

Committente	
Denominazione progetto	
3A1410290CT-01-GEN-01	Relazione riqualifica impianto di condizionamento dell'acqua

## SOMMARIO

1	PREMESSA .....	3
2	DIMENSIONAMENTO TORRI EVAPORATIVE .....	3
3	CARATTERISTICHE DELL'ACQUA SUL CIRCUITO DI CONDENSAZIONE DELLE TORRI EVAPORATIVE .....	4
3.1	<i>SISTEMI AD OSMOSI INVERSA</i> .....	5
3.2	<i>SISTEMI DI ADDOLCIMENTO DELL'ACQUA</i> .....	5
4	SOLUZIONE OTTIMALE .....	5

Committente	
Denominazione progetto	
3A1410290CT-01-GEN-01	Relazione riqualifica impianto di condizionamento dell'acqua

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di illustrare quali sono le caratteristiche dell'acqua sulla linea di condensazione (torri evaporative) richieste dalle apparecchiature installate e la soluzione proposta per ottemperarle.

## 2 DIMENSIONAMENTO TORRI EVAPORATIVE

Le tre torri evaporative hanno le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale = 1.608 kW
- Temperatura di condensazione = 35°C-29,5°C
- Temperatura bulbo umido = 24°C.

Queste tre torri sono a servizio di un gruppo ad assorbimento di litio e n°3 gruppi frigoriferi delle seguenti caratteristiche:

### GRUPPO AD ASSORBIMENTO DI LITIO

- Potenza nominale frigorifera= 837 kW
- Temperatura di condensazione = 35,5°C - 30°C
- Potenza nominale di condensazione = 2.022 kW

### GRUPPI FRIGORIFERI

- Potenza nominale frigorifera= 1.299 kW
- Temperatura di condensazione = 35,5°C - 30°C
- Potenza nominale di condensazione = 1.727 kW

Tutte le macchine lavorano con le stesse temperature di condensazione infatti le torri sono collegate idraulicamente tra loro.

In condizioni di normale funzionamento il gruppo ad assorbimento è sempre in funzione e i gruppi frigoriferi intervengono in cascata.

In caso di massima richiesta funzioneranno il gruppo ad assorbimento e due gruppi frigoriferi. La potenza complessiva da smaltire è quindi pari a 5.476 kW con temperature di condensazione 36,5 – 31 °C.

Lavorando con temperature differenti rispetto a quelle di targa delle torri evaporative occorre tenere conto di alcuni fattori di conversione. Un valore più alto di temperatura di condensazione aumenta la capacità di scambio termico della torre evaporativa in quanto aumenta la differenza di temperatura tra la temperatura dell'acqua in uscita dalla torre e la temperatura di bulbo umido.

Si riporta la tabella dei fattori di conversione delle torri evaporative installate:

## Fattori di Correzione

App. = Salto Termico Acqua-Aria

BULBO UMIDO 24°C

App. °C	SALTO TERMICO ACQUA																			
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
3	1,68	1,50	1,34	1,21	1,11	1,02	,94	,88	,83	,79	,74	,71	,67	,64	,61	,59	,56	,53	,51	,50
4	1,36	1,22	1,10	1,01	,93	,86	,80	,75	,71	,67	,63	,61	,58	,56	,53	,51	,49	,47	,45	,44
5	1,13	1,03	,94	,87	,80	,74	,70	,65	,62	,59	,56	,53	,51	,49	,47	,45	,44	,42	,41	,39
6	,96	,88	,81	,76	,71	,66	,62	,58	,55	,52	,49	,47	,45	,43	,41	,39	,38	,36	,35	,34
7	,83	,77	,71	,67	,62	,58	,55	,52	,49	,47	,45	,43	,41	,39	,38	,36	,35	,34	,33	,32
8	,74	,68	,64	,60	,56	,53	,50	,47	,45	,42	,41	,39	,37	,35	,34	,33	,32	,31	,30	,29
9	,67	,62	,58	,54	,51	,48	,45	,43	,41	,39	,37	,36	,34	,33	,32	,31	,30	,29	,27	,26
10	,61	,57	,54	,50	,47	,44	,42	,40	,38	,36	,34	,33	,32	,31	,30	,29	,27	,26	,25	,25
11	,57	,54	,50	,47	,43	,41	,39	,37	,35	,34	,32	,31	,30	,29	,27	,26	,26	,25	,24	,24
12	,53	,50	,47	,43	,40	,38	,36	,34	,33	,32	,30	,29	,28	,26	,26	,25	,25	,24	,23	,22
13	,50	,46	,43	,40	,38	,36	,34	,32	,30	,29	,28	,27	,26	,25	,24	,23	,23	,22	,21	,21
14	,47	,44	,41	,38	,36	,34	,32	,30	,29	,28	,27	,26	,25	,24	,23	,23	,22	,21	,21	,21

Il salto termico dell'acqua è 5,5 °C (35,5 – 30°C).

L'approach (salto termico dell'aria) è pari a 6°C (30 - 24 °C).

Con una interpolazione lineare si ha che il fattore di conversione è pari a 0,845.

Quindi la resa termica con temperature di condensazione pari a 35,5 – 30 °C è pari a:

Resa termica= 1.608/0,845= 1.903 kW

Considerando che nella massima condizione di carico vadano tre torri evaporative la potenza termica smaltibile è pari 5.709 kW, superiore alla richiesta al massimo carico.

### 3 CARATTERISTICHE DELL'ACQUA SUL CIRCUITO DI CONDENSAZIONE

Il circuito di condensazione dei gruppi refrigeranti (gruppi frigoriferi e assorbitore a bromuro di litio) è di tipo aperto mediante torri evaporative. Conseguenza dell'evaporazione è l'aumento di concentrazione degli elementi specifici e della conducibilità specifica.

Di seguito si riportano i valori significativi da monitorare richiesti dalle macchine:

Apparecchiatura	pH	Durezza [°f]	Conducibilità specifica [µS/cm]
Torri evaporative	7-8,8	5-50	< 2.400
Assorbitore	6,5-8	5-20	< 800
Gruppi frigoriferi	7-8	10-25	200-600

Il pH è una grandezza che indica quanto un'acqua è acida o basica: il valore indicato in normativa è compreso tra 6,5, caratteristico di acque acide e 9,5 corrispondente ad acque basiche. Un valore pari a 7 indica un'acqua "neutra".

Con il termine durezza dell'acqua si intende il contenuto in sali di calcio e di magnesio, tra questi il più abbondante è il carbonato di calcio. Si esprime in gradi francesi °F: un grado equivale a 10 mg/l di carbonato di calcio

<10°F	Dolce
10-20 °F	Moderatamente dura
20-30 °F	Dura
>30°F	Molto dura

<b>Committente</b>	
<b>Denominazione progetto</b>	
<b>3A1410290CT-01-GEN-01</b>	<b>Relazione riqualifica impianto di condizionamento dell'acqua</b>

La conducibilità elettrica specifica è la misura della capacità di condurre corrente di un'acqua contenente dei sali disciolti (ioni). Tanto più elevata è la concentrazione degli ioni, tanto maggiore sarà la conducibilità. L'acqua ad elevata purezza ha una conducibilità elettrica estremamente bassa. In presenza di sostanze ionizzate o dissociate si verifica un aumento della conducibilità elettrica proporzionale alla loro concentrazione.

### **3.1 SISTEMI AD OSMOSI INVERSA**

L'osmosi inversa (abbreviato R.O. - Reverse Osmosis), è un meccanismo derivato dal fenomeno dell'osmosi, un procedimento presente in natura, mediante il quale un fluido viene concentrato passando attraverso una membrana semipermeabile.

Il fenomeno dell'osmosi diretta si verifica quando tra due soluzioni a diversa concentrazione, si interpone una membrana semipermeabile, che lascia diffondere l'acqua avente concentrazione minore (di sostanze in essa contenute), andando a diluire la soluzione più concentrata. Raggiunto l'equilibrio, nel comparto in cui persisteva la soluzione più salina, il livello del liquido è salito, mentre è sceso in quella meno concentrata. Il  $\Delta p$  tra le due soluzioni, rappresenta la stabilizzazione del livello di concentrazione, e prende il nome di pressione osmotica del liquido. La pressione osmotica la si può dunque definire come la pressione idrostatica necessaria ad impedire lo spostamento di un solvente puro in una sua soluzione attraverso una membrana semipermeabile. Il meccanismo dell'osmosi inversa si ottiene tenendo conto che il processo osmotico è reversibile, infatti applicando una pressione superiore alla pressione osmotica si ottiene una inversione del processo naturale e si fa migrare l'acqua pura dall'altra parte della membrana. Da quanto esposto, ci accorgiamo che il processo di filtrazione non utilizza nessuna sostanza chimica, ma sfrutta esclusivamente un meccanismo fisico: il flusso d'acqua attraverso la membrana in modo tangenziale dividendosi in concentrato e permeato. Con il termine "permeato" si identifica l'acqua che viene privata della salinità definita anche "acqua osmotizzata" e quindi destinata agli utilizzi, mentre con il termine "concentrato" si identifica l'acqua che dopo tale processo si è arricchita di contenuto salino e che quindi viene destinata allo scarico.

Il sistema ad osmosi inversa permette di abbassare sia il valore di durezza che di conducibilità elettrica dell'acqua in quanto "trattiene" sia i sali che gli ioni disciolti.

### **3.2 SISTEMI DI ADDOLCIMENTO DELL'ACQUA**

L'acqua in natura contiene generalmente sali di calcio e magnesio; questi sali costituiscono la durezza che precipitando forma il calcare. Il processo atto all'eliminazione della durezza viene chiamato "addolcimento". L'addolcimento si ottiene facendo passare l'acqua attraverso uno strato di resine scambiatrici di ioni, le quali trasformano ioni di calcio e di magnesio in ioni di sodio che sono solubili e non incrostanti. Quando le resine sono saturate di calcio e di magnesio vengono nuovamente attivate mediante una soluzione di cloruro di sodio (rigenerazione).

Mediante i sistemi moderni la rigenerazione delle resine è completamente automatica. L'impianto installato è a doppia colonna quindi si ha una ridondanza piena infatti durante la rigenerazione l'addolcitore scambia la colonna di addolcimento in modo da garantire sempre l'erogazione di acqua all'utenza.

Durante la rigenerazione l'acqua carica di calcio e magnesio deve venire scaricata.

Il sistema di addolcimento permette di abbassare solo il valore di durezza conseguente alla presenza di sali di calcio e magnesio.

## **4 SOLUZIONE OTTIMALE**

Mentre il sistema ad osmosi inversa riduce sia la conducibilità che la durezza dell'acqua, il sistema ad addolcimento riduce esclusivamente la durezza e innalza la conducibilità. Questo è dovuto al fatto che i sali che vengono utilizzati nel processo sono elettricamente conduttivi.

I limiti richiesti sono riferiti all'acqua circolante nelle macchine. Visto che l'evaporazione dell'acqua aumenta la conducibilità e la durezza, in quanto aumenta la concentrazione dei sali, occorre che l'acqua di reintegro sia con caratteristiche ancora inferiori ai limiti.

Committente	
Denominazione progetto	
3A1410290CT-01-GEN-01	Relazione riqualifica impianto di condizionamento dell'acqua

I valori dell'acqua circolante consigliati, sulla scorta di quanto sopra, sono:

	pH	Durezza [°f]	Conducibilità specifica [ $\mu$ S/cm]
Valore	7-8	10-20	200-400

Questi valori sono ottenibili solo con un impianto ad osmosi inversa. Potrebbe essere eventualmente utile una sinergia con il sistema ad addolcimento per adeguare il valore di pH e durezza.

Per la misura della conducibilità dell'acqua circolante ci si può riferire ai valori misurati dai sistemi di spurgo automatico presenti sui circuiti di torre.

Per i valori di pH e durezza ci si può affidare a un analisi con ricorrenza mensile.

Occorrerà trovare un giusto set point di conducibilità elettrica dell'acqua in uscita dal sistema ad osmosi inversa (inferiore al valore tabulato sopra) per ridurre al minimo la frequenza di spurgo delle torri evaporative.