



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Studio e progettazione di un impianto di trigenerazione dimostrativo presso il
centro ENEA di Casaccia

Luca Castellazzi, Biagio Di Pietra

STUDIO E PROGETTAZIONE DI UN IMPIANTO DI TRIGENERAZIONE DIMOSTRATIVO PRESSO IL
CENTRO ENEA DI CASACCIA

Autori Luca Castellazzi, Biagio Di Pietra

Settembre 2010

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Usi finali

Tema: Sviluppo di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici a scala territoriale e urbana

Responsabile Tema: Ilaria Bertini, ENEA

Accordo di Programma MSE-ENEA

Tema di ricerca 5.4.4.7/5.4.4.8: “Studio e dimostrazione di forme di finanza innovativa e di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici a scala territoriale e urbana”

Studio e progettazione di un impianto di trigenerazione dimostrativo presso il centro ENEA di Casaccia

INDICE

1	Introduzione	5
2	Progettazione preliminare impianto di trigenerazione	6
2.1.	Caratteristiche dell'edificio	7
2.1.1.	<i>Stato dell'edificio prima dell'intervento.....</i>	<i>7</i>
2.2.	Studio di fattibilità dell'intervento	8
2.2.1.	<i>La campagna di monitoraggio.....</i>	<i>10</i>
2.3.	Dimensionamento impianto	13
2.4.	Posizionamento previsto per l'impianto di trigenerazione	18
3.	Progettazione esecutiva.....	19
3.1.	Caratteristiche generali dell'impianto	19
3.2.	Descrizione impianto di trigenerazione.....	20
3.1.1.	<i>Il motore a combustione interna</i>	<i>20</i>
3.1.2.	<i>L'impianto elettrico a servizio del cogeneratore.....</i>	<i>26</i>
3.1.3.	<i>Il Gruppo frigo ad assorbimento</i>	<i>27</i>
3.1.4.	<i>Torre evaporativa</i>	<i>29</i>

1 Introduzione

La presente attività si inserisce nell'obiettivo programmatico "analisi e progettazione di interventi dimostrativi di sistemi di produzione di energia di piccola/media taglia e della loro integrazione in una rete circoscritta secondo un modello di energia distribuita".

In particolare è stato condotto uno studio di fattibilità e successiva progettazione esecutiva, di un impianto di trigenerazione da installare presso l'edificio F13 del Centro Ricerche Casaccia di ENEA, edificio che ospita i locali mensa con relativi servizi e gli uffici della Direzione Centro.

2 Progettazione preliminare impianto di trigenerazione

L'attività ha avuto come oggetto la stesura del progetto preliminare ed esecutivo di un impianto di trigenerazione basato sull'utilizzo di un motore a combustione interna alimentato a gas metano associato ad un gruppo frigorifero ad assorbimento; tale impianto sarà in grado di produrre energia elettrica ed energia termica per il condizionamento (caldo e freddo) dell'edificio F13, presso il Centro di Ricerca Enea della Casaccia (RM), dove è presente la mensa e alcuni uffici ad esso contigui.

L'obiettivo è la realizzazione di un impianto di trigenerazione dimostrativo per individuare le buone pratiche di progettazione e gestione di una soluzione impiantistica che, nonostante le grandi potenzialità, stenta a diffondersi nel nostro Paese. Inoltre un simile intervento può essere replicato su scala nazionale in numerose mense aziendali con un importante ricaduta positiva sui consumi energetici.

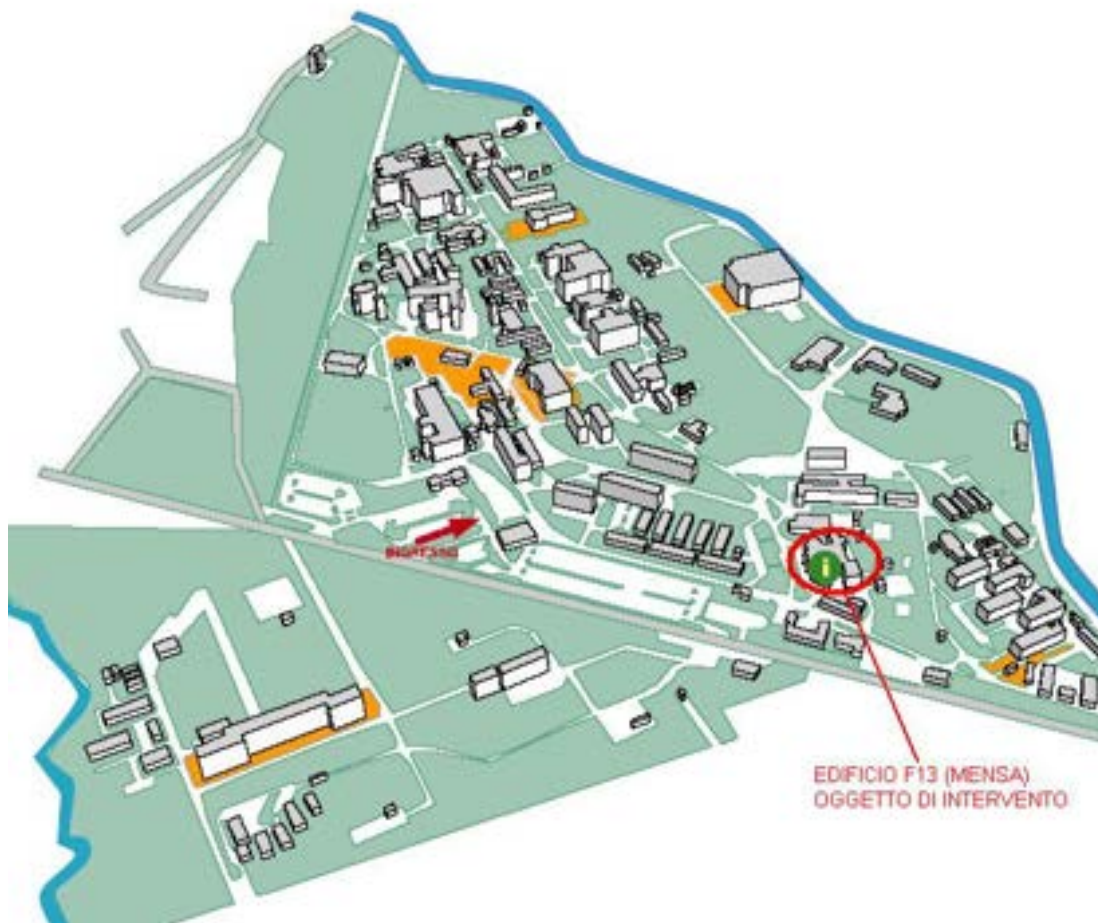


Figura 1: L'edificio mensa del Centro di Ricerca ENEA Casaccia

2.1. *Caratteristiche dell'edificio*

L'edificio F13 che ospita i locali della mensa (figura 2) e gli uffici della direzione del Centro è stato realizzato negli anni '60, si sviluppa su due piani ed è dotato di una struttura in cemento armato, chiusura verticale in muratura e copertura piana in latero-cemento. Tale edificio, nel quale lavorano circa 50 dipendenti, ha una potenzialità di 1.100 pasti al giorno (680 posti a sedere) e una superficie utile di circa 2.600 m², di cui 1.600 m² ad uso mensa e 1.000 m² di uffici e cucine.

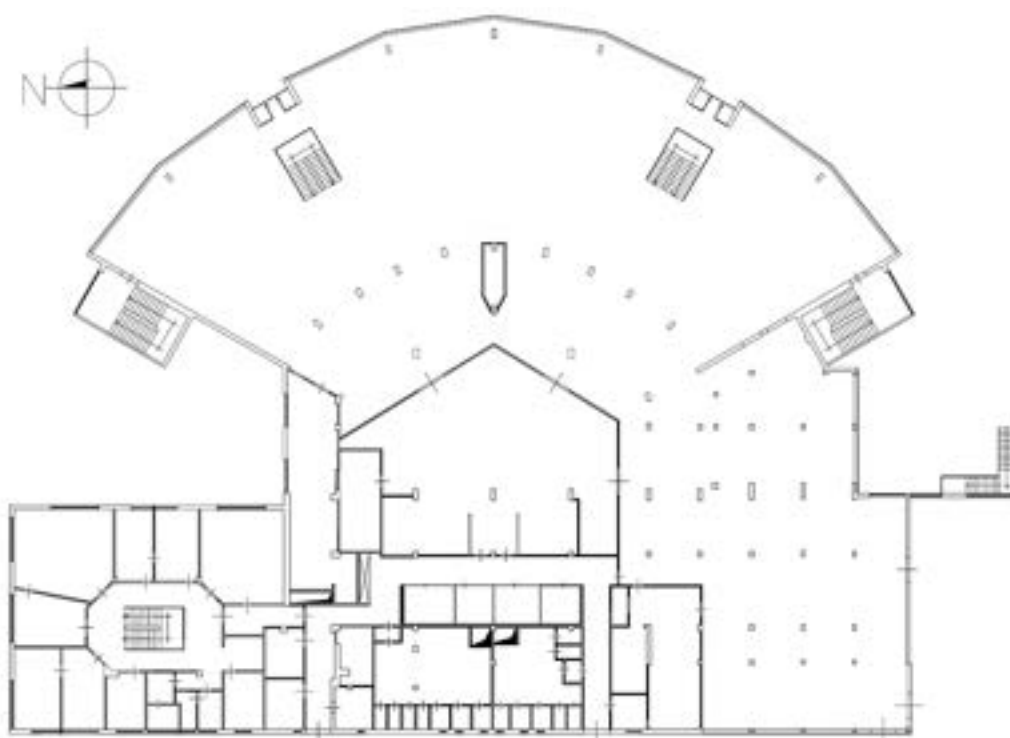


Figura 2: Planimetria generale edificio Mensa

2.1.1. *Stato dell'edificio prima dell'intervento*

Attualmente l'edificio F13 viene climatizzato durante la stagione invernale attraverso uno scambiatore (circa 1 MWt acqua/acqua surriscaldato) con la rete di teleriscaldamento del Centro e durante la stagione estiva con due gruppi chiller tipo acqua – acqua della “Ercole Marelli” installati negli anni '80 con le seguenti caratteristiche indicate nelle tabelle 1 e 2.

Tabella 1: Caratteristiche gruppi frigo esistenti

Gruppo 1		
Potenza [CV]	numero chiller	P Tot [CV]
80	2	160

Gruppo 2		
Potenza [CV]	numero chiller	P Tot [CV]
40	3	120

Tabella 2: Gruppi frigo azionati ad ogni ciclo di funzionamento

Ciclicamente sono attivi 3 chiller		kW	kWf
chiller 1	80	58,4	204,4
chiller 2	40	29,2	102,2
chiller 3	40	29,2	102,2
Ptot frigo		160	408,8

Il ciclo di funzionamento prevede l'accensione contemporanea di un chiller da 80 CV e due da 40 CV per una potenza complessiva di 160 CV per una durata giornaliera di 13 ore (usualmente da fine maggio a metà settembre). Il COP medio stimato (non sono a disposizione dati di targa e misure strumentali) dei gruppi frigo è di circa 3,5.

L'acqua calda sanitaria per la mensa e il bar (lavastoviglie, scaldavivande etc) in estate viene fornita da 2 caldaie a gas da 90 kWt ciascuna che alimentano a 60 °C sei accumuli termici per un volume totale di 18 m³.

2.2. Studio di fattibilità dell'intervento

L'impianto di trigenerazione in progetto opererà in parallelo con la esistente rete elettrica BT del Centro di Ricerche attualmente alimentata dalla rete AT 380 kV e distribuita all'interno del Centro tramite anello MT 20 kV con 20 cabine MT/BT.

In particolare il cogeneratore verrà collegato in parallelo con l'esistente cabina MT/BT numero 9 (che alimenta attualmente l'edificio mensa e altri edifici attigui) tramite nuovo quadro elettrico di interfaccia (secondo CEI 11-20).

Tutta l'energia elettrica prodotta dal sistema cogenerativo verrà auto-consumata dal Centro di Ricerche il cui diagramma di carico annuo ha una base pari a 2 MWe.

Il calore prodotto durante la stagione invernale (figura 4) sarà utilizzato per integrare l'energia termica fornita all'edificio dalla rete di teleriscaldamento (riscaldamento degli ambienti e acqua calda sanitaria); durante la stagione estiva (figura 3), invece, parte

dell'energia termica prodotta dal cogeneratore servirà ad alimentare un gruppo frigo ad assorbimento per la climatizzazione degli ambienti e parte per la produzione del fabbisogno giornaliero di ACS.

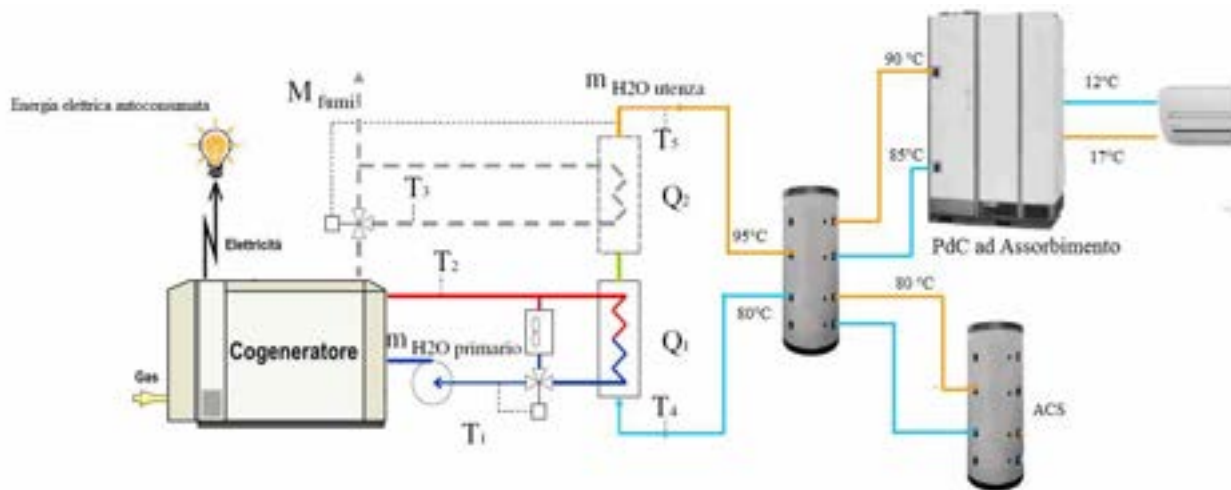


Figura 3: Schema impianto: configurazione estiva

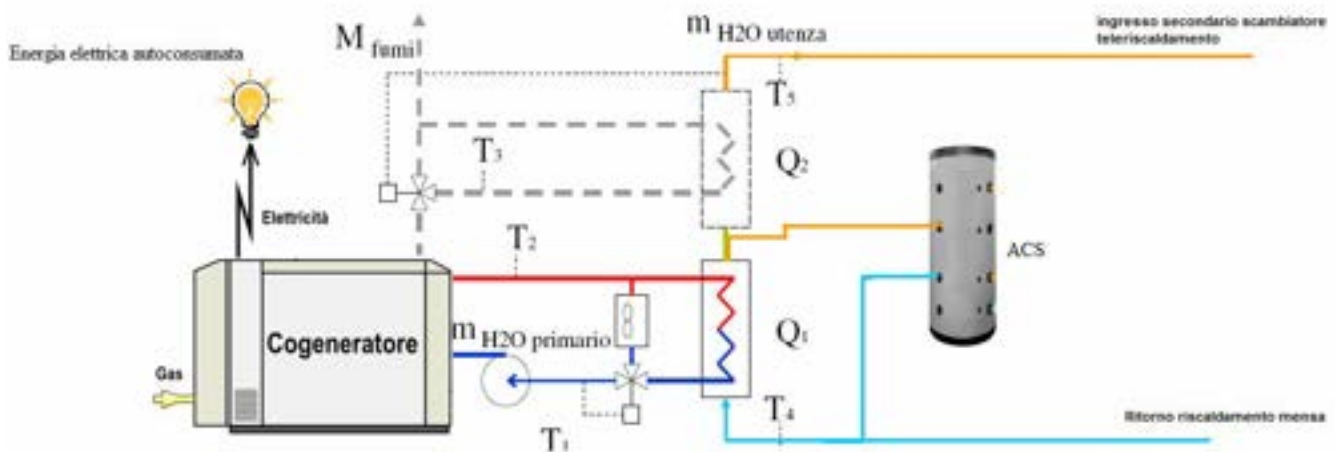


Figura 4: Schema impianto: configurazione invernale

2.2.1. La campagna di monitoraggio

Per valutare i reali profili di consumo e per un corretto dimensionamento dell'impianto è stata effettuata una campagna di monitoraggio delle condizioni termo-igrometriche della mensa e un'analisi dei dati di consumi termici (acqua calda sanitaria) ed elettrici dell'edificio.

Analisi dei consumi elettrici

Per valutare correttamente il consumo degli attuali gruppi chiller sono stati analizzati i consumi della cabina MT/BT numero 9 (già monitorata da remoto, come ogni cabina MT/bt all'interno del Centro, dal personale che gestisce gli impianti elettrici) alimentante l'edificio F13. Non avendo a disposizione i dati di consumo relativi ai soli chiller, questi sono stati estrapolati confrontando i consumi dei mesi invernali, nei quali i gruppi frigo non sono in funzione, con quelli estivi in quanto la tipologia delle altre utenze elettriche presenti nell'edificio è poco legata alla stagionalità.

L'andamento orario del carico elettrico del mese di luglio e marzo 2009 è riportato nella seguente figura.

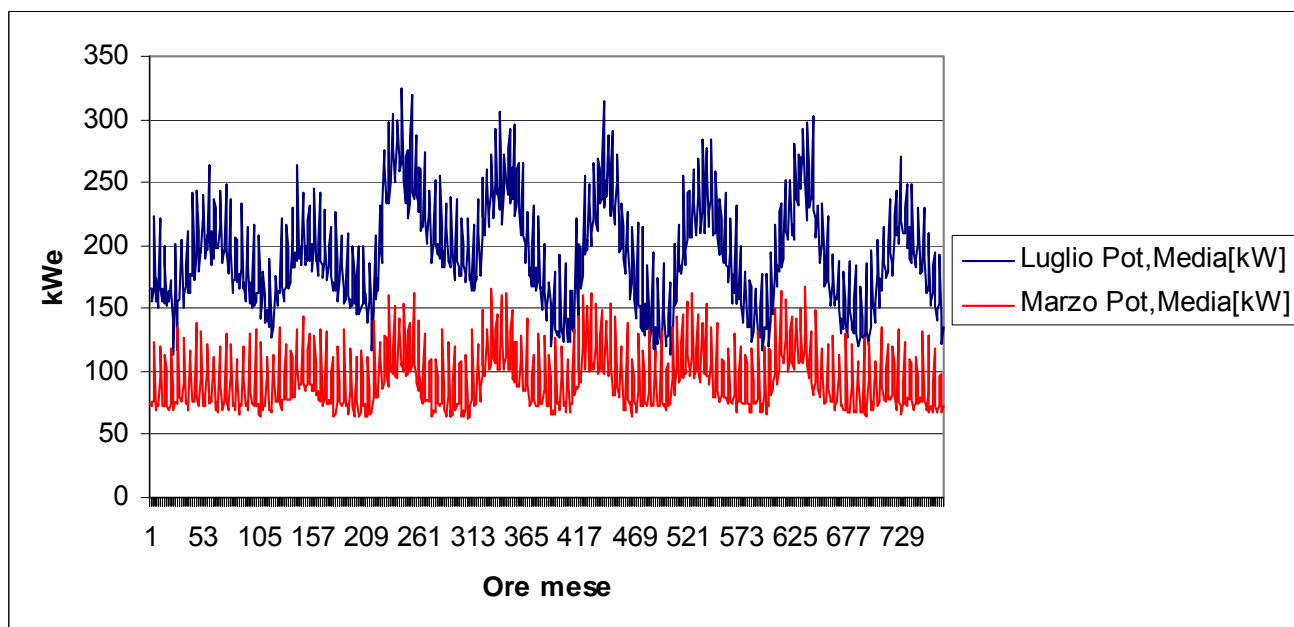


Figura 5: Confronto tra i consumi elettrici orari dell'edificio F13 estate-inverno

E' stato quindi possibile ricostruire il profilo delle utenze elettriche della mensa relative alla sola stagione estiva e da questo ricavare il diagramma di durata (figura successiva) del sovraccarico mensile estivo rispetto al carico invernale e individuare il consumo medio mensile di energia (116 kWe x 312 ore = 36 MWh/mese) imputabile ai 2 gruppi frigo (area gialla evidenziata nel grafico seguente).

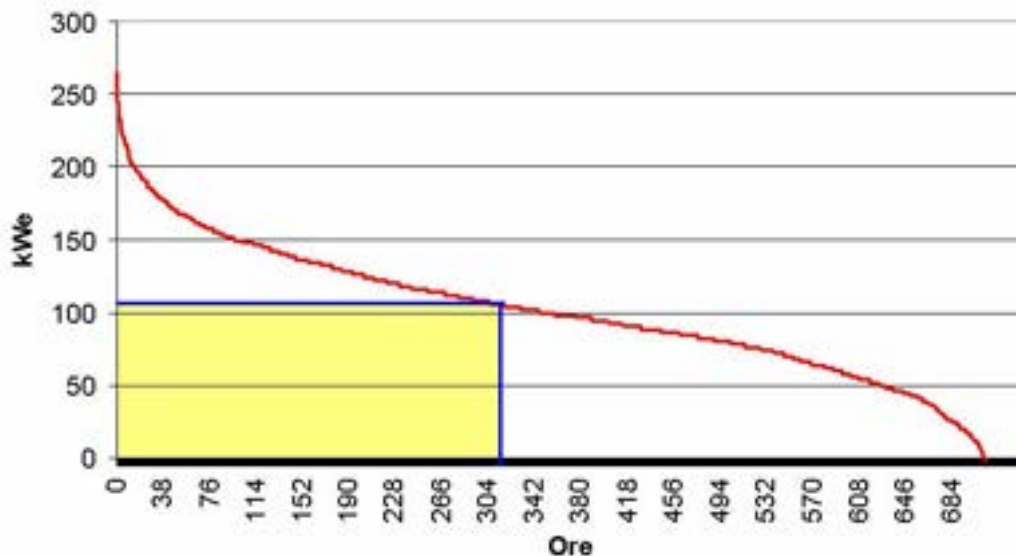


Figura 6: Diagramma di durata mensile del sovraccarico estivo rispetto al carico invernale

Analisi dei consumi gas per produzione ACS

Per misurare l'effettivo consumo di energia termica per la produzione di acs, in accordo con il Centro, è stato monitorato tramite lettura dei contatori fiscali il consumo orario di gas metano delle 2 caldaie a servizio dell'edificio mensa. Elaborando i consumi di gas è stato possibile individuare la potenza termica media giornaliera utile al dimensionamento del cogeneratore in progetto (Pt = 56 kWt).

ora	delta h min	CALDAIA 1										CALDAIA 2						kWhTot ali			
		contatore h1	delta tempo acc.	fattore utilizzo	Tout C°	m3 gas	delta m3	m3/h	kWh	contatore h1	delta tempo	fattore utilizzo	Tout C°	m3 gas	delta m3	m3/h	kWh				
		(h)	(h)	Hacceso/Htot		(m3)	(m3)			(h)	(h)	Hacceso/Htot		(m3)	(m3)						
23-apr	9.00		547,60			67	334,39					337,90		70	764,59						
	10.00	60	548,20	0,60	0,60	67	337,54	3,15	3,15	30,7		338,60	0,70	0,70	70	768,50	3,91	3,91	38,1	68,74	
	11.05	65	548,75	0,55	0,51	70	340,44	2,90	2,68	26,1		339,20	0,60	0,55	65	772,15	3,65	3,37	32,8		
	12.08	63	549,10	0,35	0,33	69	342,45	2,01	1,92	18,7		339,68	0,48	0,46	68	774,78	2,63	2,50	24,4	43,07	
	13.08	60	549,64	0,54	0,54	72	345,15	2,70	2,70	26,3		340,20	0,52	0,52	66	778,02	3,24	3,24	31,5	57,81	
	14.08	60	550,15	0,51	0,51	72	347,97	2,82	2,82	27,5		340,80	0,60	0,60	63	781,44	3,42	3,42	33,3	60,80	
	15.00	52	550,70	0,55	0,63	61	351,18	3,21	3,70	36,1		341,45	0,65	0,75	68	785,29	3,85	4,44	43,3	79,34	
	16.03	63	551,50	0,80	0,76	67	355,15	3,97	3,78	36,8		342,15	0,70	0,67	65	789,57	4,28	4,08	39,7	76,52	
	17.00	57	552,05	0,55	0,58	63	358,26	3,11	3,27	31,9		342,80	0,65	0,68	75	793,40	3,83	4,03	39,3	71,16	
	17.45	47	552,38	0,33	0,42	70	359,97	1,71	2,18	21,3		343,10	0,30	0,38	68	795,37	1,97	2,51	24,5	45,72	
	18.08	23	552,50	0,12	0,31	68	360,65	0,68	1,77	17,3		343,30	0,20	0,52	72	796,47	1,10	2,88	28,0	45,30	
26-apr	9.15	3787	564,15	11,65	0,18	70	423,13	62,48	0,99	9,6		363,45	20,15	0,32	68	914,00	117,53	1,86	18,1	27,78	
	10.20	65	564,45	0,30	0,28	70	425,32	2,19	2,02	19,7		363,90	0,45	0,42	60	916,79	2,79	2,58	25,1	44,82	
27-apr	10.00	1420	574,90	10,45	0,44	63	476,00	50,68	2,14	20,9		375,1	11,20	0,47	65	982,89	66,10	2,79	27,2	48,06	
	14.05	245	576,25	1,35	0,33		488,40	12,40	3,04	29,6		377,5	2,40	0,59		997,34	14,45	3,54	34,5	64,05	
	17.18	193	578,20	1,95	0,61		499,00	10,60	3,30	32,1		379,5	2,00	0,62		1009,69	12,35	3,84	37,4	69,49	
28-apr	8.30	912	584,10	5,90	0,39	63	530,36	31,36	2,06	20,1		386	6,50	0,43	65	1050,6	53,26	3,50	34,1	54,22	
29-apr	9.00	1470	592,55	8,45	0,34	70	576,00	45,64	1,86	18,1		397	11,00	0,45		1113,00	62,40	2,55	24,8	42,95	

Figura 7: Monitoraggio dei consumi di gas per la produzione di ACS

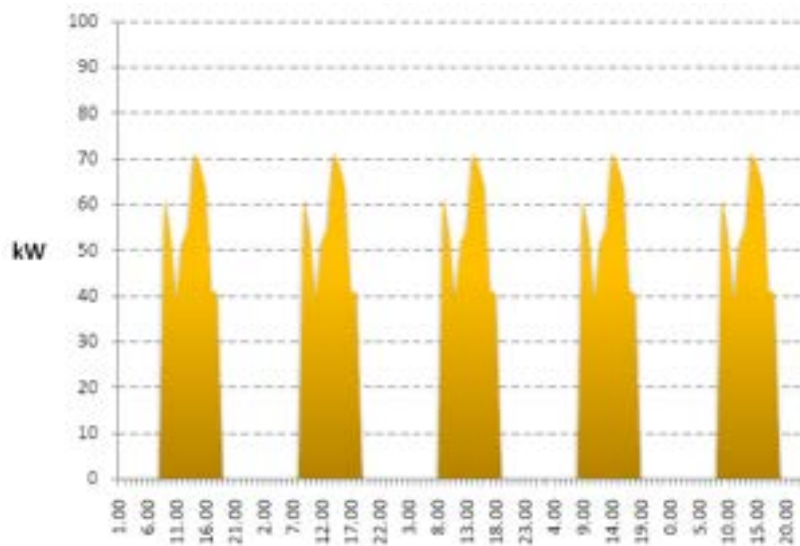


Figura 8: Profilo di carico settimanale (lunedì-venerdì) della ACS

Analisi delle caratteristiche ambientali termo-igrometriche della sala mensa

Per valutare la corretta configurazione del nuovo impianto di trigenerazione (in parallelo al gruppo chiller esistente o in sostituzione del compressore da 40 CV) è stata effettuata una campagna di misura delle condizioni termo igrometriche della sala mensa in modo da

individuare eventuali condizioni di discomfort dovute al sottodimensionamento dell'impianto frigo.

Tale campagna di misura è stata effettuata nei mesi di giugno e luglio 2010 utilizzando un sensore con datalog della "Delta OHM" installato in corrispondenza della zona tavoli.

Dall'analisi dei dati (si veda la figura seguente) è emersa una temperatura media di circa 26 °C con delle sovratemperature durante la settimana del 12-16 luglio (fino a 33 °C) causate da condizioni esterne non conformi alle medie stagionali.

Si evince quindi che l'attuale impianto di condizionamento riesce a fornire una potenza frigorifera appena sufficiente a garantire le condizioni di confort e che quindi il nuovo impianto dovrà operare in parallelo al sistema esistente in modo da assicurare un certo margine di sicurezza anche in condizioni climatiche estreme.

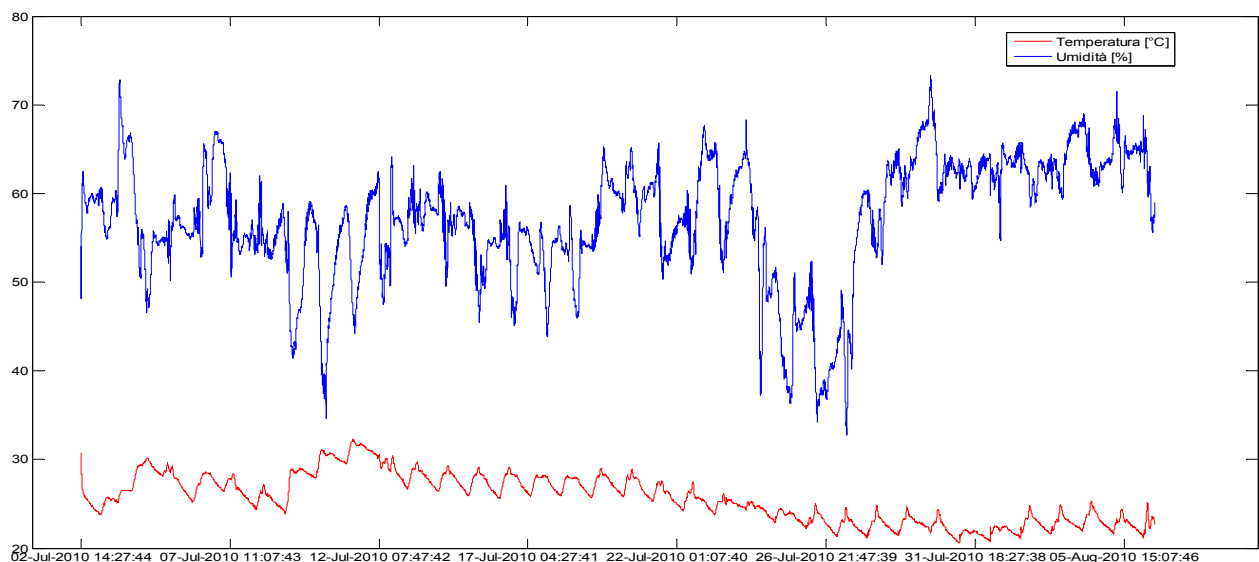


Figura 9: Risultati della campagna di misura termo-igrometrica

2.3. Dimensionamento impianto

In funzione del fabbisogno di potenza termica per acqua calda sanitaria e della richiesta di potenza frigorifera, è stata individuata una taglia che permettesse di massimizzare il numero di ore di funzionamento giornaliero sia in configurazione invernale che estiva e che i cui ingombri fossero compatibili con gli spazi a disposizione.

A tal fine è stato individuato un intervallo da 105-160 kW_e come range ottimale per la taglia del cogeneratore in grado di soddisfare le caratteristiche richieste in termini di domanda energetica, ingombri e costi.

Sono state inoltre analizzate diverse configurazioni impiantistiche (accoppiamento motore combustione interna / assorbitore) e richiesti i relativi preventivi di fornitura (figura 10 e 11) di alcune soluzioni commerciali che più si avvicinassero alle taglie individuate.

Particolare attenzione è stata dedicata allo studio del corretto accoppiamento dei componenti in termini di temperature e portate tra il cogeneratore e il gruppo frigo ad assorbimento in quanto non esistono sul mercato sistemi integrati di trigenerazione.

Infatti, per un corretto dimensionamento del sistema non basta effettuare un semplice bilancio energetico, ma è fondamentale tenere conto delle reali portate e temperature del fluido termovettore in uscita e ingresso da ciascun componente; un errato accoppiamento tra le macchine (es. motore a combustione interna e assorbitore) potrebbe causare una rapida caduta della performance energetica del sistema, non rispettando i bilanci energetici ed economici previsti in fase progettuale.

Tabella 3: caratteristiche e preventivi cogeneratori

Marca	Modello	kW _{el}	kW _{th}	T _{warm}	T _{warm} Alt	m _w (kg/s)	rend _{el}	rend _{th}	rend _{I princ}	Prezzo
MAN	105	105	169	90 - 80		4,03	34,10%	54,90%	89,00%	125.000,00
MAN	140 Stonepower	140	207	90 - 80		4,92	35,80%	52,80%	88,60%	126.500,00
TEDOM	Cento T120	125	163	90 - 70	95 - 85	2	37,10%	48,30%	85,40%	133.485,00
TEDOM	Cento T160 E 1306 DN-	160	196	90 - 70	95 - 85	2,3	38,50%	47,10%	85,60%	163.950,00
Loganova	300	120	200	90 - 70		2,388	34,28%	57,14%	91,42%	
GM										
DOOSAN	GE 12 TIC	160	200				39,00%	48,79%	87,79%	104.600,00

Tabella 4: caratteristiche e preventivi gruppi frigo ad assorbimento

Marca	Modello	kW frig	T chilled	kW		m warm (kg/s)	COP	Prezzo
				thermal	T warm			
Yazaki	WFC 5C30	105	7-12	150,6	88-83	7,2	0,697	40.000,00
Century	AR-D30L2	98,5	7-12	136,8	95-80	2,16	0,720	
Century	AR-D40L2	133	7-12	180,5	95-80	2,86	0,720	52.800,00
Century	AR-D40L2 Off.d	114	7-12	162,78	92-82	3,888	0,700	52.800,00
Cention	HWAR-L030	105	7-12	143	95-80	2,27	0,730	50.000,00
RIELLO	LT 3	99,4	7-12	142	90-80	3,39	0,700	85.000,00
S (LG Ele)	LWM-W003	98,5	7-12	139,54	95-80	2,22	0,706	
S (LG Ele)	LWM-W004	133,6	7-12	186,65	95-80	2,972	0,716	
Lianfeng	RXZ 12D	115	7-12	167,47	90-82	5	0,687	34.800,00
BROAD		127	7-12	175,6	88-78	4,194	0,723	60.710,00

Dopo una successiva analisi delle soluzioni commerciali, è stata individuata la configurazione impiantistica capace di garantire una corretta integrazione tra i componenti (portata e temperatura) e che più si avvicinasse sia alle esigenze energetiche dell'intervento:

- Motore a combustione interna a gas: tipo Man o equivalente 140 kW_e , 207 kW_t (T_{in} = 80 °C, T_{out}= 90 °C) o equivalente;
- Gruppo frigo ad assorbimento: Tipo Broad o equivalente da 110 kW_f (T_{in} = 90 °C, T_{out}= 80 °C) o equivalente;

Con l'ausilio delle schede tecniche del cogeneratore e del gruppo frigo, è stato effettuato un bilancio energetico con riferimento alle condizioni nominali di portata e temperatura del fluido termovettore relativamente alla configurazione di impianto scelta, riportato di seguito :

Tabella 5: Caratteristiche cogeneratore individuato

Cogeneratore tipo MAN 140 o equivalente

temperatura di mandata	90 °C	
temperatura di ritorno	80 °C	
delta T	10	
calore specifico acqua	4,2 kJ/kgK	
portata acqua secondario	17,8 mc/h	17800 kg/h
Potenza termica assorbita	747600 KJ/h	207,67 kWt

Tabella 6: Caratteristiche gruppo frigo ad assorbimento

Assorbitore tipo Broad

110 kWf

temperatura di mandata	90 °C	
temperatura di ritorno	80 °C	
delta T	10	
calore specifico acqua	4,2 kJ/kgK	
portata acqua secondario	13 mc/h	13000 kg/h
Potenza termica assorbita	546000 KJ/h	151,66667 kWt

Potenza disponibile per ACS	54,973 kWt
DT	10 °C

Come si evince dalle tabelle precedenti, in configurazione estiva l'impianto di cogenerazione riesce a fornire la potenza termica di cui ha bisogno il gruppo frigo e ad alimentare gli accumuli di acqua calda sanitaria con una potenza media di circa 55 kWt.

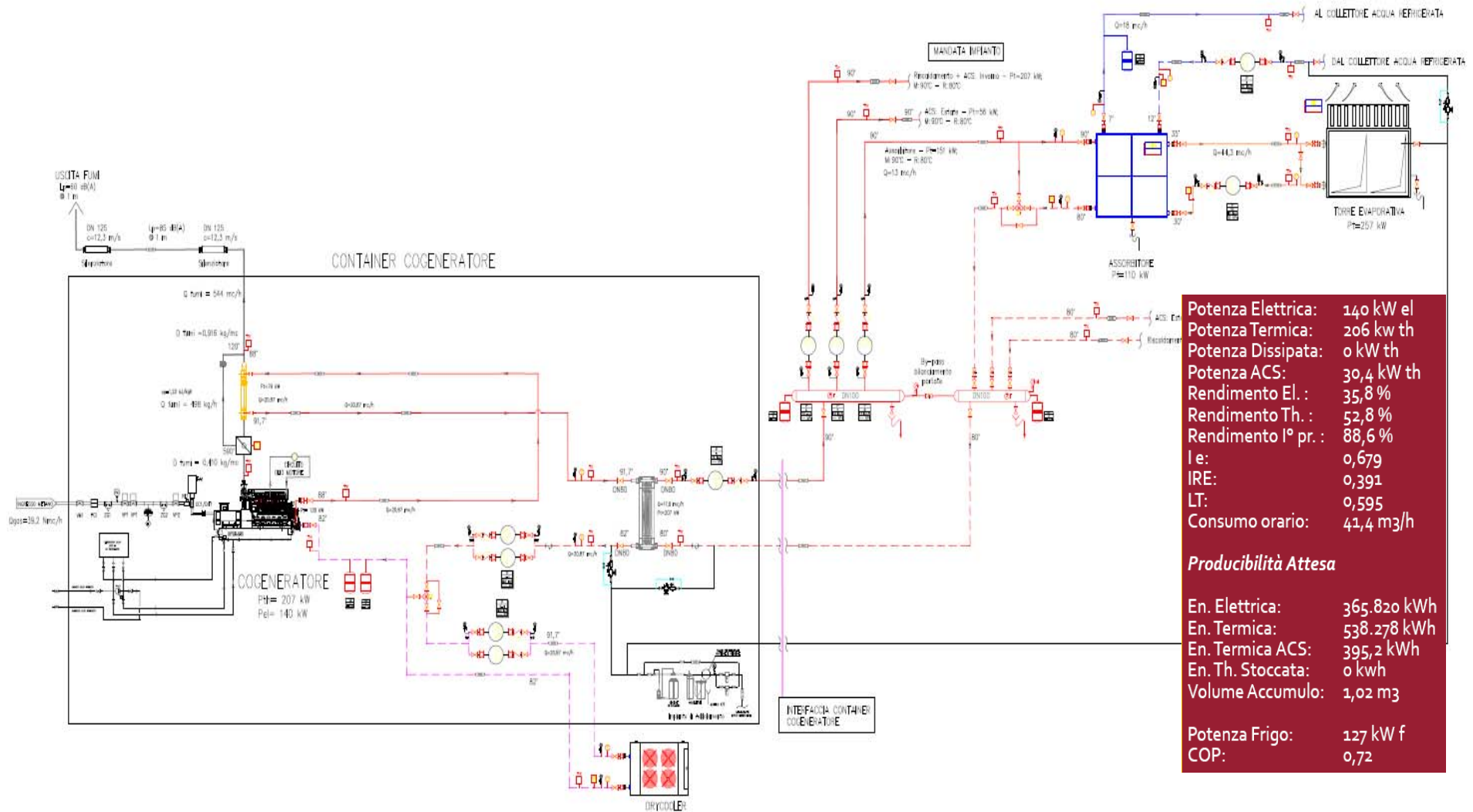


Figura 10: Schema funzionale dell'impianto trigenerativo individuato

2.4. Posizionamento previsto per l'impianto di trigenerazione

Come riportata in fig 13, si prevede di installare il cogeneratore all'interno di un container insonorizzato nei pressi della cabina MT/bt n°9; mentre l'assorbitore con la relativa torre evaporativa verrà collocata sul tetto della mensa nei pressi degli impianti esistenti e già presenti in copertura.



Figura 11 : Posizionamento dell'impianto di trigenerazione presso l'edificio F13

3. Progettazione esecutiva

A seguito dello studio preliminare è stata affidata tramite procedura di gara la progettazione esecutiva dell'impianto alla società di progettazione DAGA Impianti.

Di seguito, si indicano le caratteristiche e le taglie del sistema trigenerativo che sono state indicate nel capitolato di gara per la progettazione esecutiva.

3.1. Caratteristiche generali dell'impianto

L'impianto di trigenerazione è stato dimensionato per produrre in condizioni nominali 140kW elettrici e 207 kW termici che verranno utilizzati come di seguito riportato:

- 140 kW elettrici saranno destinati totalmente ad autoconsumo del centro e verranno consegnati in BT presso la cabina di trasformazione preesistente;
- 207 kW termici verranno utilizzati: In inverno per integrare la produzione di energia termica necessaria al riscaldamento del locale mensa; in estate, 150 kW alimenteranno il gruppo frigo ad assorbimento producendo 110 kW frigoriferi (che andranno ad integrare i gruppi frigo tradizionali preesistenti) mentre i restanti 57 kW saranno destinati alla produzione di ACS e saranno sufficienti al fabbisogno del locale mensa e dei suoi relativi servizi.

Il cogeneratore verrà posizionato all'interno di un container prefabbricato contenente inoltre lo scambiatore fumi, lo scambiatore a piastre che divide il circuito primario da quello secondario, le pompe per la circolazione dell'acqua di raffreddamento del motore, le pompe di alimentazione del circuito di dissipazione termica d'emergenza (drycooler), il sistema di rabbocco automatico dell'olio motore con i serbatoi di stoccaggio dell'olio nuovo ed esausto, il filtro catalitico per il contenimento delle emissioni di CO, la sonda lambda per il contenimento delle emissioni di NOx, il quadro elettrico di potenza e controllo dell'impianto di trigenerazione.

Sulla copertura del container sarà posizionato il drycooler. Il container sarà inoltre dotato di un impianto di ventilazione forzata atto ad assicurare il corretto funzionamento del motore endotermico, entro i limiti massimi di temperatura dichiarati dal Costruttore.

Dal container uscirà un cavidotto che ospiterà i cavi delle linee elettriche di consegna e prelievo verso/dalla cabina elettrica; i tubi di acciaio preisolati che costituiranno il termodotto, usciranno dal container e raggiungeranno il locale mensa prima con un passaggio interrato, per poi salire a vista lungo la facciata posteriore del locale mensa fino ad alimentare i collettori di mandata e di ritorno posti sulla copertura del locale stesso. Dai suddetti collettori partiranno tre linee distinte delle quali la prima alimenterà il gruppo frigo ad assorbimento, mentre le altre due (linea ACS e linea riscaldamento) tramite un cavedio andranno a confluire rispettivamente nel collettore di alimentazione dell'ACS ed in quello della linea di riscaldamento, entrambi posizionati nel locale tecnico esistente sito al piano seminterrato.

3.2. *Descrizione impianto di trigenerazione*

Il cogeneratore, allestito come di seguito descritto, è in grado di produrre 140 kWe e 207 kWt.

3.1.1. *Il motore a combustione interna*

E' stato scelto un motore a gas metano MAN tipo E 2876 E 312 ciclo Otto – 4 tempi (dati tecnici indicati in figura 14), raffreddato ad acqua con radiatore, n° 6 cilindri in linea, sovralimentato, accensione elettronica, avviamento elettrico, regolatore di giri elettronico (precisione 0.25%), protezioni motore per ATA e BPO con sonde VDO e sensori di blocco per Alta Temperatura Acqua e Bassa Pressione Olio, filtro olio motore a cartuccia, filtro aria a secco, collettore di scarico non raffreddato, pompa di estrazione olio motore:



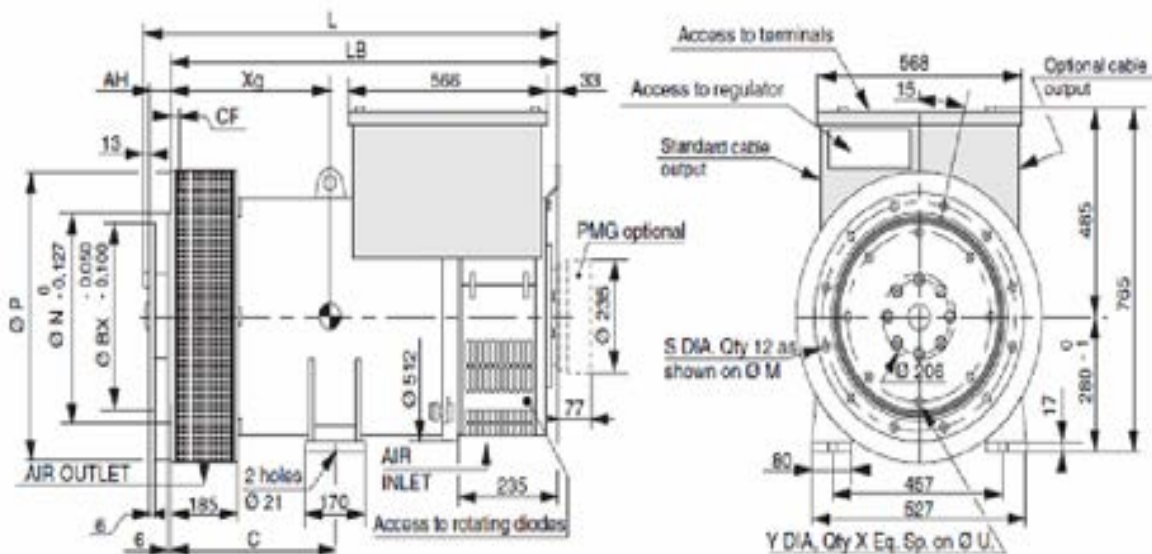
Engine width	mm	830
Engine length	mm	1330
Engine height	mm	1035
Engine weight, dry	kg	830

Figura 12: Motore endotermico per cogeneratore tipo MAN

Tabella 7: Caratteristiche tecniche motore tipo MAN 140 kW

A BILANCIO ENERGETICO ENERGY BALANCE						
	Carico elettrico / <i>Electric load</i>	100	75	50	%	
A.1 Caratteristiche generali / <i>General features</i>						
A.1.1	Potenza elettrica nominale in servizio continuo <i>Net electrical base load power</i>	140	106	70	kW	
A.1.2	Portata aria combustione <i>Combustion air flow</i>	475	385	282	kg/h	
A.1.3	Portata combustibile <i>Fuel flow</i>	29	23	17	kg/h	
A.1.4	Portata fumi di scarico <i>Exhaust flow</i>	504	408	299	kg/h	
A.1.5	Temperatura fumi uscita motore <i>Engine exit exhaust temperature</i>	590	580	570	°C	
A.2 Alimentazione a gas metano / <i>Natural gas feeding</i>						
A.2.1	Potenza introdotta con il combustibile <i>Fuel power</i>	392	311	227	kW	
A.2.2	Potere calorifico inferiore del gas <i>Lower calorific value of supply gas</i>	10			kWh/Nm ³	
A.2.3	Consumo gas <i>Gas consumption</i>	39,2	31,1	22,7	Nm ³ /h	
A.2.4	Consumo specifico riferito all'energia elettrica prodotta <i>Specific consumption based on electrical energy</i>	10,1	10,6	11,6	MJ/kWh	
A.3 Potenza meccanica ed elettrica / <i>Mechanical and thermal power</i>						
A.3.1	Potenza meccanica al volano / <i>Mechanical power</i>	150	113	75	kW	
A.3.2	Rendimento alternatore / <i>Generator efficiency</i>	@0,8 p.f.	93,2	93,6	93,7	%
A.3.3	Potenza elettrica ai morsetti / <i>Net electrical base load power</i>	140	106	70	kW	
A.4 Recupero termico / <i>Thermal recovery</i>						
A.4.1	Potenza termica recuperabile dai fumi raffr. 120°C <i>Heat from exhaust</i>	79	63	44	kW	
A.4.2	Potenza termica recuperabile da acqua e olio <i>Heat from water and lubeoil</i>	128	108	86	kW	
A.4.3	Potenza termica miscela HT <i>Heat from mixture HT</i>	/	/	/	kW	
A.4.4	Potenza termica miscela LT <i>Heat from mixture LT</i>	/	/	/	kW	
A.4.5	Potenza termica totale recuperabile raffr. 120°C <i>Net thermal power</i>	207	171	130	kW	
A.5 Rendimenti / <i>Efficiency</i>						
A.5.1	Rendimento meccanico / <i>Mechanical efficiency</i>	38,3	36,3	33,0	%	
A.5.2	Rendimento elettrico / <i>Electrical efficiency</i>	35,7	34,0	31,0	%	
A.5.3	Rendimento termico / <i>Thermal efficiency</i>	52,8	55,0	57,3	%	
A.5.4	Efficienza globale / <i>Global efficiency</i>	88,5	89,0	88,2	%	

L'alternatore è di tipo sincrono trifase 400 V, con neutro accessibile, 1500 g/min, 50 Hz autoventilato, autoeccitato, autoregolato di tipo "Brushless", isolamento classe H, precisione della tensione +/- 1.5%:



Frame dimensions						Coupling		
TYPE	L max without PMG	LB	Xg	C	Weight (kg)	Flex plate	11 ¹²	14
LSA 46.2 M3	973	920	460	429	585			
LSA 46.2 M5	973	920	470	429	625	Flange S.A.E 3	X	
LSA 46.2 L6	1083	1030	460	429	710	Flange S.A.E 2	X	
➔ LSA 46.2 L9	1083	1030	485	429	775	Flange S.A.E 1	X	X
LSA 46.2 VL12	1175	1130	530	525	895	Flange S.A.E 1/2		X

Figura 13: Caratteristiche dell'alternatore (generatore sincrono)

Il recupero di calore dai circuiti di raffreddamento motore è realizzato con:

- Impianto circolazione forzata motore completo di elettropompa, valvola termostatica di controllo e by-pass;
- Sistema di dissipazione di calore per raffreddamento motore al diminuire della richiesta di energia termica (drycooler), composto da elettroscambiatore di riserva adeguatamente dimensionato a pacco alettato con tubi in rame, a bassa rumorosità, completo di vaso di espansione, relative tubazioni di collegamento e dotato di flange di connessione in/out;
- Scambiatore di calore acqua raffreddamento motore/acqua utenza per produzione acqua calda;
- Valvola automatica di by-pass acqua motore a tre vie, flangiata con servocomando elettrico.
- Scambiatore di calore gas di scarico/acqua utenza in acciaio inox del tipo a fascio tubiero per produzione acqua calda, a testate ispezionabili per pulizia e manutenzione;

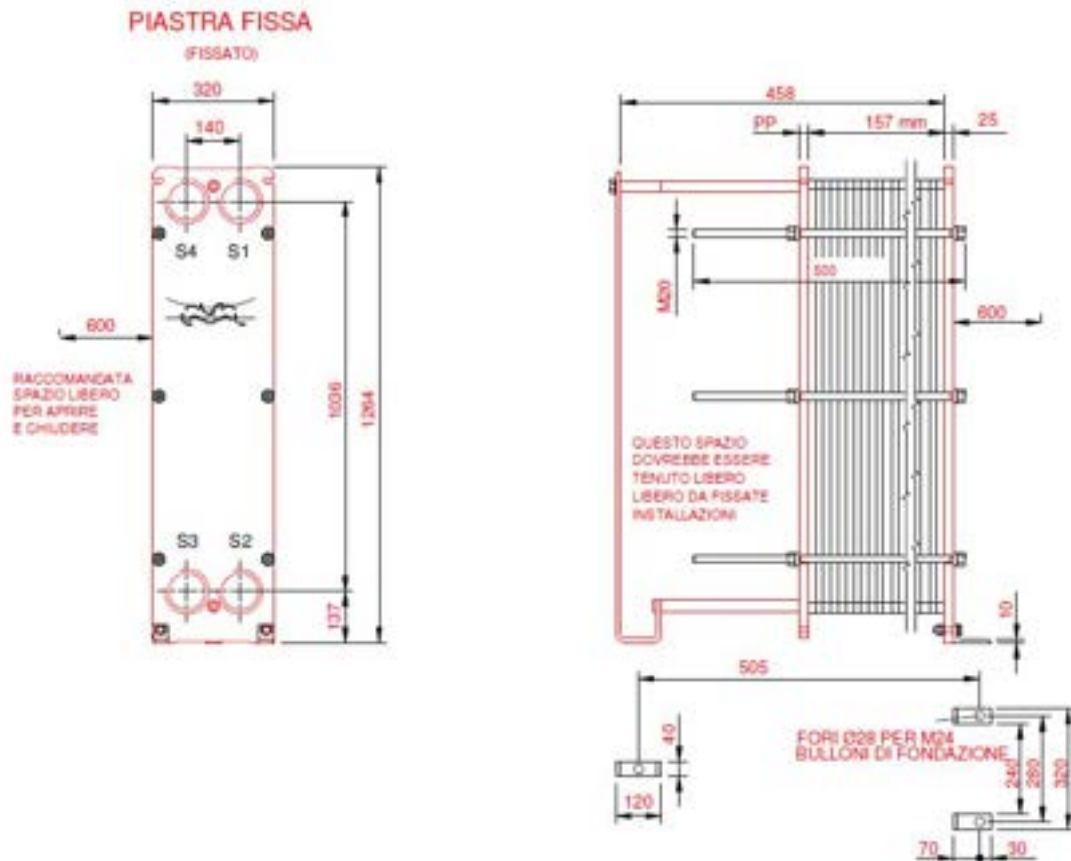


Figura 14: Caratteristiche scambiatore di calore

- f) Valvola automatica motorizzata di by-pass fumi a 3 vie con flange e controflange, serranda, perni e comando elettrico tipo modulante. Posizionamento automatico su by pass in caso di mancanza di energia.
- g) Accessori necessari al perfetto funzionamento e controllo dei moduli di recupero termico (termoresistenze, termocoppie, termometri, manometri, rubinetti scarico condensa, valvole sfiato, ecc.) e controllo a distanza (termoresistenze misura temperatura acqua utenza motore in ingresso/uscita dal modulo termico; termocoppie misura temperatura gas di scarico; dispositivi allarmi necessari per il controllo a distanza).
- h) Flange e controflange sulle connessioni con l'esterno. Allacciamenti elettrici ed idraulici tra tutto quanto sopra indicato. Isolamenti termici con coibentazione finale ove necessario.

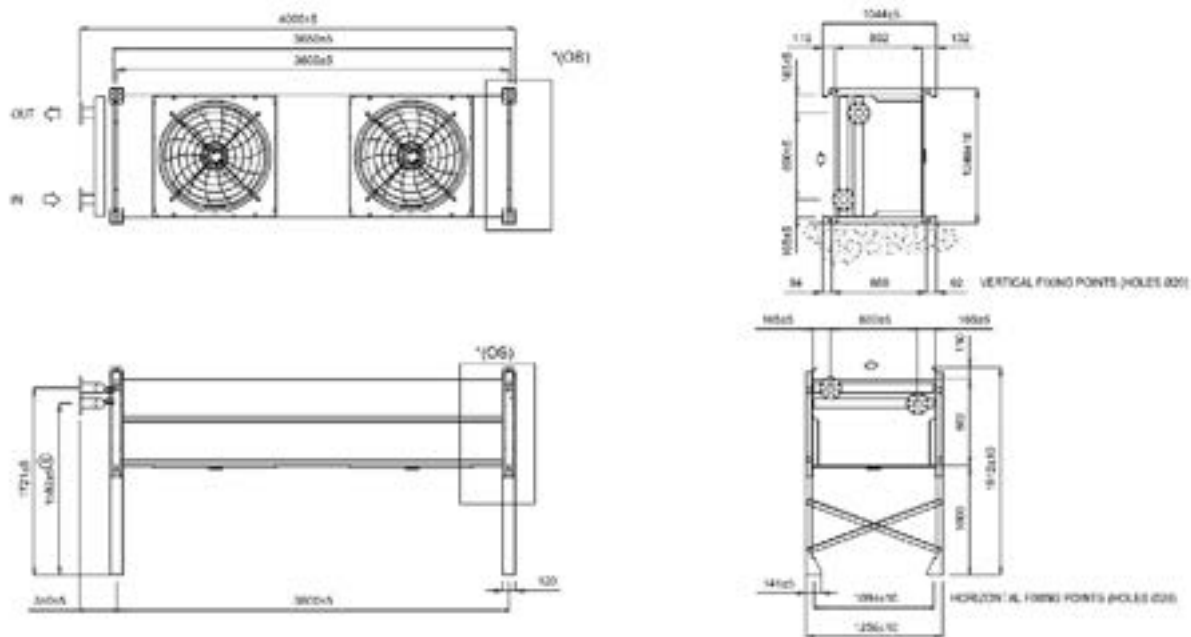


Figura 15: Caratteristiche dissipatore termico

Inoltre al fine di garantire una installazione in sicurezza del gruppo motore, sarà necessario realizzare:

- N° 1 Robusto basamento in acciaio di sostegno gruppo motore ed alternatore;
- N° 4 Supporti antivibranti posizionati tra motore/alternatore e basamento, per lo smorzamento delle vibrazioni;
- N° 1 Kit elettrovalvole per scambio combustibile;
- N° 1 Batteria di avviamento al piombo da 12Vcc – 200Ah complete di cavi;
- N° 1 Marmitta residenziale in acciaio inox insonorizzante per l'abbattimento del rumore proveniente dal sistema di scarico [abbattimento 30 dB (A)];
- N° 1 Serie completa pulverizzatori di rispetto;
- Tubazione per l'entrata e l'uscita dell'acqua dal motore predisposte per il collegamento al modulo;
- N° 1 Sistema di rabbocco automatico dell'olio lubrificante in coppa completo di regolatori automatici di livello coppa motore, elettropompa per caricamento automatico dell'olio lubrificante dal serbatoio ausiliario al motore, segnalazione minimo/massimo livello olio, serbatoio ausiliario completo di indicatore livello visivo e livellostato per segnalazione di serbatoio esaurito. (la stessa elettropompa sarà utilizzata per lo scarico dell'olio dalla coppa motore, durante le operazioni di manutenzione);

- N° 1 SISTEMA DI ALIMENTAZIONE GAS in ottemperanza delle norme vigenti, costituita da componentistica omologata comprendente:
 - valvola di chiusura manuale;
 - filtro di gas di granulometria 5 µm;
 - preregolatore di pressione del gas (se necessario);
 - manometro con rubinetto di prova;
 - n°2 valvole elettromagnetiche;
 - strumentazione di controllo tenuta / pressostato;
 - regolatore pressione gas;
 - Elettrovalvola a riarmo manuale.
- SERIE di supporti elastici posti tra motore/alternatore e basamento. Questi saranno di opportune dimensioni e in grado di assorbire la gran parte delle vibrazioni;
- ingresso dell'aria fredda per raffreddamento motore e alternatore attraverso dei silenziatori ad assorbimento di rumore del tipo a setti paralleli o a labirinto, protetti da griglie anti pioggia e da reti antitopo, posizionati sulla parete esterna;
- uscita dell'aria calda attraverso un convogliatore in lamiera ed un silenziatore come sopra descritto, posto a soffitto, protetto da griglie anti pioggia e da rete antitopo;

3.1.2. L'impianto elettrico a servizio del cogeneratore

La potenza elettrica generata dal cogeneratore verrà immessa nella rete BT del centro tramite

un quadro elettrico di potenza in b.t. contenente il Comando, Controllo, Misure, Protezioni, Parallelo e Gestione del Gruppo Elettrogeno e dell'impianto. Il quadro è adatto per installazione a pavimento, composto da più sezioni unificate affiancate e costituenti un blocco unico. Accessibilità circuito di potenza da fronte quadro, e comprende:

- Circuito montante di potenza, con interruttore automatico magnetotermico 4 poli fisso di macchina, motorizzato e riduttori di corrente;
- circuito comando controllo, misure, ausiliari, protezione motore e protezioni generatore del gruppo;
- circuito gestione impianto con logica a microprocessore dedicata, misure generali, controllo e verifica sequenza e coordinamento funzionale;
- carica batterie automatico per batterie di avviamento.

3.1.3. Il Gruppo frigo ad assorbimento

Gruppo ad assorbimento certificato CE, ad alimentazione indiretta IFA (Indirect-fired Absorption Chiller), a singolo effetto per la produzione di acqua refrigerata per raffrescamento, avente la seguenti caratteristiche:

- fonte di alimentazione: acqua calda
- fluido refrigerante/assorbente: acqua/bromuro di litio
- condensazione: acqua riciclata da torre evaporativa

Il gruppo frigorifero per la produzione di acqua refrigerata per il raffrescamento, è essenzialmente costituito da un circuito frigorifero ad assorbimento con alimentazione indiretta a singolo stadio, con struttura autoportante e adatto all'installazione in centrale, composto da:

- generatore alimentato ad acqua calda;
- condensatore;
- evaporatore;
- assorbitore;
- scambiatore di calore per preriscaldamento soluzione;
- Pompa di circolazione della soluzione diluita gestita da inverter;
- pompa della soluzione concentrata;
- pompa del refrigerante;
- sistema di decristallizzazione automatico;
- sistema di spurgo per la rimozione dei gas incondensabili;
- sistema di controllo e comando;
- collegamenti funzionali idraulici ed elettrici interni all'unità.
-

Il fluido di lavoro impiegato è una soluzione di bromuro di litio ed acqua, chimicamente stabile, non infiammabile, atossica, ecologicamente pulita e non dannosa per l'ozono. La soluzione è precaricata nelle macchine in fabbrica, dove le stesse sono sigillate e collaudate per un pronto utilizzo.

Le caratteristiche tecniche di questo tipo di assorbitore sono di seguito riportate nella tabella 8.

Tabella 8: caratteristiche gruppo frigo ad assorbimento tipo Broad

TIPOLOGIA		
Modello:		SYBDH20
Quantità:		1
Codice:		SYBDH9X78/88-35/30-7/12-20
CONDIZIONI OPERATIVE		
Potenza frigorifera	kW	110
ACQUA REFRIGERATA		
Acqua refrigerata mandata	°C	7
Acqua refrigerata ritorno	°C	12
Portata	m ³ /h	18
Perdita di carico	kPa	18
Limite di pressione statica	kPa	800
Fattore di sporcamento	m ² C/kW	0,086
ACQUA DI RAFFREDDAMENTO		
Acqua raffreddamento uscita	°C	35
Acqua refrigerata ingresso	°C	30
Potenza termica da dissipare	kW	257
Portata	m ³ /h	44,3
Perdita di carico	kPa	40
Limite di pressione statica	kPa	800
Fattore di sporcamento	m ² C/kW	0,086
ALIMENTAZIONE ACQUA CALDA		
Temperatura ingresso	°C	88
Temperatura uscita	°C	78
Portata	m ³ /h	13
Calore disponibile	kW	147
Perdita di carico	kPa	15
Limite di pressione statica	kPa	800
Fattore di sporcamento	m ² C/kW	0,086

DIMENSIONI PESI GRUPPI FRIGO		
Peso di trasporto	Kg	2.500
Massa in esercizio	Kg	3.500
Lunghezza massima	mm	2.500
Larghezza massima	mm	1.000
Altezza massima	mm	2.200

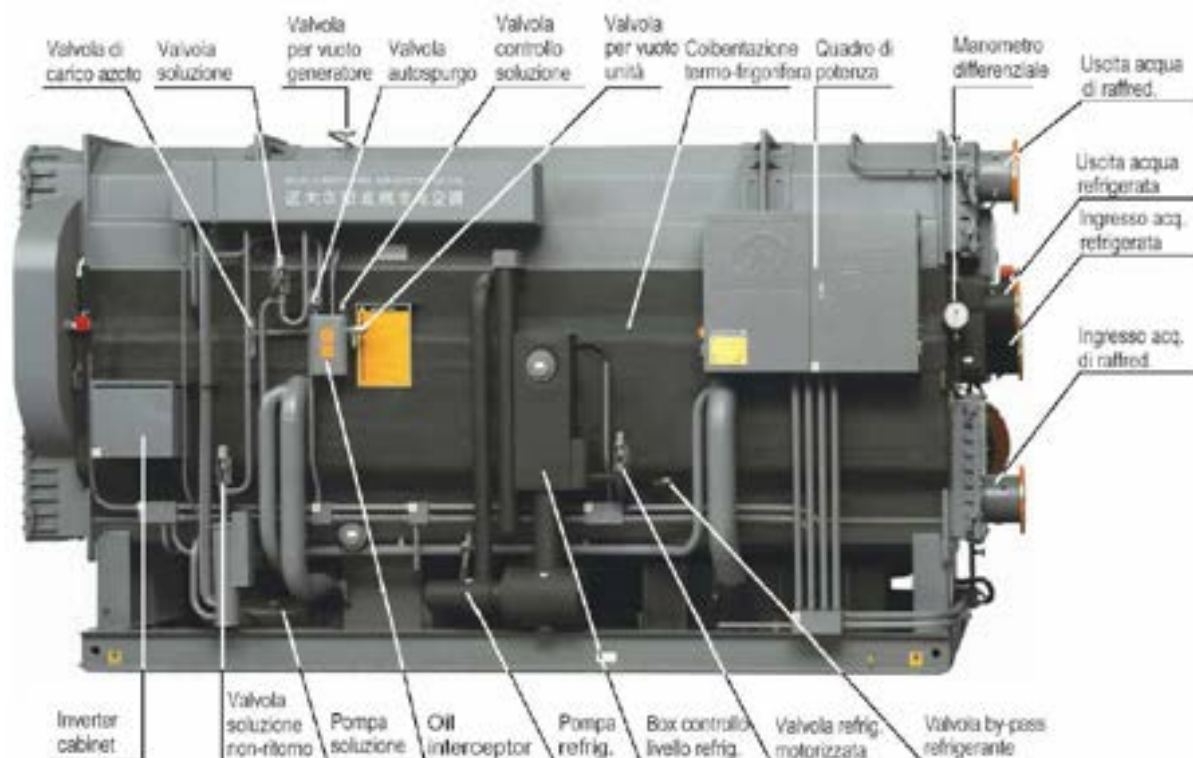


Figura 16: Il Gruppo frigo ad assorbimento

3.1.4. Torre evaporativa

Per il corretto funzionamento del gruppo frigo ad assorbimento, ad esso dovrà essere abbinata una torre evaporativa di raffreddamento del tipo centrifugo avente le seguenti caratteristiche:

- Corpo torre realizzato mediante struttura portante in profilati di acciaio zincati a caldo dopo la lavorazione. La tenuta tra la struttura portante ed i pannelli è garantita da apposita guarnizione bituminosa sigillante. Nella parte superiore del corpo sono altresì alloggiati i pannelli separagocce, con i relativi supporti in acciaio zincato a caldo. Il corpo torre è inoltre dotato di serie, di uno o più passi d'uomo costituiti da portella di generose dimensioni in resina poliesteri e telaio di fissaggio in acciaio zincato a caldo, per assicurare l'ispezione e l'accesso alle parti interne la torre.
- Telaio perimetrale con supporto del pacco di riempimento realizzato in acciaio di elevato spessore zincato a caldo dopo la lavorazione, posto alla base del corpo torre e fissato ad esso con funzione di irrigidimento dell'intera struttura. Al telaio sono saldamente fissati profilati metallici zincati a caldo

- Pacco di riempimento (o di scambio termico) composto da pannelli a loro volta costituiti da fogli in polipropilene. Il pacco di riempimento così realizzato presenta forma e dimensioni tali da ottimizzare l'efficacia del contatto aria/acqua ed il conseguente processo di scambio
- Sistema di distribuzione dell'acqua realizzato con tubi e raccordi unificati PN 10 in PVC, e con ugelli spruzzatori tangenziali in polipropilene.
- Sistema ventilante centrifugo in posizione incassata, costituito da:
 - motori, con protezione meccanica IP55, isolamento in classe F, saranno montati su robuste slitte regolabili in acciaio zincato e collocati in posizione protetta dagli agenti atmosferici. La trasmissione del moto è a mezzo cinghie trapezoidali calcolate al 150 % della potenza nominale.

Nella versione con vasca, sono inoltre incluse:

- Struttura inferiore di supporto.
- Alette paraspruzzi.
- Vasca di raccolta acqua raffreddata completa di attacchi di scarico, reintegro e troppo pieno.

Tabella 9: Caratteristiche torre evaporativa

CARATTERISTICHE DI PROGETTO		
Abbinamento		SYBDH9X78/88-35/30-7/12-20
Acqua raffreddamento uscita	°C	35
Acqua refrigerata ingresso	°C	30
Potenza termica da dissipare	kW	257
Portata	m ³ /h	44,3
Temperatura aria bulbo umido	°C	25
Quantità totale acqua evaporata	%	0,8
Quantità acqua di trascinamento	%	0,05
CARATTERISTICHE DI FUNZIONAMENTO (per modulo)		
Tipo ventilatore		Centrifugo
Tipo tiraggio		forzato
Portata aria	m ³ /h	26.500
Potenza motori elettrici	kW	5,5
Tensione/Fasi/Frequenza	V/n/Hz	380 / 3 / 50
Dimensioni d'ingombro totale (L x P x H)	mm	3.026 x 1.275 x 2.365
Peso a vuoto	kg	775
Peso in funzione	kg	1.255
Rumorosità		62 dB a 5 m
Pressione agli ugelli	bar	0,3
Costruzione		Con vasca

Tabella 10: caratteristiche acqua di reintegro torre evaporativa

	ACQUA DI RAFREDDAMENTO
	Acqua di reintegro
pH (25°C)	6.0-8.0
Conduttività (25°C) $\mu\text{S} / \text{cm}$	< 300
Cl [mg Cl / l]	< 50
SO ₄ ²⁻ [mg SO ₄ ²⁻ / l]	< 50
mg CaCO ₃ / l	< 70
Fe [mg Fe / l]	< 0.3
S ²⁻ [mg S ²⁻ / l]	N/A
NH ₄ [mg NH ₄ / l]	< 0.1
SiO ₂ [mg SiO ₂ / l]	< 30