{\circ}\text{C} = \text{LIFT}_{\text{CT}}$$

Dai calcoli si evince che la potenza assorbita dai compressori nel sistema con raffreddamento ad acqua di torre è inferiore a quella richiesta dal sistema con raffreddamento a secco, confermando ulteriormente che i sistemi con raffreddamento ad acqua di torre sono più efficienti.

Il risparmio energetico del sistema di refrigerazione può essere calcolato come:

Risparmio energetico = $1 - (\text{Lift}_{\text{CT}}/\text{Lift}_{\text{DC}})$ (3)
dove:

LIFT_{CT} = Compressor lift del sistema di raffreddamento ad acqua [°C]

LIFT_{DC} = Compressor lift del sistema di raffreddamento a secco [°C]

Alle condizioni climatiche sopra definite risulta un risparmio energetico del 30%.

6. Caso applicativo: Teatro dell'Opera di Atene

È stato analizzato il caso applicativo dell'impianto di raffreddamento installato a servizio del Teatro dell'Opera di Atene, sito all'interno del Centro Culturale della Fondazione Stavros Niarchos. Questo teatro è stato progettato da Renzo Piano (progettazione architettonica), dal Gruppo Arup (Londra, Regno Unito)

e dalla BMS Progetti (Milano, Italia). Si evidenzia che, nell'ambito dello schema di certificazione LEED, questo edificio è stato qualificato come LEED Platinum.

6.1 I sistemi di raffreddamento e di smaltimento del calore

Il sistema di raffreddamento è costituito da quattro chiller raffreddati ad acqua: due con capacità di 2.000 kW ciascuno e due con capacità di 1.000 kW. Uno dei chiller da 1.000 kW è sempre in stand-by fornendo ridondanza.

La tabella 3 e 4, nelle pagine seguenti, riportano rispettivamente i dati tecnici dei chiller e delle torri di raffreddamento.

6.2 Calcolo salto di pressione e risparmio energetico

Il salto di pressione (compressor lift) può essere facilmente calcolato utilizzando la formula 2.

Per le torri di raffreddamento installate può essere calcolato come:

$$\text{LIFT}_{\text{CT}} = 35^{\circ}\text{C} - 7^{\circ}\text{C} = 28^{\circ}\text{C} \quad (4)$$

Per un sistema di raffreddamento a secco funzionante alle medesime condizioni climatiche (temperatura di bulbo secco 40°C, temperatura di ingresso/uscita dell'acqua = 50/45°C) può essere calcolato come:

$$\text{LIFT}_{\text{DC}} = 50^{\circ}\text{C} - 7^{\circ}\text{C} = 43^{\circ}\text{C} \quad (5)$$

Utilizzando la formula (3) è possibile calcolare il risparmio di energia ottenuto grazie all'impiego delle torri di raffreddamento:

$$\begin{aligned} \text{Risparmio energetico} &= 1 - (\text{Lift}_{\text{CT}}/\text{Lift}_{\text{DC}}) = \\ &= 1 - (28/43) = 35\% \end{aligned}$$

Tabella 3 – Dati tecnici chiller

#	Descrizione	Dati
1	Chiller raffreddato ad acqua	Compressore: centrifugo
		Refrigerante: R134A
		Capacità di raffreddamento: 2.000 kW
		Temperatura acqua di mandata/ritorno: 7°C/13°C
		Temperatura di mandata/ritorno condensatore: 35°C/29°C
2	Chiller raffreddato ad acqua	Compressore: centrifugo
		Refrigerante: R134A
		Capacità di raffreddamento: 2.000 kW
		Temperatura acqua di mandata/ritorno: 7°C/13°C
		Temperatura di mandata/ritorno condensatore: 35°C/29°C
3	Chiller raffreddato ad acqua con recupero termico	Compressore: a vite
		Refrigerante: R134A
		Capacità di raffreddamento: 1.000 kW
		Temperatura acqua di mandata/ritorno: 7°C/13°C
		Temperatura di mandata/ritorno condensatore A: 37°C/31°C
4	Chiller raffreddato ad acqua con recupero termico	Temperatura di mandata/ritorno condensatore B: 60°C/53°C
		Compressore: a vite
		Refrigerante: R134A
		Capacità di raffreddamento: 1.000 kW
		Temperatura acqua di mandata/ritorno: 7°C/13°C
		Temperatura di mandata/ritorno condensatore A: 37°C/31°C
Temperatura di mandata/ritorno condensatore B: 60°C/53°C		

Tabella 4 – Dati tecnici torri di raffreddamento

#	Descrizione	Dati
1	Torre di raffreddamento	Temperatura bulbo secco: 40°C
		Temperatura bulbo umido: 26,5°C
		Temperatura acqua di mandata/ritorno: 35°C/29°C
		Capacità di raffreddamento: 2.000 kW
2	Torre di raffreddamento	Temperatura bulbo secco: 40°C
		Temperatura bulbo umido: 26,5°C
		Temperatura acqua di mandata/ritorno: 35°C/29°C
		Capacità di raffreddamento: 2.000 kW
3	Torre di raffreddamento	Temperatura bulbo secco: 40°C
		Temperatura bulbo umido: 26,5°C
		Temperatura acqua di mandata/ritorno: 35°C/29°C
		Capacità di raffreddamento: 2.000 kW

6. Conclusioni

Questo documento ha analizzato la tecnologia di raffreddamento evaporativo, il suo principio di funzionamento e la sua efficienza energetica termica. È stato inoltre studiato il salto di pressione (compressor lift), distinguendo il caso di

un sistema di refrigerazione a secco e di un sistema raffreddato ad acqua. L'analisi mostra chiaramente che l'utilizzo del raffreddamento ad acqua in determinate condizioni di temperatura garantisce un risparmio energetico di oltre il 30% rispetto alla tecnologia di raffreddamento a secco.

SIMBOLOGIA

- Clift = Salto di pressione o Compressor lift [$^{\circ}\text{C}$]
- cp = Calore specifico [kJ/kgK]
- LCWT = Temperatura acqua uscita condensatore [$^{\circ}\text{C}$]
- LEWT = Temperatura acqua uscita evaporatore [$^{\circ}\text{C}$]
- LIFT_{CT} = Salto di pressione torre di raffreddamento [$^{\circ}\text{C}$]
- LIFT_{DC} = Salto di pressione sistema di raffreddamento a secco [$^{\circ}\text{C}$]
- \dot{m} = Portata acqua [kg/s]
- P = Potenza assorbita da ventilatore e/o pompa [kW]
- T_{in} = Temperatura di ingresso dell'acqua [$^{\circ}\text{C}$]
- T_{out} = Temperatura di uscita dell'acqua [$^{\circ}\text{C}$]

BIBLIOGRAFIA

- Merati R.G. 2010. 10th REHVA World Conference 'Sustainable energy use in Building' poster session. 'Water vs air Condensation – Energetic/economic comparison'.

Magazines

- Stefanutti L. 2016. Sostenibilità per la cultura. RCI, pagina 48

European Regulations

- European Parliament. 2011. Commission Regulation (EU) 327/2011 implementing directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for fans driven by motors with an electric input power between 125 W and 500 kW. Official Journal of the European Union n. 6.4.2011.

Standards

- Eurovent. 2000. Recommendation 9/5 - Recommended code of practice to keep your cooling system efficient and safe. Brussels: Eurovent Association.
- Eurovent. 2002. Recommendation 9/6 - Eurovent guidelines on how to keep your evaporative cooling system safe. Brussels: Eurovent Association.

Relazione presentata al 50° Convegno internazionale AiCARR
"Beyond NZEB buildings" - Matera, 10-11 maggio 2017
Titolo originale "Saving resources by going evaporative: how evaporative cooling technologies and
water cooled chillers can significantly reduce energy demands"

Francesco Scuderi, Technical and Regulatory Affairs Manager Eurovent association
Maria Elena Proietti, Funzionario Tecnico Assoclimate
Nicola De Cardenas, Managing Director Decsa srl
Alessandro Fontana, Managing Director M.i.t.a. srl - Capo Gruppo Torri di raffreddamento Assoclimate
Philip Montrasio, Amministratore Delegato Evapco Europe srl
Antonio Visintini, Regional Manager South-East Europe Balticare srl

ASSOCLIMA è l'Associazione dei costruttori di Sistemi di Climatizzazione federata ad ANIMA.

Nata nel 1964 come Co.Aer (Associazione costruttori apparecchiature ed impianti aeraulici), rappresenta un settore industriale con più di 60 aziende associate, circa 7.200 addetti e un fatturato totale di 1.555 milioni di euro, con una quota di esportazione del 65%.

Obiettivo fondamentale di ASSOCLIMA è contribuire al miglioramento dell'efficacia e dell'efficienza dei sistemi di climatizzazione, perseguendo sia il benessere delle persone sia la salvaguardia dell'ambiente.

In ASSOCLIMA confluiscono vari gruppi merceologici: pompe di calore, apparecchiature per la climatizzazione e apparecchi terminali, torri di raffreddamento, ventilatori, componenti per la distribuzione e la diffusione dell'aria, filtri per l'aria, scambiatori di calore.

ASSOCLIMA

Via A. Scarsellini, 11/13 - 20161 Milano

tel. +39 0245418.500 - fax +39 0245418545

info@assoclimate.it

www.assoclimate.it - www.anima.assoclimate.it - www.animate.it

Edizione - giugno 2018

