

# [DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI DI COMPETENZA DEL CONSORZIO LINGOTTO]

Siram SI S.P.A

## Sommario

1	GENERALITÀ.....	3
1.1	Oggetto.....	3
1.2	Descrizione impianti.....	3
1.3	Centrale Fase 1.....	4
1.4	Centrale Fase 2.....	5
1.5	Centrale Fase 3.....	6
2	CALCOLO POTENZA DISPERSA.....	7
2.1	Modello di calcolo.....	7
2.2	Valori di input.....	7
2.3	Potenze disperse.....	10
3	ANALISI SEZIONE FRIGORIFERA.....	12
4	PROVA IN FASE 2.....	13
5	CONSIDERAZIONI.....	14
6	problematiche e efficientamento del sistema.....	16
6.1	Sottosistema di produzione.....	16
6.2	Sottosistema di regolazione.....	17
6.3	Sottosistema di distribuzione.....	18
6.4	Sottosistema di emissione.....	18
7	Interventi finalizzati al risparmio energetico.....	19
7.1	Sezione termica.....	19
7.1.1	Coibentazione scambiatori.....	19
7.1.2	Sistema di accumulo energia termica.....	19
7.1.3	Shock termico.....	19
7.1.4	Modulazione temperature di mandata.....	20
7.2	Sezione frigorifera.....	20
7.2.1	Sistema di accumulo energia termica.....	20
7.2.2	Ottimizzazione funzionamento gruppi frigo.....	20
7.2.3	Uso di pellicole schermanti.....	20
7.3	Relamping.....	21
8	IMPIANTO fotovoltaico.....	23

## 1 GENERALITÀ

### 1.1 Oggetto

Nell'ambito della gestione degli immobili del consorzio Lingotto, Siram Si ha effettuato la diagnosi energetica del sistema edificio - impianto del Lingotto. Tale lavoro, ha lo scopo di poter definire in prima approssimazione lo stato dell'arte dei carichi termici e frigoriferi in confronto al patrimonio impiantistico attualmente a servizio del consorzio.

Una diagnosi energetica si basa su modelli che approssimano la realtà in modo discreto, pertanto non si può pretendere da questa di individuare con precisione assoluta la risposta degli impianti in base alle condizioni climatiche dei singoli giorni o singole ore. Si ottengono invece delle buone approssimazioni per la verifica dei giorni di maggior carico sia invernale che estivo. Si è comunque cercato di avvicinare i modelli alle condizioni medie climatiche e di funzionamento degli impianti.



**Figura 1: Vista generale complesso polifunzionale Lingotto**

Nella centrale frigo di fase 2 sono state effettuate, inoltre, delle prove tese a misurare le portate dei gruppi frigo di cui si riportano i dati.

### 1.2 Descrizione impianti

Il complesso polifunzionale Lingotto, sito in Via Nizza N° 262 di Torino, ha le seguenti centrali tecnologiche:

- A. Centrale Tecnologica denominata Fase 1 – Alimentazione zona fiera
- B. Centrale Tecnologica denominata fase 2 – Alimentazione tronco centrale
- C. Centrale Tecnologica denominata Fase 3 – Alimentazione Tronco Nord

### 1.3 Centrale Fase 1

La centrale tecnologica denominata "Fase 1" è situata nel piano interrato sotto il parcheggio adiacente alla zona Fiere, ad una quota -9,3m dal manto stradale (vedi foto aerea qui sotto). L'accesso avviene dal parcheggio lato via Nizza. Le torri evaporative, collegate ai gruppi frigo sono posizionate sul bordo Sud del tetto della padiglione fiere.

All'interno della centrale risultano installati i seguenti componenti principali cinque gruppi frigo con relative torre evaporative posizionate sul tetto, tre scambiatori a piastre acqua surriscaldate/ acqua calda, gruppi di pompaggio acqua calda / acqua refrigerata / acqua di torre, sistema di trattamento acqua, sistema di espansione e sistema di essiccazione e compressione dell'aria.

Inoltre, sottostante la centrale tecnologica sono installate le pompe di alimentazione della rete anti-incendio della zona fiere. Infine, adiacente alla centrale sono ubicate la cabina di trasformazione ed i quadri di alimentazione elettrica della centrale tecnologica stessa, con il generatore elettrico di emergenza alimentato a gasolio.

La centrale "Fase 1" alimenta la rete di distribuzione della zona Fiere, è risulta collegata con la centrale "Fase 2".

I componenti presenti nella centrale fase 1, sono stati installati per lo più all'inizio degli anni '90

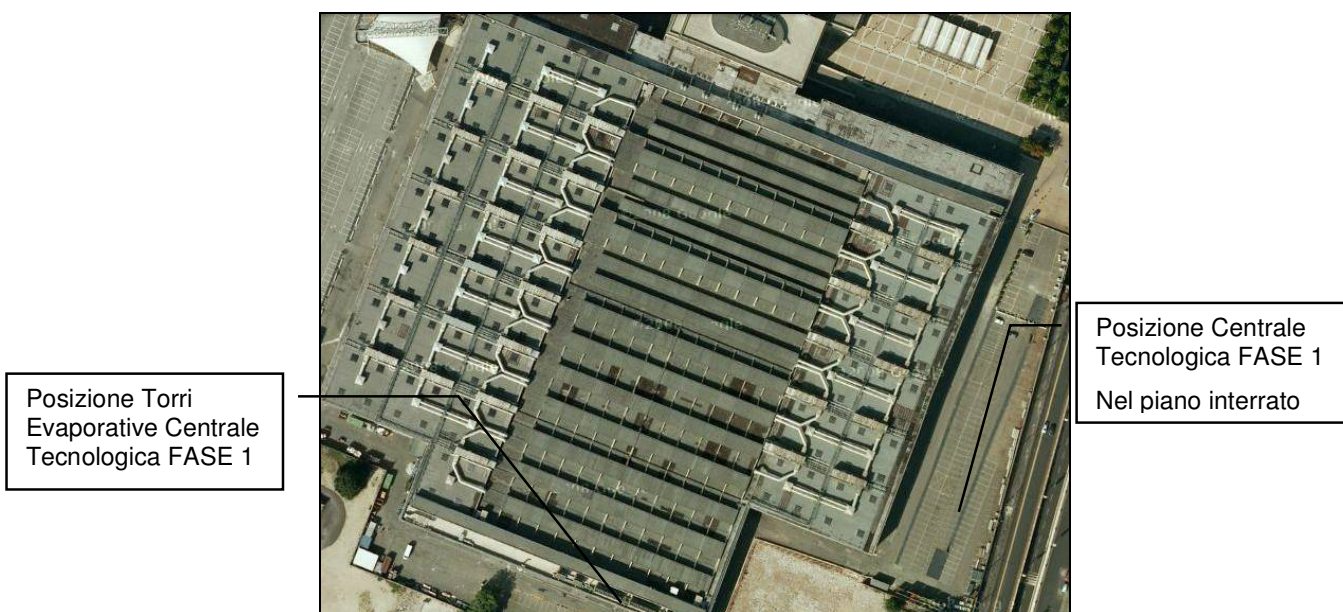


Figura 2: Vista aerea zona fieri

Energia	scambiatori / gruppi frigoriferi	Potenza istallata kW	Potenza totale kW
	N°		
Termica	3	3.750	11.250
Frigorifera	3+2	4150 + 965	14.380

#### 1.4 Centrale Fase 2

La centrale tecnologica denominata "Fase 2" è situata nel piano denominato edificio sommerso sotto il tronco centrale del complesso polifunzionale Lingotto ad una quota -6,85m dal manto stradale (vedi foto aerea sottostante) dove sono situati tutti i locali tecnologici come centrali di climatizzazione, cabine elettriche e di trasformazione, centrali antincendio e pressurizzazione acqua potabile o acqua di irrigazione. L'accesso avviene dall'interno del complesso tramite gli accessi di servizio (scale o ascensori) oppure tramite la rampa di accesso veicolare. Le torri evaporative, collegate ai gruppi frigo sono posizionate sul lato parcheggi all'interno di spazio recintato, insieme ai gruppi elettrogeni di emergenza alimentati a gasolio.

All'interno della centrale denominata "Fase 2", progettata per alimentare il tronco centrale del complesso, risultano installati i seguenti componenti principali:

- n°4 gruppi frigo con relative torre evaporative posizionate nei parcheggi collegate tramite due tubazioni da 26" isolate, in cunicolo;
- n°3 scambiatori a piastre acqua surriscaldata / acqua calda collegati alla rete di teleriscaldamento;
- n°1 gruppi di pompaggio acqua calda, di acqua refrigerata e di acqua di torre;
- n°1 sistema di trattamento acqua e sistema di espansione.

Adiacente alla centrale sono ubicate la cabina di trasformazione ed i quadri di alimentazione elettrica della centrale tecnologica stessa.

La centrale "Fase 2" è stata testimone di un'importante ristrutturazione nel 2002, dove gli assorbitori inizialmente collegati alla rete di teleriscaldamento, sono stati sostituiti con dei gruppi frigo di pari potenza frigorifera alimentati ad energia elettrica, per motivi di risparmio economico. Di conseguenza sono stati modificati anche i gruppi di pompaggio di acqua di torre ed acqua refrigerata. Le torri evaporative originali sono state mantenute, ed infatti risultano sovradimensionate rispetto alla potenza necessaria. La centrale tecnologica "fase 2" è stata progettata per alimentare il tronco centrale del complesso e la palazzina uffici, per quanto riguarda l'energia termica ed frigorifera.

Energia	scambiatori / gruppi frigoriferi N°	Potenza installata kW	Potenza totale kW
Termica	3	6.100	18.300
Frigorifera	4	3.000	12.000



Posizione Torri  
Evaporative Centrale  
Tecnologica FASE 2  
e gruppi elettrogeni



Posizione Centrale  
Tecnologica FASE 2,  
nel piano interrato –  
edificio sommerso

Figura 3: Vista aerea tronco centrale

### 1.5 Centrale Fase 3

La centrale tecnologica denominata “Fase 3” è situata nel piano denominato edificio sommerso sotto la parte Nord del complesso polifunzionale Lingotto ad una quota -5,80m dal manto stradale (vedi foto aerea sottostante) dove sono situati tutti i locali tecnologici come centrali di climatizzazione, cabine elettriche e di trasformazione, centrali antincendio e pressurizzazione acqua potabile o acqua di irrigazione. L’accesso avviene dall’interno del complesso tramite gli accessi di servizio (scale o ascensori) oppure tramite la rampa di accesso veicolare. Le torri evaporative, collegate ai gruppi frigo sono posizionate sul lato parcheggi all’interno di un spazio recintato, inoltre i gruppi elettrogeni di emergenza alimentati a gasolio sono posizionati sotto i parcheggi ma accanto al corpo centrale.

All’interno della centrale denominata “Fase 3”, progettata per alimentare il tronco Nord del complesso, risultano installati i seguenti componenti principali:

- n°3 gruppi frigo con relative torri evaporative posizionate nei parcheggi collegate tramite due tubazioni isolate in cunicolo;
- n°4 quattro scambiatori a piastre acqua surriscaldate / acqua calda;
- n°1 gruppi di pompaggio acqua calda / acqua refrigerata / acqua di torre;
- n°1 Sistema di trattamento acqua e sistema di espansione.

Adiacente alla centrale sono ubicate la cabina di trasformazione ed i quadri di alimentazione elettrica della centrale tecnologica stessa.

Durante il sopralluogo, tale centrale risulta spenta in quanto alimentata dalla centrale “fase 2”, tramite una tubazione di 20”. Questo è reso possibile dai collegamenti tra le reti di distribuzione tra le centrali fase 1, 2 e 3, con l’ausilio di valvole attivate manualmente.

Energia	scambiatori / gruppi frigoriferi	Potenza installata kW	Potenza totale kW
	N°		
Termica	4	3.000	12.000
Frigorifera	3	3.000	12.000

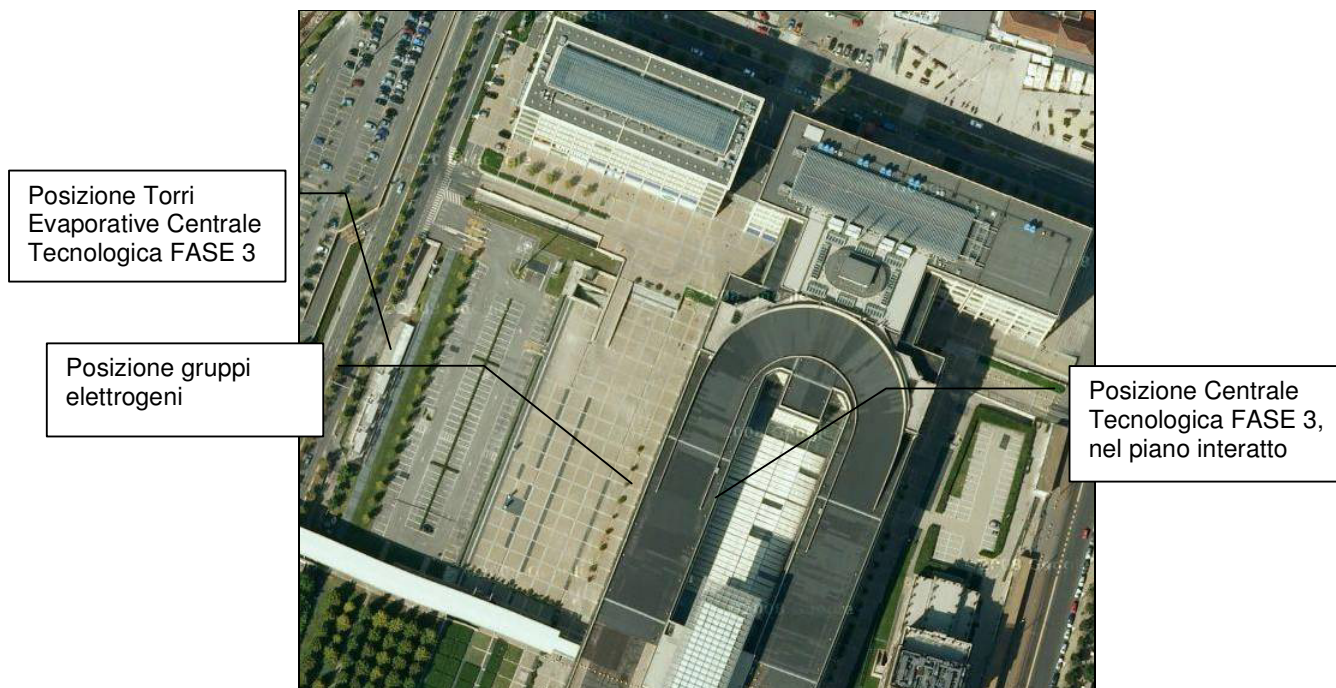


Figura 4: Vista area Tronco Nord

## 2 CALCOLO POTENZA DISPERSA

### 2.1 Modello di calcolo

Per effettuare un calcolo della potenza dispersa dagli edifici del complesso lingotto è stato realizzato un modello numerico, tramite software Edilclima ver6.2 che permette la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici (sia invernali che estive) in conformità alle **Specifiche Tecniche UNI/TS 11300 parte 1 e 2**.

Nell'impossibilità di avere dati precisi sulle prestazioni termiche delle pareti opache e finestrate presenti, sono stati ipotizzate delle stratigrafie più probabili prelevando i materiali costituenti gli strati dall'archivio materiali e da abachi specializzati. In particolare il programma consente di calcolare la **trasmissione termica** delle strutture opache secondo **UNI EN ISO 6946** e la trasmissione termica equivalente del sistema **struttura-terreno** secondo la norma **UNI EN ISO 13370** in caso di pareti e/o pavimenti controterra.

Con gli stessi dati di input, è possibile determinare le **caratteristiche termiche in regime dinamico** secondo **UNI EN ISO 13786**, che descrivono il comportamento termico del componente quando soggetto a flusso termico variabile. Viene quindi calcolato il valore della trasmissione termica periodica, del fattore di attenuazione e dello sfasamento termico.

Invece, il calcolo della trasmissione termica del serramento è effettuato secondo **UNI EN ISO 10077** (per finestre singole, doppie e accoppiate, con pacchetti vetrati differenziati).

### 2.2 Valori di input

Come input del modello vengono inserite le volumetrie riscaldate o raffreddate acquisite dalle planimetrie del complesso lingotto suddivise nelle seguenti macro zone:

- Lingotto fiere;
- Corpo centrale Fase 2;

- Corpo centrale Fase 3;
- Palazzina Fiat;
- Albergo.

Impostando le superficie opache e finestrate sia verticali che orizzontali per ogni zona.

Tale modello viene combinato con il profilo climatico del sito di riferimento (Torino) integrato nel software (vedi figura e tabelle seguenti)

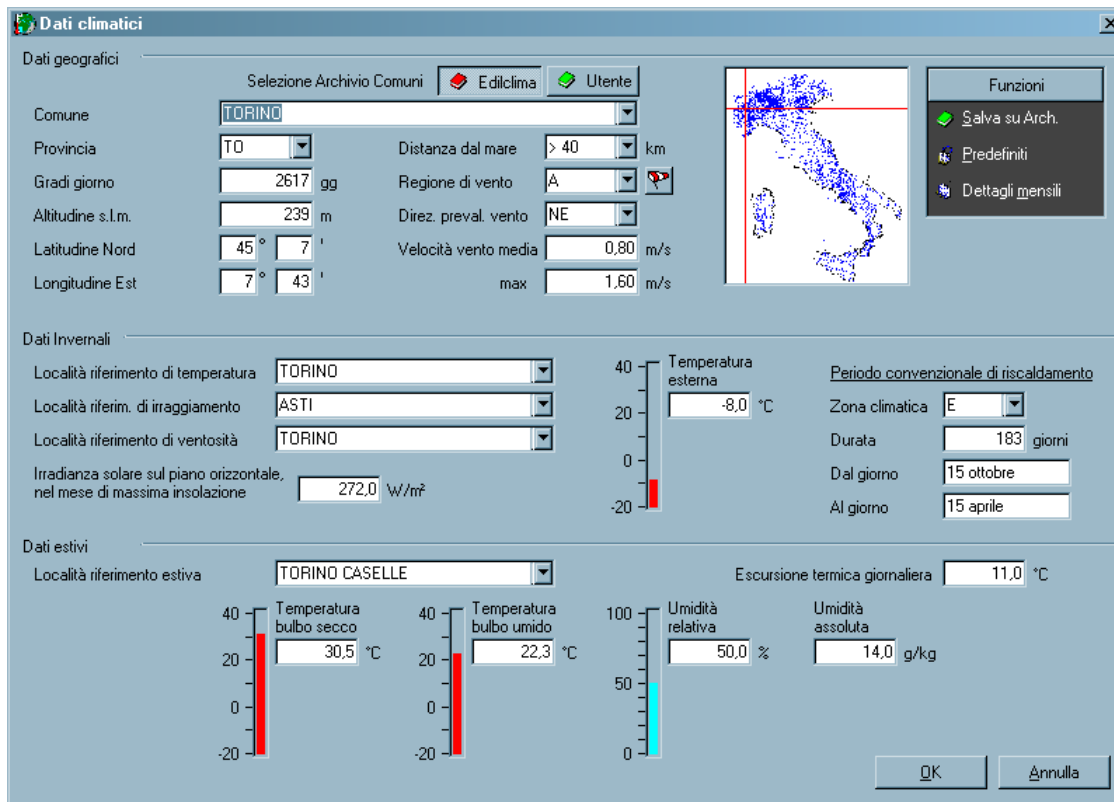


Figura 5: profilo climatico Torino

Per il calcolo delle potenze estive disperse si prendono in considerazione oltre all'irraggiamento solare i anche i seguenti fattori di carico termico endogeno

**Ricambi aria (Vol/h):** Valore del ricambio d'aria del locale per il calcolo della potenza di picco estiva: dato ricavato da valori tabellare oppure dalla norma UNI 10339;

**Numero di persone per mq:** Il numero totale delle persone presenti nel locale viene calcolato in base al numero di persone al m<sup>2</sup> ed alla superficie in pianta del locale;

**Potenza elettrica per mq (W/m<sup>2</sup>):** Il valore totale della potenza elettrica presente nel locale viene calcolato in base alla potenza elettrica per m<sup>2</sup> ed alla superficie in pianta del locale;

**Q Sensibile per persona (W/pers):** Gli apporti in termini di calore sensibile, per ogni persona, in funzione dell'attività svolta e della temperatura interna del locale;

**Q Latente per persona (W/pers):** Gli apporti in termini di calore latente, per ogni persona, in funzione dell'attività svolta e della temperatura interna del locale;



**TORINO Provincia: TO**

Altitudine: 239 m slm  
 Latitudine: 45° 7' latitudine Nord  
 Longitudine: 7° 43' longitudine Est  
 Località di riferimento  
 per la temperatura : TORINO  
 per la irradiazione I loc. : TORINO Il loc. ASTI  
 per il vento : TORINO Vento Regione A  
 Direzione prevalente : NE  
 Vento medio : 0,80 m/s  
 Vento max : 1,60 m/s

**Dati di progetto invernali**

Temperatura esterna : -8,0 °C  
 Gradi giorno : 2617  
 Zona climatica : E  
 Durata convenzionale periodo riscaldamento. : 183 gg

**Dati di progetto estivi**

Temperatura esterna bulbo asciutto : 30,5 °C  
 Temperatura esterna bulbo umido : 22,3 °C  
 Umidità relativa : 50,0 %  
 Escursione termica giornaliera : 11,0 °C

**Temperature medie mensili (°C):**

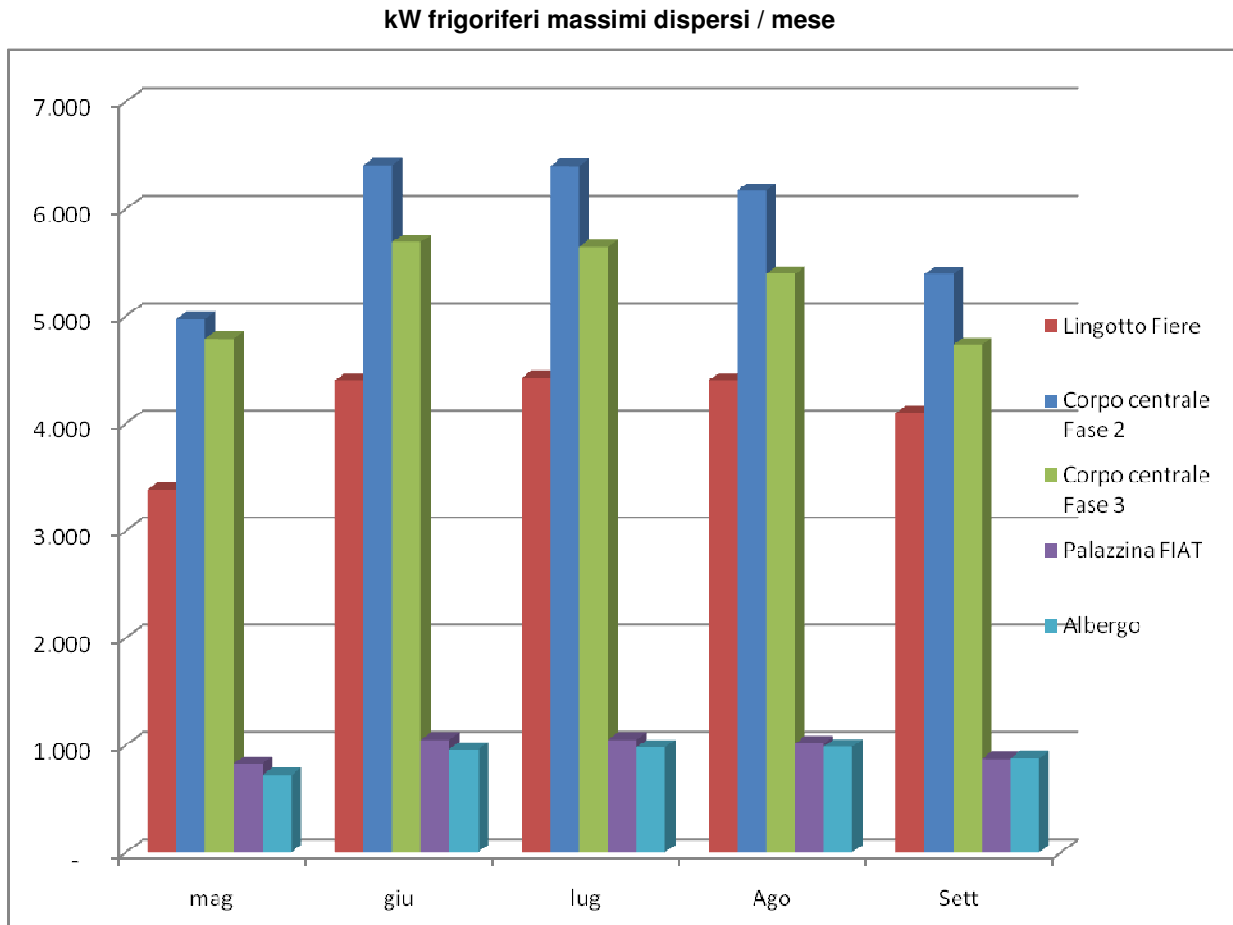
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
	0,4	3,2	8,2	12,7	16,7	21,1	23,3	22,6	18,8	12,6	6,8	2,0

**Irradiazione media mensile (MJ/m<sup>2</sup>giorno) 45° 7' Latit. Nord. 7° 43' Longit. Est.**

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
OR	5,0	7,8	12,2	17,0	19,6	21,5	23,5	18,5	13,5	9,3	5,5	4,7
N	1,8	2,5	3,7	5,5	7,6	9,1	9,1	6,3	4,2	2,9	1,9	1,5
NE	1,9	3,2	5,5	8,4	10,5	11,8	12,6	9,4	6,3	3,9	2,2	1,7
E	4,1	6,1	8,9	11,7	12,9	13,9	15,4	12,5	9,6	7,1	4,4	4,0
SE	7,1	9,1	11,3	12,4	12,0	12,1	13,7	12,5	11,3	10,0	7,3	7,4
S	9,0	10,8	11,9	11,2	9,8	9,5	10,6	10,7	11,2	11,6	9,2	9,6
SO	7,1	9,1	11,3	12,4	12,0	12,1	13,7	12,5	11,3	10,0	7,3	7,4
O	4,1	6,1	8,9	11,7	12,9	13,9	15,4	12,5	9,6	7,1	4,4	4,0
NO	1,9	3,2	5,5	8,4	10,5	11,8	12,6	9,4	6,3	3,9	2,2	1,7

### 2.3 Potenze disperse

Si ottengono le potenze massime mensili estive e di picco disperse in regime stazionario per tale modello indicate nel grafico e nella tabella seguente.



[DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI DI COMPETENZA DEL  
**CONSORZIO LINGOTTO**]

15 luglio 2011

LINGOTTO CALCOLO POTENZA DISPERSA ESTIVA ED INVERNALE

	Centrale di riferimento Fase	Potenza estiva mensile [kwf]				Potenza picco invernale [kWc]
		mag	giu	lug	Ago	
Lingotto Fiere	1	3.381	4.398	4.426	4.096	6.163
Corpo centrale Fase 2	2					
Centro Congressi+Alpitour	2	738	885	885	845	702
piano terra	2	529	816	820	648	1.608
galleria	2	1.264	1.521	1.516	1.262	1.865
2 piano	2	772	1.006	1.006	850	1.414
3 piano	2	815	1.048	1.050	893	1.416
4 piano	2	854	1.132	1.124	892	1.925
<b>TOTALE</b>	<b>3</b>	<b>4.972</b>	<b>6.408</b>	<b>6.401</b>	<b>5.390</b>	<b>8.930</b>
Corpo centrale Fase 3	3					
Cinema	3	835	974	974	937	696
piano terra	3	287	471	471	386	955
galleria	3	2.187	2.355	2.305	1.774	852
2 piano	3	503	631	634	556	791
3 piano	3	468	596	599	520	791
4 piano	3	509	663	660	556	1076
<b>TOTALE</b>	<b>3</b>	<b>4.789</b>	<b>5.690</b>	<b>5.643</b>	<b>4.729</b>	<b>5.161</b>
Palazzina FIAT	2	825	1.049	1.050	873	1.566
Albergo+Pam+Saturn	3	722	959	980	880	1.584
<b>Totale</b>		<b>14.689</b>	<b>18.504</b>	<b>18.500</b>	<b>15.968</b>	<b>23.404</b>
<b>Totale escluso Fiere</b>		<b>11.308</b>	<b>14.106</b>	<b>14.074</b>	<b>11.872</b>	<b>17.241</b>
<b>Totale escluso Fiere e C.C.</b>		<b>10.717</b>	<b>13.398</b>	<b>13.366</b>	<b>11.196</b>	<b>16.539</b>
<b>Totale escluso Fiere, C.C. e albergo NhTech</b>		<b>10.717</b>	<b>13.398</b>	<b>12.680</b>	<b>11.196</b>	<b>14.955</b>
<b>Potenza installata fase 2</b>		<b>11.721</b>	<b>11.721</b>	<b>11.721</b>	<b>11.721</b>	<b>18.300</b>

In rosso si evidenzia il maggior fabbisogno dei consumi rispetto alla produzione massima ottimale di centrale, la parzializzazione con esclusione di alcune utenze che non insistono continuamente sui consumi generali, evidenzia un livellamento dei consumi su valori prossimi ai dati di targa della centrale di produzione.

I valori ottenuti con il metodo matematico proposto evidenziano nella tabella che i dati di targa delle apparecchiature installate, in condizioni ottimali di progetto, nuove e con carichi ottimali, determinano dei valori di energia erogata, prossimi ma non sufficienti a garantire i valori richiesti

### **3 ANALISI SEZIONE FRIGORIFERA**

I dati di targa delle macchine installate forniti dalla ditta costruttrice (riassunti nella tabella), confermano che nelle condizioni climaticamente peggiori, nei periodi di maggior carico la differenza tra la potenza erogata e quella assorbita risulta negativa, quindi il fabbisogno è superiore alla potenza prodotta.

**DATI DI FUNZIONAMENTO**

N°4 Gruppo refrigeratore d'acqua con compressore centrifugo aperto monostadio e moltiplicatore di giri incorporato e inverter Variable Speed Drive.  
 Modello YK GBFB H6 5CS E

Potenza frigorifera		kW	2.922
Refrigerante		R	134a
Potenza elettrica assorbita dal motore		kW	498/503
Potenza elettrica assorbita totale		kW	498/516
C.O.P.		-	5,87
Massimo carico elettrico del motore		kW	516
Portata acqua refrigerata		l/s	140
Temp. ingresso acqua evaporatore		°C	12
Temp. uscita acqua evaporatore		°C	7
Portata acqua raffreddamento condensatore		l/s	162
Temp. ingresso acqua condensatore		°C	29
Temp. uscita acqua condensatore		°C	34
Perdita di carico lato acqua :			
• attraverso l'evaporatore	passi 2	kPa	82
• attraverso il condensatore	passi 2	kPa	82
Pressione lato acqua raggiungibile in esercizio:			
• evaporatore		kPa	1050
• condensatore		kPa	1050
Fattore sporcamento evaporatore ARI 550-590		m <sup>2</sup> °C/kW	0.018
Fattore sporcamento condensatore ARI 550-590		m <sup>2</sup> °C/kW	0.044
Alimentazione elettrica		V/Ph/Hz	400/3/50
Corrente nominale motore		A	895
Corrente assorbita (nelle condizioni di funzionamento specificate)		A	822
Peso in funzione		kg	16.800
Dimensioni		m	5,0 x 2,5 x 2,6

2

**YORK Italia**  
 YORK INTERNATIONAL S.r.L.

L'analisi obiettiva dei dati porta a considerare comunque che tali situazioni avvengono raramente e per periodi brevi di tempo, ciò non toglie comunque che formalmente ci si trova in situazioni di funzionamento estreme.

#### 4 PROVA IN FASE 2

Si riportano di seguito i dati relativi alla prova di misura effettuata nella centrale frigorifera di fase 2 effettuata il 4 luglio scorso.



	Ora	Data	
<b>Centrale frigo fase 2</b>			
<b>Frigo 1</b>	14.47	04-lug-2011	
T mandata - misurata		7.5	°C
T ritorno - misurata		10.8	°C
Delta T		3.3	°C
portata - misurata		528.07	mc/h
Potenza		2026	kWf
Potenza assorbita - lettura		391	kWe
Stato del carico		75%	%
COP		5.18	
<b>Frigo 4</b>	15.53	04-lug-2011	
T mandata - misurata		7.5	°C
T ritorno - misurata		11.3	°C
Delta T		3.8	°C
portata - misurata		508	mc/h
Energia		2244	kWf
Potenza assorbita - lettura		450	kWe
Stato del carico		87%	%
COP		4.98	

Da quanto riportato nei dati sopra esposti si può dire che le macchine hanno un funzionamento al di sotto dei dati di targa, ma non troppo distanti.

Considerando che le macchine hanno oramai almeno dieci anni i dati di sopra sembrano discreti.

## 5 CONSIDERAZIONI

La centrale frigorifera di Fase 2 è stata progettata con caratteristiche tecniche e impiantistiche tali da garantire in condizioni ottimali, la copertura dei carichi richiesti da tutta la struttura compresi gli edifici esterni al corpo centrale (palazzina Fiat, Fiere e albergo Nh Tech).

Il soddisfacimento dei carichi frigo nei periodi critici, interamente dalla centrale Fase 2, per via dell'attuale tariffazione favorevole dell'energia frigo di questa centrale, implica che i gruppi frigo vengano utilizzati al 100% della loro capacità.

Essendo però questa tipologia di macchine progettate per lavorare in modo ottimale a carichi parziali, grazie all'uso di apposite apparecchiature (Inverter), il funzionamento al massimo della loro capacità, oltre a determinarne una maggiore usura, non permette di ottenere i rendimenti ideali di funzionamento per kWf prodotto, come si può notare sull'estratto della scheda tecnica del Fornitore York (vedi figura sottostante).

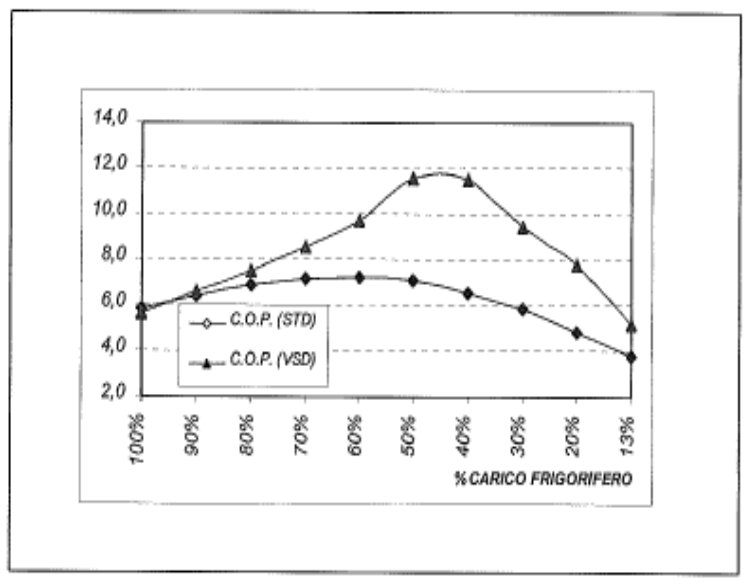
**CONFRONTO PRESTAZIONI AI CARICHI PARZIALI**  
 Secondo ARI 550/590-98

% carico	C.O.P. (STD)	C.O.P. (VSD)
100%	5,870	5,650
90%	6,430	6,650
80%	6,870	7,490
70%	7,140	8,550
60%	7,210	9,720
50%	7,090	11,620
40%	6,570	11,520
30%	5,860	9,470
20%	4,840	7,800
13%	3,790	6,260

A=COP a 100%; B=COP a 75%; C=COP a 50%; D=COP a 25%

C.O.P.(medio stagionale):  $0.01A+0.42B+0.45C+0.12D = 6,83$  (STD)

C.O.P.(medio stagionale):  $0.01A+0.42B+0.45C+0.12D = 9,69$  (VSD)



I due differenti valori di COP (Coefficiente di prestazione) riguardano macchine con o senza Inverter; quelle installate in Fase 2 sono dotate di Inverter Variable Speed Drive (VSD).

Per sfruttare al meglio detta caratteristica è necessario quindi far funzionare le macchine a valori percentuali che variano tra il 30 e il 60%, quindi cercando di suddividere il carico con altre centrali.

## 6 PROBLEMATICHE E EFFICIENTAMENTO DEL SISTEMA

Per valutare l'efficienza complessiva di un sistema di riscaldamento o di raffrescamento, come indicati nella normativa UNI/TS 11300-2 di riferimento, i fattori principali per la valutazione sono i seguenti:

- **Rendimento del sottosistema di produzione**, questo dipende della tipologia e lo stato delle macchine per la produzione dei fluidi freddi e caldi nel trasformare energia primaria (elettrica, gas od altro) in energia utile da immettere nel sistema. Le perdite di generazione dipendono non solo dalle caratteristiche del generatore di calore, ma sono fortemente influenzate anche dalle modalità di inserimento del generatore nell'impianto e, in particolare, dal suo dimensionamento rispetto al fabbisogno dell'edificio, dalle modalità di installazione e dalla temperatura dell'acqua (media e/o di ritorno al generatore) nelle condizioni di esercizio (medie mensili);
- **Rendimento del sottosistema di regolazione**, questo dipende della tipologia dei sistemi elettronici o meccanici di regolazione di tali macchine e della ripartizione dell'energia termica o frigorifera come per esempio la regolazione della temperatura di mandata in base alle condizioni climatiche esterne e di carichi interni ai locali serviti ;
- **Rendimento del sottosistema di distribuzione**, questo dipende dei componenti adottati per la distribuzione dei fluidi nell'impianto generalmente composto da elettropompe ed del loro corretto dimensionamento. Gli impianti devono essere dotati di dispositivi per inibire il funzionamento delle pompe di circolazione durante i periodi di non attivazione dell'impianto;
- **Rendimento del sottosistema di emissione**, questo rendimento dipende della tipologia di componenti adottati per l'emissione dell'energia termica o frigorifera ed delle caratteristiche geometriche dei locali;

Nei paragrafi successivi saranno sviluppate le problematiche principali riscontrate ed i possibili miglioramenti per ogni rendimento di sottosistema dell'impianto.

### 6.1 Sottosistema di produzione

Dall'analisi dello stato di fatto delle macchine produttrici dell'energia termica e frigorifera, per quanto riguarda fase 2 e 3 in quanto centrali principali di produzione fluidi del complesso, nello caso specifico sono composti da scambiatori a piastre per la produzione di calore e da gruppi frigo elettrici per la produzione di freddo, si evince quanto indicato in seguito:

Non sono emerse particolari problematiche per la produzione di calore tramite l'uso di scambiatori a piastre, che presentano un elevato rendimento di produzione di per sé. Un possibile miglioramento consiste nell'isolamento degli stessi attualmente assente per ridurre le perdite di calore dal mantello, che presenta una superficie disperdente estesa a causa delle dimensioni considerevoli di ciascun scambiatore (dell'ordine di mq).

Inoltre, considerando la modalità di fatturazione dell'energia primaria, acqua surriscaldata proveniente dalla rete di teleriscaldamento con tariffazione differenziata durante la giornata, si potrebbe valutare una modalità di accumulo inerziale di calore nei periodi di carico ed tariffazione minore (ore notturne) da sfruttare nei periodi di carico di picco e tariffazione superiore (ore diurne), per ripartire la produzione in modo più uniforme.

In questo caso necessario per bilanciare un modo più uniforme i carichi tra i gruppi Frigo di ogni Fase ed anche tra Fasi, quando Fase 2 non riesce a soddisfare la richiesta complessiva nei momenti critici (vedi tabelle dei carichi), in quanto non dimensionata per questo scopo.

La possibilità di accumulo inerziale dell'energia frigorifera può essere valutato, considerando la riduzione del costo dell'energia elettrica durante il periodo notturno, in concomitanza con il periodo di minimo carico frigo. Questo accumulo può essere utilizzando durante l'avvio del processo di raffreddamento. In più, il raffreddamento può essere attuato anche in anticipo alla richiesta effettiva, per tener in conto dell'inerzia del sistema edificio impianto, sfruttando sempre la tariffazione inferiore durante il periodo notturno.

Inoltre le torri evaporative della centrale fase 2, essendo i componenti antecedenti alla ristrutturazione della centrale nel 2002 e più esposti alle intemperie, presentano chiari segni di affaticamento e corrosione che richiedono interventi di manutenzione conservativa. Nelle foto sottostanti sono illustrati i punti di corrosione e disfacimento del corpo stesso della torre o dei componenti idraulici/elettrici collegati, punti da controllare con attenzione.



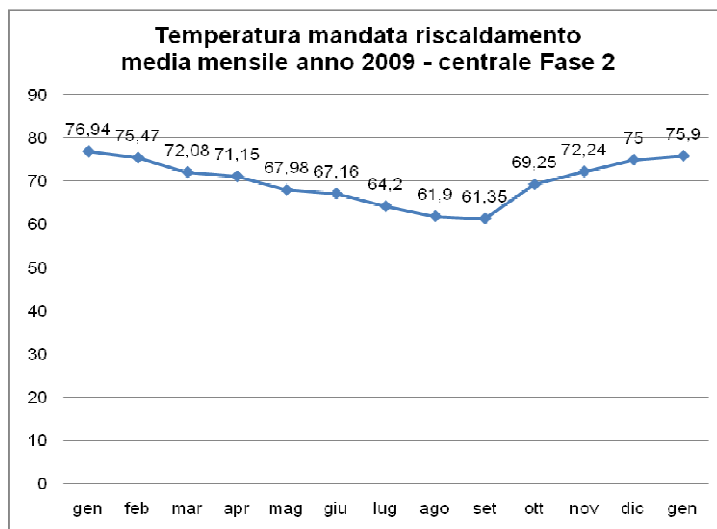
Il funzionamento non ottimale delle torri evaporative mette in difficoltà i gruppi frigo di riferimento nel loro ciclo frigorifero, in particolare nelle giornate più critiche dal punto di vista del caldo ed umidità quando la torre non riesce a smaltire in modo ottimale il calore proveniente dal condensatore del circuito.

## 6.2 Sottosistema di regolazione

Dall'analisi del sottosistema di regolazione emerge che il sistema gestionale della Honeywell non dà la possibilità di regolare le temperature di mandata in modo automatizzato preciso e puntuale in base alle richieste, in particolare per di riscaldamento. Ad oggi con l'ausilio di un'elettrovalvola di regolazione sul circuito primario dei scambiatori, è possibile regolare la temperatura di mandata sul secondario, in modo di modulare la temperatura di mandata, ma questo non avviene in modo automatizzato, solamente in base all'esperienza pluriennale del gestore degli impianti.

Nel grafico successivo è rappresentato l'andamento delle temperature medie mensili di mandata di riscaldamento in uscita dalla centrale Fase 2, registrate durante il periodo da gennaio 2009 a gennaio 2010. Considerando il periodo di riscaldamento, secondo la normativa vigente, per la zona climatica di riferimento è 183gg (dal 15 ottobre al 15 aprile) e la temperatura di progetto per gli ambiente riscaldati di 20°C.

Nel periodo esaminato la temperatura massima invernale risulta essere pari a 76,9°C Si può notare un abbassamento progressivo delle temperature all'inizio e verso la fine del periodo di riscaldamento, corrispondente alle mezze stagioni naturalmente più miti, fino a circa 70°C. Nel periodo di spegnimento dell'impianto di riscaldamento la temperatura, si abbassa ulteriormente da 67°C fino ad un minimo di 61°C ad agosto. Tali temperature sono giustificate dal fatto della richiesta di fluidi caldi per le batterie di post riscaldamento delle UTA in modalità condizionamento estivo e per la produzione di acqua calda sanitaria.



La regolazione della temperatura avviene unicamente tramite la valvola di regolazione sullo scambiatore principale, senza possibilità di regolazione a valle, per l'assenza di ulteriori valvole di regolazione. In effetti, i fluidi caldi vengono successivamente convogliati nel collettore principale di mandata, per poi diramarsi nelle tubazioni di alimentazione dei vari circuiti. Questo impone la temperatura di mandata a tutti i circuiti collegati, di cui i principali utenti allacciati sono l'albergo, gli uffici, centro congresso e il padiglione V.

In particolare, la richiesta di acqua calda sanitaria costante con frequenti periodi di innalzamento della temperatura di mandata per effettuare shock termici dei accumuli d'acqua, comporta che la temperatura di mandata non può essere ridotta nell'intero impianto, con conseguente elevata dispersione termica in tutta la rete. Tali shock termici, potrebbero essere attuati localmente con l'uso di resistenze elettriche nei accumuli, accese giusto il tempo per ottenere la temperatura minima necessaria, oppure utilizzando sistemi chimici anti legionella.

La stessa problematica si riscontra con la regolazione del freddo che non permette la regolazione puntuale delle temperatura in base ai carichi effettivi, avendo la possibilità di regolare unicamente la temperatura di mandata in uscita dei gruppi frigo. Considerando il fatto che i carichi estivi puntuali dipendono enormemente dagli apporti gratuiti interni (occupazione ed utilizzo locali) ed esterni (irraggiamento solare), per esempio l'area est risulta più critica nella mattinata ed invece quella ovest nel pomeriggio. Sarebbe utile avere la possibilità di parzializzare l'impianto in base all'utilizzo, occupazione, posizione dei locali (est ovest, piano per piano ecc..) ed orario in modo automatizzato.

### 6.3 Sottosistema di distribuzione

Non ci sono problematiche particolari riscontrati sull'efficienza del sistema di distribuzione, a parte il fatto di poter parzializzare l'impianto come indicato nel paragrafo precedente, per poter gestire le portate in modo più preciso, evitando le dispersioni visto l'estensione della rete e il discreto stato dell'isolamento della rete di distribuzione principale (come individuato da un esame visivo nella parte accessibile).



Figura 6: vista stato isolamento rete distribuzione

### 6.4 Sottosistema di emissione

Questo rendimento dipende della tipologia di componenti adottati per l'emissione dell'energia termica o frigorifera ed delle caratteristiche geometriche dei locali. In questo caso, il sistema di emissioni consiste principalmente di unità UTA localizzate per la distribuzione di aria calda o fredda nelle varie macro zone del complesso. L'efficienza del sistema di emissione può essere migliorato con la sostituzione delle UTA con unità con ventilatori ad inverter per modulare le portate di aria in base alle effettive richieste, e con scambiatori con maggiori efficienze di scambio e recupero termico.

Inoltre, si potrebbe attuare un programma di free cooling durante il periodo di carico minimo, verificando la fattibilità tecnica con le macchine ed il sistema di gestione esistenti, vale a dire ridurre la temperatura dell'aria senza l'ausilio di macchine frigo ma semplicemente sfruttando il fatto che l'aria esterna è più fredda di quella interna durante il periodo notturno e nel periodo invernale. Questo può essere attuato con l'inserimento di valvole 3-vie sul circuito delle torri evaporative, by passando i gruppi frigoriferi per la il raffreddamento dell'acqua dei circuiti in modo diretto.

Infine una corretta e puntuale regolazione dei fluidi può avvenire rendendo compatibili le attività di regolazione a valle degli impianti ottimizzandole in funzione delle temperature esterne e delle effettive presenze di personale.



## 7 INTERVENTI FINALIZZATI AL RISPARMIO ENERGETICO

L'analisi fin qui svolta ha evidenziato la possibilità di effettuare degli interventi correttivi/migliorativi con lo scopo di ottimizzare l'uso di energia primaria (termica, frigorifera ed elettrica).

### 7.1 Sezione termica

#### 7.1.1 Coibentazione scambiatori

La coibentazione degli scambiatori presenti in tutte e tre le fasi comprese le tubazioni di mandata alle stazioni di pompaggio corrispondenti garantirebbe un risparmio considerevole a basso costo, non è interesse del fornitore del servizio coibentare gli scambiatori in quanto la dispersione viene contabilizzata a valle del misuratore di calore e considerata a tutti gli effetti come consumo dell'utenza.

La sola coibentazione degli scambiatori permetterebbe di risparmiare i seguenti quantitativi di energia:

*Fase 1* : 15 MWh/anno;

*Fase 2* : 45 MWh/anno;

*Fase 3* : 20 MWh/anno.

Con Delta T sul primario 120°C – 70°C e sul secondario 85°C - 65°C del scambiatore e sulla base di 4.000 ore di funzionamento medio a scambiatore.

#### 7.1.2 Sistema di accumulo energia termica

Durante la stagione invernale, dal 15 ottobre al 15 aprile, il gestore del servizio di teleriscaldamento (IREN Energia) applica delle tariffe notturne inferiori a quelle diurne di circa il 50%. La realizzazione di serbatoi di accumulo del fluido caldo prodotto durante le ore notturne e che poi verrebbe rilasciato nell'arco della giornata permetterebbe di risparmiare detta percentuale su quantitativi interessanti, dipendenti dal numero e grandezza dei serbatoi.

Dal punto di vista impiantistico l'implementazione di questo tipo di intervento consiste nella costruzione da n°2 a 4 serbatoi con capacità circa 10.000 lt da ubicare nelle centrali di Fase 2 e 3 che presentano più consumo, in base alla disponibilità di spazio (dimensione di ciascun serbatoio circa 2m di diametro per 4m di altezza);

Come indicazione di massima, con 40mc di acqua calda accumulata a 70°C, è possibile accumulare circa 2.500 kWh di energia termica, in base alla portata di erogazione (ipotesi 20mc/h), è possibile erogare 1.250kW di potenza per un periodo 2 ore da utilizzare durante l'avviamento dell'impianto di riscaldamento.

Per conseguenza, durante l'intero periodo di riscaldamento di 183gg è possibile accumulare circa 465 MWh/anno di energia con tariffe più vantaggiose. Considerando che indicativamente, la differenza di tariffa tra il diurno e notturno è di circa 0,03 Euro/Mcal consumata, lo spostamento di 465 MWh di energia tra una tariffa e l'altra equivale ad un risparmio di circa 11.000 Euro/annui, per il solo periodo di riscaldamento, per un costo dell'investimento di n°4 serbatoi da 10.000lt, pari a circa 30.000 euro.

Questa impostazione può essere conservata durante il periodo estivo per l'accumulo di calore da erogare durante la giornata per gli usi di acqua calda sanitaria e per la funzione di post riscaldamento delle unità di trattamento aria, oppure può essere ribaltata per l'accumulo di energia frigorifera (vedi paragrafi successivi).

#### 7.1.3 Shock termico

La presenza di legionelle negli impianti idrico-sanitari, impone un trattamento degli stessi tale da abbattere la proliferazione dei batteri. Il metodo attualmente utilizzato prevede l'innalzamento delle temperature del fluido fino a 80° (per qualche ora al giorno per un periodo di 3 giorni al massimo), tale modalità non garantisce sull'effettiva durata dei risultati,

il batterio tende a riprodursi in tempi brevi. Attualmente la necessità di attivazione dello shock termico si verifica solo per l'albergo con cadenza trimestrale o quadrimestrale, per una durata di 7 gg.

Ditte specializzate propongono tra gli altri trattamenti alternativi e molto efficaci quali l'iperclorazione e il biossido di cloro.

La validità di tali sistemi è superiore allo shock termico, dal momento che vi è l'opportunità di modulare in maniera continua tutti i giorni il prodotto chimico, garantendo l'impianto da proliferazioni batteriche.

I costi prevedono un investimento iniziale delle apparecchiature per l'immissione del prodotto chimico (piccole pompe dosatrici e serbatoi di pochi litri) e un costo derivato dall'approvvigionamento dei prodotti di consumo (cloro).

La quantificazione dei maggiori consumi di energia per il periodo richiesto, mediamente 3/4 volte all'anno per 7 giorni 24/24, attualmente è pari a circa il 60%.

Durante l'ultimo shock termico effettuato tra il 11 maggio e il 18 maggio sono stati rilevati i seguenti consumi:

consumo medio con S.T.	32,5 MWh/gg;
consumo senza S.T.	20,25 MWh/gg;
differenza	12,25 MWh/gg;
periodo previsto	21/28 gg/anno;
maggior consumo energetico	257,25/343,00 MWh/anno.

#### 7.1.4 Modulazione temperature di mandata

Regolazione climatica con modulazione delle temperature di mandata fluidi caldi in maniera automatica.

## 7.2 Sezione frigorifera

### 7.2.1 Sistema di accumulo energia termica

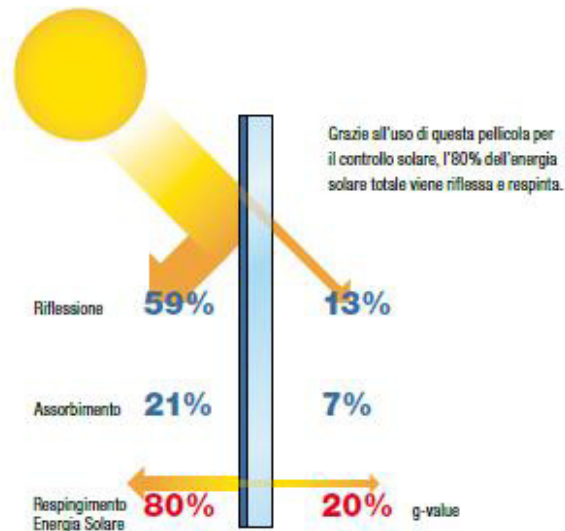
Vale lo stesso discorso fatto al punto 7.1.2 sezione termico però con un riduzione dell'energia immagazzinata pari a 300kWh, dovuta alla delta di temperatura inferiore in fase di raffreddamento.

### 7.2.2 Ottimizzazione funzionamento gruppi frigo

Considerazioni già fatte al punto 5.

### 7.2.3 Uso di pellicole schermanti

Un modo per la riduzione dei apporti gratuiti solari, in particolare nella zona galleria, in modo di ridurre il carico puntuale di potenza frigorifera necessaria nelle giornate più soleggiata, è l'utilizzo di pellicole schermanti da applicare sulle vetrate esistenti. Con l'ausilio della nanotecnologia sono state sviluppate pellicole di controllo solare composta da centinaia di strati ultra sottili. Tali pellicole risultano appena visibili quando viene applicata sul vetro ed elimina l'effetto specchiante interno o esterno, lasciando l'estetica dell'edificio invariata (vedi schema sottostante).



### 7.3 Relamping

L'illuminazione interna ed esterna ha un'incidenza intorno al **30/40% di tutti i consumi elettrici**.

Interventi significativi prevedono la sostituzione di corpi lampade con prodotti a risparmio energetico (LED), ottimizzazione delle accensioni tramite sensori di movimento o con interruttori crepuscolari spegnimento delle luci superflue.

Tipologia lampade Galleria

Lampade fluorescenti distribuite lungo il perimetro della controsoffittatura N° 2500 da 36 W;  
N° 1700 da 58 W;

Lampade a ioduri metallici a soffitto cortili cortili N° 933 da 35 W;  
C.S. galleria N° 620 da 70 W;

Lampade presenti nelle scale esterne (38) N° 912 da 26 W.

#### Descrizione problematiche

- 1) Rampa lato EATALY e relativi piani – fari in corrispondenza dei piani di galleria tutti accesi, fari disposti sulla rampa tutti accesi fino al piano fronte SATURN, a salire accesi tutti quelli con fascio luminoso indirizzato verso il basso con luminosità man mano che si sale sempre meno significativa, stessi fari ai piani tutti accesi fino all'ultimo piano che essendo molto luminoso li rende inutili.
- 2) Galleria cortile 2 - in corrispondenza dei luoghi meglio illuminati dal sole (lato ferrovia al mattino e lato Nizza al pomeriggio), per le lampade adiacenti alle vetrate, l'effetto luminoso viene praticamente annullato; negli stessi orari le restanti lampade sia fluorescenti che faretto a ioduri metallici da 70 W danno una luminosità trascurabile e poco significativa;
- 3) Galleria cortile 4 – stesse considerazioni fatte per la galleria cortile 2 ma meno evidenti, al fondo nei tratti di corridoio perpendicolari alla galleria, in prossimità dei servizi igienici e a ridosso delle ampie vetrate lato Nizza e ferrovia, risultano funzionanti un quantitativo eccessivo di faretto a ioduri metallici (13 per parte) che contribuiscono minimamente all'illuminazione della zona in ore diurne, scarsa l'illuminazione in prossimità delle ultime vetrine Robe di Kappa.;
- 4) Scale esterne – 912 lampade da 26 W funzionanti 24h, le scale esterne sono le scale delle torri e quelle di sicurezza, quest'ultime normalmente non accessibili perché allarmate e utilizzabili solo ed esclusivamente in casi di emergenza,.

#### Proposta

- 1) Collegare fari di rampa a interruttori crepuscolari (almeno 1 per ogni giro di rampa e relativo piano), nei primi 2 piani lasciare accesi solo quelli con fascio luminoso che punta verso l'alto;
- 2) Sostituzione dei tubi fluorescenti con tubi LED e/o tubi led flessibili lunghezza massima 5 m  
separare i circuiti elettrici e corredarli di interruttori crepuscolari; sostituzione dei faretti a ioduri metallici con faretti a LED;
- 3) Procedere come al punto 2;
- 4) Prevedere l'installazione di interruttori crepuscolari provvisti di sensori di movimento.

Vantaggi diretti e indiretti

- A parità di luminosità la potenza impegnata diminuisce mediamente del 40/50% per i tubi fluorescenti e 60/70% per le lampade a ioduri metallici;
- l'autonomia aumenta di circa 7/8 volte;
- si annulla il riscaldamento ambientale prodotto dalle lampade accese con conseguente beneficio e risparmio sui consumi elettrici .

Le attività più semplici da realizzare sono quelle che prevedono la sostituzione delle lampade attuali con lampade LED. Nel caso delle lampade scale esterne si ipotizza solo l'utilizzo di crepuscolari con rilevatori di passaggio (costo indicativo di fornitura e posa 50,00€ x 400).

CONSUMI ATTUALI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE							
impianto	lampade (n)	tipo lampada	potenza (W)	funzion. (h/g)	funzion. (h/a)	totale consumi illuminazione Kwh/a	
controsoffitto commerciale	galleria	2486	neon T8 1 x 36 W	0,038	17	6205	586.173,94
controsoffitto commerciale	galleria	1700	neon T8 1 x 58 W	0,060	17	6205	632.910,00
cortili galleria commerciale		933	ioduri metallici 35 W G12	0,035	8	2920	95.352,60
cortili galleria commerciale		620	ioduri metallici 70 W G12	0,070	8	2920	126.728,00
piano sommerso		231	neon T8 1 x 58 W	0,060	17	6205	86.001,30
piano sommerso		146	neon T8 2 x 36 W	0,038	17	6205	34.425,34
Scale esterne n° 38 x 24		912	Philips, Osram Dulux D 26 W	0,026	24	8760	207.717,12
Totale							1.769.308,30
CONSUMI PREVISTI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE							
impianto	lampade (n)	tipo lampada	potenza (W)	funzion. (h/g)	funzion. (h/a)	totale consumi illuminazione Kwh/a	
controsoffitto commerciale	galleria	2200	LED	0,024	17	6205	327.624,00
controsoffitto commerciale	galleria	1500	LED	0,030	17	6205	279.225,00
cortili galleria commerciale		933	LED	0,006	8	2920	16.346,16
cortili galleria commerciale		620	LED	0,011	8	2920	19.914,40
piano sommerso		231	LED	0,030	17	6205	43.000,65
piano sommerso		146	LED	0,024	17	6205	21.742,32
Scale esterne n° 38 x 24		912	LED	0,026	1	365	8.654,88
Totale							716.507,41

## 8 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Indicativamente nella tabella sottostante sono riportate la potenza installabile sulle tettoie delle passerelle con la stima della produttività e del ricavo del GSE, basandoci sulle tariffe valide per impianti entrati in esercizio nel mese di dicembre 2011, secondo il quarto conto energia.

Potenza impianto kWp	Energia prodotta stimata			Tariffa GSE €/W	Ricavo GSE €		
	kWh/mq anno	kWh /mese	kWh / anno		Scambio	Mese	anno
294,4	1.071,00	26.275,20	315.302,40	0,246	0,1018	6.463,70	<b>77.564,39</b>