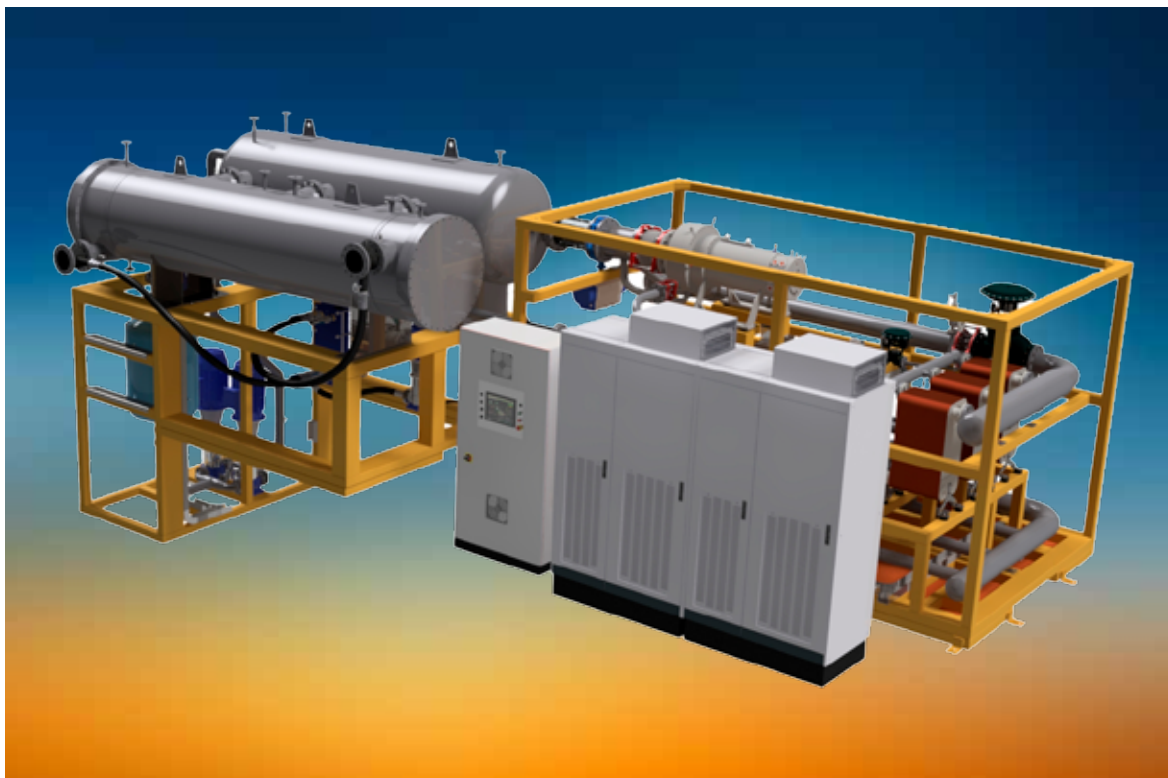


ALLEGATO TECNICO



SCHEMA PRODOTTO MODULO DI GENERAZIONE ELETTRICA A CICLO RANKINE ORGANICO (LT-ORC) DA 561kWe MONTATO SU SKID

ZE-500-LT



Via della Consortia 2
37127 Verona - Italy
Tel +39 045 8378 570
Fax +39 045 8378 574
www.zuccatoenergia.it
info@zuccatoenergia.it

IN BREVE

**Tecnologia:
Ciclo Rankine
Organico a bassa
temperatura
(LT-ORC)**

**Circuito chiuso
privo di emissioni**

**Il calore fa evaporare
ed espandere un
fluido di lavoro
a basso punto di
ebollizione**

**L'espansione del
fluido di lavoro
aziona una turbina
ad alta velocità**

**La turbina aziona
direttamente il
generatore**

**Il fluido raffredda,
condensa e
ritorna in ciclo**

La struttura dell'impianto che proponiamo è basata sul cosiddetto ciclo Rankine organico a bassa temperatura (LT-ORC) e può essere riassunta nello schema in Figura 1.

Una fonte di calore [1] riscalda attraverso un circuito chiuso ad acqua calda ed uno scambiatore primario, detto anche evaporatore [2], un particolare fluido di lavoro, posto all'interno di un circuito chiuso.

Tale fluido organico, completamente biodegradabile ed atossico, entra in ebollizione nell'evaporatore a temperature di gran lunga inferiori a quella di ebollizione dell'acqua diventando un gas ad alta pressione la cui espansione muove una turbina [3] appositamente costruita e dimensionata.

La rotazione ad alta velocità (9.000÷10.000 Rpm) dell'albero turbina trascina con sé il rotore di un generatore direttamente calettato sull'albero, producendo elettricità [4] che può essere sia auto-consumata sia immessa in rete previa sincronizzazione in fase e tensione con la corrente di rete esistente tramite un circuito detto inverter.

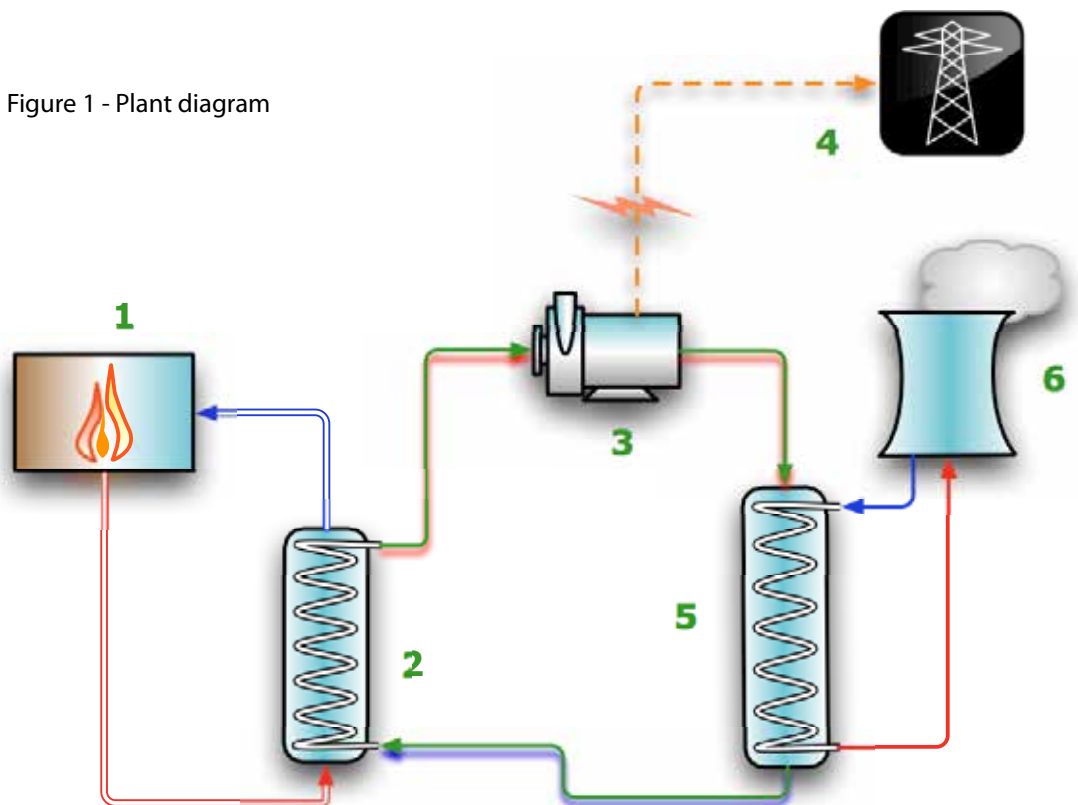
All'uscita della turbina il fluido di lavoro, ancora in forma gassosa, viene portato ad un condensatore (5) dove cede il calore in eccesso e ritorna ad essere un liquido che viene raccolto in un apposito serbatoio. Il liquido è quindi ora pronto per essere nuovamente pompato nello scambiatore primario per completare così il circuito chiuso.

Il calore in eccesso rilasciato nel condensatore rappresenta una fonte di energia termica direttamente utilizzabile anche per altri usi: preriscaldamento o essiccazione della biomassa (riducendo così il contenuto di umidità ed aumentandone il valore energetico), riscaldamento ambientale, produzione di acqua calda per processi produttivi industriali, etc.

Qualora ciò non avvenga, il calore residuo può essere dissipato tramite una compatta torre evaporativa [6]

Figura 1 - Schema dell'impianto

Figure 1 - Plant diagram



TECNOLOGIA INNOVATIVA

Progettati e realizzati in proprio avvalendosi delle più avanzate tecnologie (analisi ad elementi finiti ed analisi fluidodinamica (CFD/CFX)), i turbogeneratori ZE sono pensati fin dall'inizio per operare all'interno di un ciclo Rankine organico a bassa temperatura, dove uno speciale fluido di lavoro offre migliori rendimenti e notevoli vantaggi rispetto alle tradizionali turbine a vapore:

- **Bassa temperatura operativa** che consente di sfruttare anche sorgenti termiche "povere";
- **Alta temperatura di condensazione** che consente l'uso di economici condensatori ad aria;
- Fluido di lavoro completamente asciutto, che non provoca erosione delle pale turbina e aumentando l'**affidabilità, e riducendo controlli e costi di manutenzione**;
- Basse pressioni operative (< 20 bar) riducono rischi, problemi normativi e costi impiantistici;
- Nessuno scarico in atmosfera (lavora in ciclo chiuso);

Il fluido di lavoro utilizzato nel circuito ORC è "ozone-friendly", atossico e 100% biodegradabile.

I turbogeneratori serie ZE – **progettati appositamente da zero** con l'obiettivo di essere installati su impianti di piccole dimensioni – implementano soluzioni mirate a massimizzare il rendimento:

- **Accoppiamento diretto turbina-alternatore**: niente attrito da riduttore di velocità;
- **Cuscinetti ceramici** dalla lunga vita operativa consentono elevati regimi di rotazione;
- **Inverter progettati e dimensionati appositamente** per ogni taglia di turbina allo scopo di immettere in rete l'energia elettrica con un rendimento di conversione ottimale.

Questa tecnologia innovativa è ormai **ampiamente collaudata** con successo nei **numerosi impianti installati da Zuccato Energia nel mondo**, dalle microcentrali a biomassa ai genset ad olio vegetale, dagli impianti a syngas e biogas alle centrali termiche di hotel fino a centrali termoelettriche ed ai sistemi di teleriscaldamento comprensoriali.

ALTA POTENZA, ALTA EFFICIENZA

Il modulo ZE-500-LT è **il modulo di maggior taglia tra quelli offerti da Zuccato Energia**, progettato per operare in collegamento con sistemi di produzione acqua surriscaldata (caldaie) nelle applicazioni per la **produzione primaria di energia elettrica** ma ugualmente a proprio agio nelle applicazioni di **recupero termico industriale** laddove siano disponibili adeguate quantità di cascami termici a media temperatura ($\geq 160^{\circ}\text{C}$).

Se necessario, più moduli possono essere **accoppiati modularmente con unità simili o di minore taglia** per sfruttare tutta l'energia termica disponibile. L'utilizzo di **scambiatori a fascio tubiero** per il "lato freddo" del modulo consente al sistema di ottenere la **massima efficienza** (16%) tra tutti i prodotti Zuccato Energia.

IN BREVE

Possibilità di sfruttare sorgenti "povere"

Semplicità impiantistica

Nessuna erosione delle pale turbina

Minor pressione, maggior sicurezza

Nessuno scarico in atmosfera

Alta affidabilità

Tecnologia all'avanguardia

Funzionamento automatizzato senza operatore

Impianto monitorabile e controllabile da remoto



IN BREVE

**Tecnologia
ampiamente
collaudata**

**Dozzine di
installazioni
già in funzione**

**Alcuni impianti
sono in funzione
non-stop
dal 2012**

(salvo manutenzione
programmata)

**Produzione primaria
di energia in
collegamento con
caldaie**

**Recupero termico per
l'efficientamento di
motogeneratori**

**Recupero termico da
motori navali**

**Recupero termico da
processi industriali**

**Impianti solari
termodinamici
ibridi**

Impianti geotermici

TECNOLOGIA PROVATA SUL CAMPO

I sistemi ORC Zuccato Energia sono in uso da anni in numerose installazioni in tutto il mondo, sia per la produzione primaria di energia che per il recupero termico da processi e motori.

Le seguenti foto sono solo una piccola galleria di alcuni degli impianti installati.



Sommalombardo (VA) - Produzione elettrica da caldaia alimentata a biomassa (scarti di segheria)



Heuksan (Corea del Sud) - Recupero termico da centrale termoelettrica (generatori ad olio pesante)



Città della Pieve (PG) - Produzione elettrica da caldaia alimentata a biomassa (sfalci di potatura)



Mestre (VE) - Recupero termico da caldaia a biomassa e da turbine ad aria calda



Rovato (BS) - Produzione elettrica da caldaia alimentata a biomassa (pallet a fine vita)



Benneckestein (Germania) - Recupero termico da camicie e fumi di scarico di gensets a biogas



Castrovillari (CS) Produzione elettrica da caldaia alimentata a biomassa (sfalci di potatura)

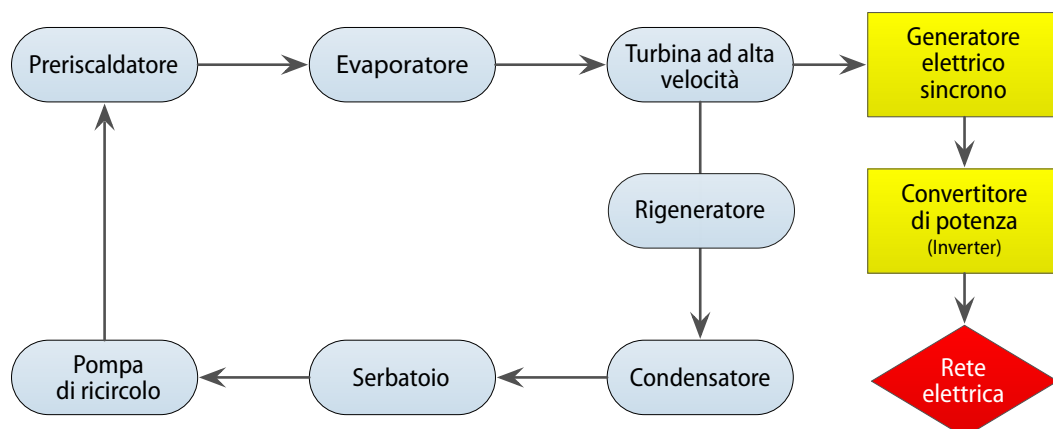


Borgoforte (MN) - Recupero termico da camicie e fumi di scarico di gensets a biogas

Per un elenco più aggiornato e molto più esteso di nostre referenze, vi consigliamo di consultare la sezione "Referenze" del nostro sito web, www.zuccatoenergia.it.

COMPONENTI DEL CIRCUITO ORC

Oltre al fluido di lavoro precedentemente menzionato, il modulo di produzione energetica ZE-500-LT si compone di vari elementi, elencati nello schema a blocchi sottostante.



- **Preriscaldatore**: detto anche *preheater*, effettua un pre-riscaldamento del fluido di lavoro utilizzando l'acqua calda del circuito diatermico in alimentazione al sistema ORC;
- **Evaporatore**: utilizza il calore dell'acqua calda del circuito diatermico in alimentazione al sistema ORC per effettuare la vaporizzazione del fluido di lavoro (cambiamento di fase con innalzamento della pressione);
- **Turbina**: spinta dall'espansione del fluido di lavoro, la sua girante ultraleggera raggiunge altissime velocità (12-18.000 giri/minuto) trascinando con sé il rotore del generatore;
- **Generatore** elettrico sincrono : ruotando ad alta velocità in connessione diretta con la turbina, produce energia elettrica
- **Inverter** : adegua le caratteristiche (fase, frequenza e voltaggio) della corrente elettrica prodotta dal generatore per consentire l'interfacciamento dell'alternatore alla rete elettrica ;
- **Rigeneratore** : recupera parte del calore del fluido di lavoro in uscita dalla turbina al fine di aumentare l'efficienza energetica, utilizzando tale calore per effettuare un primo preriscaldamento del fluido stesso prima che entri nel preriscaldatore,
- **Condensatore** : riduce la temperatura del fluido di lavoro in fase gassosa all'uscita della turbina, per consentirgli di ritornare alla originaria fase liquida;
- **Serbatoio di raccolta** per il fluido di lavoro in forma liquida;
- **Pompa di ricircolo** per il rilancio del fluido di lavoro;

DATI DI PROCESSO

Di seguito i dati di processo stimati per l'impianto:

PRERISCALDATORE + EVAPORATORE	VALORE	U.M.
Potenza termica totale in ingresso alla turbina	3 500	[kWth]
Temperatura acqua surriscaldata in ingresso	= > 160	[°C]
Temperatura acqua surriscaldata ritorno	145	[°C]
Portata massima acqua surriscaldata mandata	54.03	[kg/s]

CONDENSATORE	VALORE	U.M.
Potenza termica da dissipare	2 909	[kWth]
Temperatura acqua uscita condensatore	38	[°C]
Temperatura acqua ingresso condensatore	28	[°C]
Portata acqua circuito condensazione	69.41	[kg/s]

FLUIDO DI LAVORO

IN BREVE

Fluido di lavoro esclusivo

Basso punto di evaporazione, alto punto di condensazione

Innocuo per l'uomo e per l'ambiente

Circuito chiuso- nessuna contaminazione

Non erode le pale della turbina

Lo speciale fluido di lavoro - una miscela azeotropica di idrofluorocarburi ecocompatibili è la componente che ha permesso a Zuccato Energia di realizzare questa tipologia di impianti.

Infatti è grazie alla sua esistenza che è stato possibile studiare e realizzare le soluzioni ad alta tecnologia che questa azienda è in grado di proporre.

Il fluido di lavoro Zuccato Energia possiede le seguenti ottime caratteristiche:

- **Ampio intervallo di lavoro** che consente di sfruttare fonti prima ritenute inutilizzabili;
- **Alta temperatura di condensazione** che consente di usare torri di raffreddamento standard;
- **Completamente asciutto**, quindi nessuna cavitazione né erosione delle pale della turbina;
- **Basse pressioni operative** (20 bar), ovvero maggior sicurezza, minori problemi normativi e minori costi;
- **Completamente "ozone-friendly", organico, atossico e 100% biodegradabile**, per un pieno rispetto della natura ed una maggior sicurezza in quanto eventuali perdite accidentali non sono considerabili dannose o pericolose;
- **Minima necessità di integrazione** integrato poiché lavora in circuito chiuso.

In più grazie al fluido non c'è consumo d'acqua o vapore e l'impianto risulta quindi economico nella gestione oltre che molto semplice e compatto.

All'interno dell'impianto il fluido subisce vari passaggi di stato e trattamenti. Le caratteristiche di processo sono riassunte nella seguente tabella:

FLUIDO DI LAVORO	
Range di lavoro	60-165°C
Temperatura di condensazione	~33°C
Pressioni operative	max. 20 bar
Vector fluid	Water
Temperatura in ingresso alla turbina	145 °C
Pressione in ingresso alla turbina	16,08 bar



DATI SPECIFICI TURBOGENERATORE

Le seguenti tabelle riportano le specifiche tecniche principali della turbina e del generatore e convertitore di potenza ad essa collegati.

TURBINA	
Tipo	Turbina radiale centripeta ad ugelli fissi, calettata direttamente sull'asse del generatore
Temperatura in ingresso	145°C
Temperatura in uscita	~ 100°C
Pressione di stadio	PS 16 (tested to 24 bar)
Corpo turbina	Acciaio monolitico lavorato CNC
Girante	Lega d'alluminio aeronautica
Controllo di velocità	Anello di retroazione sulla corrente in uscita dal generatore
Tenuta	Labirinto sigillato su retro girante. <i>Opzionale:</i> labirinto assiale sigillato all'interfaccia con il generatore. <i>Verso l'esterno:</i> statiche, O-rings

GENERATORE	
Tipo	Sincrono a magneti permanenti
Potenza in uscita	561 kWe
Velocità di rotazione	9 500 Rpm (9 ...10 kRpm)
Raddrizzatore	Incorporato
Sincronizzatore di rete	Compreso
Tensione	503- 577 VAC @ 500Hz
Raffreddamento	Camicia ad acqua
Raffreddamento ad acqua richiesto	15 kW _T
Fluido refrigerante	Acqua / glicole
Temperatura di ingresso acqua	< 40°C
Portata volumetrica di acqua	30 l/min
Refrigerante aggiuntivo (opzionale)	Iniezione di fluido di lavoro
Tenuta generatore	2,5 bar (tenuta gas)

CONVERTITORE DI POTENZA (INVERTER)	
Tipo	IGBT- mains synchronized
Potenza in uscita alla rete	550 kWe
Tensione	400 V + 5% Tol.
Frequenza	50 Hz +0,5% Tol.
Raffreddamento	Ad acqua
Temperatura ambiente max accettabile	40°C
Chopper di frenatura	Incorporato, su resistenze

IN BREVE

Turbina radiale inflow ed alta velocità progettata appositamente

Generatore incorporato, calettato direttamente sull'asse turbina

Convertitore di potenza integrato appositamente progettato

IN BREVE

Scambiatori a piastre, compatti ed efficienti per il lato caldo

Robusti scambiatori a fascio tubiero per il lato freddo

Ampio polmone di fluido di lavoro

Pompa di ricircolo ad alta efficienza

COMPONENTI DEL SISTEMA

SCAMBIATORI DI CALORE

Gli **scambiatori di calore del "lato caldo"** di questo modulo ORC sono del tipo **a piastre saldobrasate** - una soluzione compatta ed efficiente per lo scambio termico, basata sull'accoppiamento di più piastre di acciaio corrugate a spina di pesce che vengono assemblate ciascuna invertita di 180° rispetto all'adiacente. Tenendo conto che le sezioni di passaggio dei fluidi sono molto contenute, i volumi d'ingombro di questi scambiatori sono minimi in relazione alla loro capacità di scambio termico. Le caratteristiche più importanti di questo tipo di scambiatori sono:

- **Ridotte dimensioni**: occupano fino ad un decimo dello spazio occupato da altri tipi di scambiatori, agevolando il trasporto riducendo le dimensioni dell'impianto.
- **Basso differenziale termico**: lavorano efficientemente anche con un minimo salto termico tra i due fluidi tra i quali scambiare calore, così da migliorare l'efficienza del sistema;
- **Peso ridotto**: l'esecuzione compatta ed il ridotto volume interno rendono il peso di questo tipo di scambiatori una frazione di quello degli scambiatori tradizionali;
- **Basse perdite di carico**: nella maggior parte dei casi la perdita di carico nello scambiatore saldobrasato è minore di quella degli scambiatori coassiali.
- **Resistenza a sporco e corrosione**: l'elevata turbolenza e lo sfruttamento totale della superficie riducono i depositi dovuti ad eventuali solidi in sospensione e li rendono pulibili con normali fluidi detergenti. Materiali costruttivi di qualità donano resistenza alla corrosione.

Gli **scambiatori di calore del "lato freddo"** sono invece del classico tipo **a fascio tubiero** il quale, oltre ad avere costi ridotti rispetto a scambiatori a piastre equivalenti, offre migliori *performance* e maggiore facilità di pulizia in presenza di possibili contaminazioni dell'acqua di raffreddamento.

SCAMBIATORI DI CALORE	
Tipologia	A piastre saldobrasate (evaporatori e preheater) A fascio tubiero (rigeneratore e condensatore)
Pressione max di lavoro	30 bar
Pressione di collaudo	39 bar
Pressione di scoppio	225 bar
Materiali usati	AISI316 S/Steel & 99,9% copper
Temperatura max di lavoro	195°C

SERBATOIO RACCOLTA CONDENSE

Si tratta di un contenitore per la raccolta del fluido di lavoro in fase liquida munito di sensori per un monitoraggio costante dei livelli di fluido, che garantisce all'impianto un'adeguata riserva.

SERBATOIO CONDENSE	
Materiale costruttivo	Acciaio al carbonio trattato antiruggine
Capacità	500 litri
Raccorderia	PN25
Sensore di livello	Incorporato

POMPE FLUIDO DI LAVORO

Hanno lo scopo di rimettere in circolo il fluido vettore condensato. La parte idraulica viene mantenuta in posizione tra il coperchio superiore e il corpo pompa mediante tiranti.

POMPE FLUIDO DI LAVORO	
Motore	A gabbia in cortocircuito del tipo chiuso a ventilazione esterna
Rendimento motore	Fascia di efficienza 1
Grado di protezione motore	IP55
Isolamento motore	Classe F (T _{MAX} =155°C);
Certificazione motore	EN 60034-1;

QUADRO DI CONTROLLO

Nel quadro di controlli risiede tutta la parte di elettronica, supervisione, automazione e controllo del nostro impianto. Al suo interno sono presenti quindi:

- Gestione di processo;
- Controllo della temperatura;
- Controllo della pressione;
- Gestione degli allarmi;
- Controllo del collegamento alla rete;
- Inverter per rifasamento energia prodotta;
- Quadro di parallelo rete con protezioni bassa tensione.

Il quadro di controllo include inoltre **sistemi di telecontrollo e telediagnosi** che consentono una costante monitoraggio delle prestazioni dell'impianto ed un intervento in tempo reale in caso di malfunzionamento.

Tale collegamento avviene tramite un **modem router cellulare 3G / GPRS / EDGE** incorporato e consente l'accesso tramite qualsiasi dispositivo con accesso ad Internet (PC o tablet).

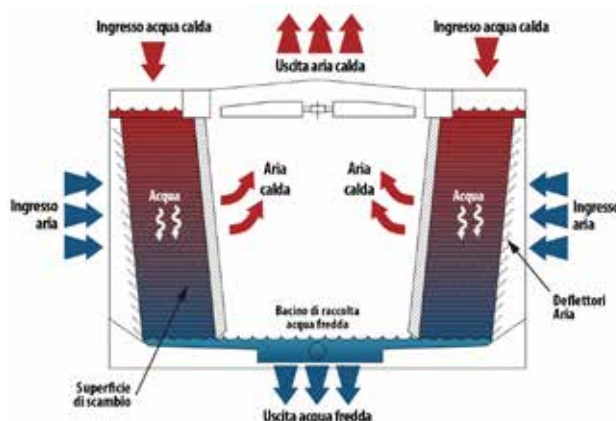
TORRE DI RAFFREDDAMENTO (opzionale)

Qualora il cliente non abbia un utilizzo per il calore residuo che è necessario smaltire per la condensazione del fluido di lavoro e non disponga di una torre evaporativa propria abbiamo scelto una tipologia di torre evaporativa di caratteristiche costruttive superiori in grado di assicurare una temperatura di condensazione costante per tutto l'anno, requisito fondamentale per una resa di ciclo ottimale e continuativa. La batteria di scambio termico è studiata per permettere un'elevata superficie di scambio termico e facilitare la manutenzione/pulizia. L'utilizzo di materie plastiche e fibra di vetro ne riduce il peso e ne consente l'installazione praticamente ovunque. Resistenze antigelo opzionali ne estendono l'ambiente operativo anche a zone rigide con temperature fino a -18°C , e varie opzioni di silenziamento semplificano l'uso vicino ad aree residenziali.

TORRE DI RAFFREDDAMENTO	
Tipo	A ventola assiale
Dimensioni (Lunghezza x Larghezza x altezza)	2,58 x 5,50 x h 3,65 m
Capacità di dissipazione (nominale / massima)	3000 / 3273 kW _T
Peso a vuoto / operativo	4079 / 8421 Kg
Temperatura a bulbo umido/bulbo asciutto	22 °C / 30.6 °C
Portata acqua nominale / massima	71,7 / 78.2 l/min
Portata acqua di reintegro (P=1...4.5bar)	1.79 -1.9 l/s
Livello acustico massimo a 15 m (ventola a pieni giri)	67 dBA (senza silenziatori)
Materiale del telaio e del serbatoio	Acciaio galvanizzato a caldo
Consumo ventola assiale (a pieni giri)	30 kW (56.2A@400VAC 50Hz)
Resistenze antigelo (opzionali; protezione fino a -18°C)	2 x 8 kW



Una torre simile corredata di tutte le protezioni acustiche opzionali



IN BREVE

Sistema di controllo completamente automatizzato

Funzionamento senza operatore

Quadro di controllo touch-screen

Controllo remoto via internet mobile

Inverter e quadro di parallelo inclusi

Torre evaporativa opzionale leggera e compatta con opzioni antigelo ed antirumore

DIMENSIONI DEL SISTEMA

SKID

Il modulo ORC è fornito montato su due telai autoportanti (skid) interconnessi, uno dei quali ospita i componenti del cosiddetto "lato caldo" (turbina, evaporatori, preheater...) mentre l'altro ospita il "lato freddo" - rigeneratore, condensatore, serbatoio condense e pompe. Quadri elettrici ed inverter sono in armadi separati. Gli schemi qui sotto mostrano la versione "nuda" per uso indoor. Sono poi disponibili sia versioni pannellate che containerizzate per esterni

IN BREVE

Versione standard composta da 2 skid + pannelli di controllo per installazioni al chiuso

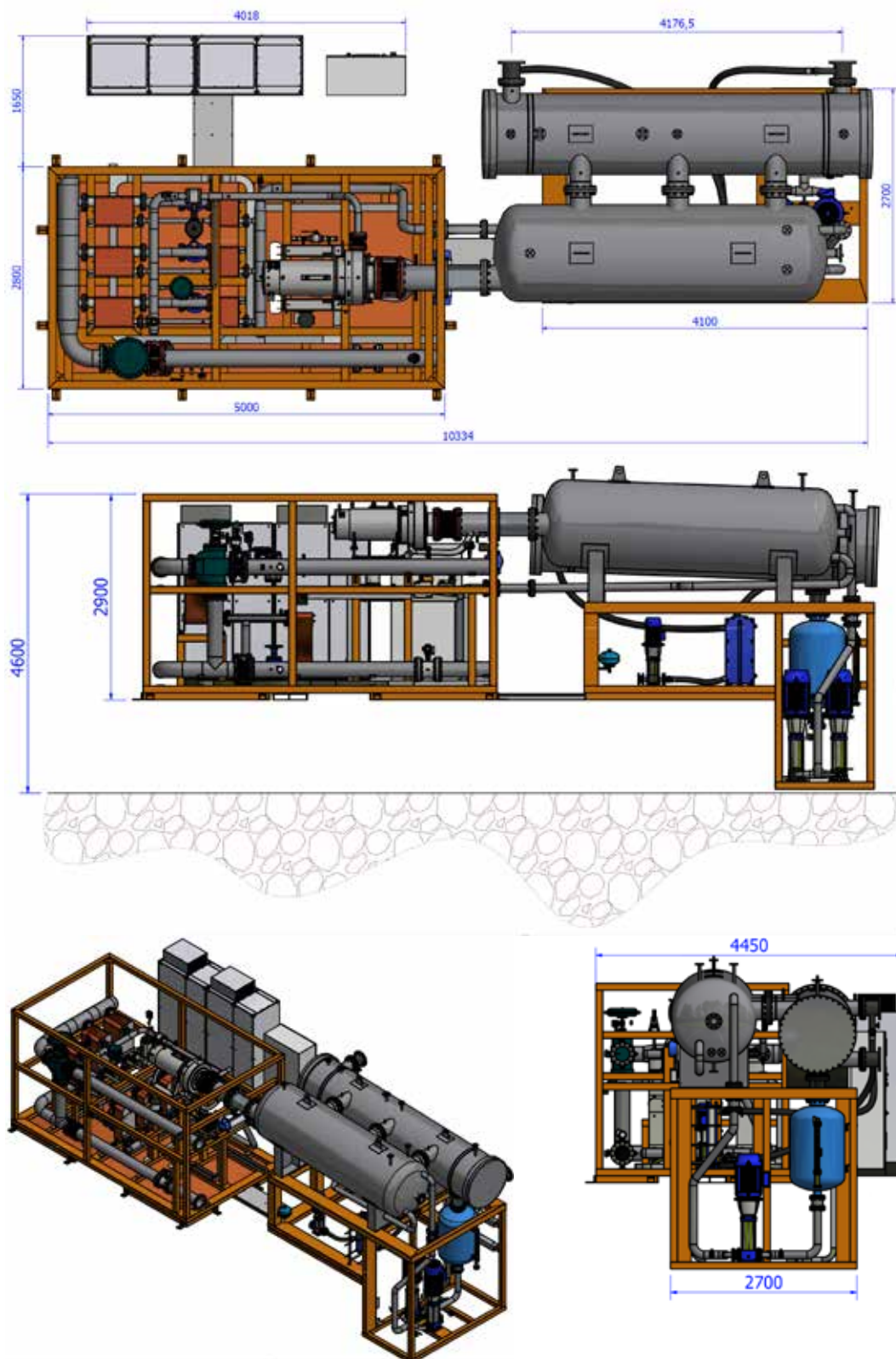
Dimensioni:
Skid lato caldo
(principale):
5.0 x 2.8 x h 3.2 m
Skid lato freddo:
5.2 x 3.3x h 4.6 m

Pesi a secco :
7 t (lato caldo)
11.5 t (lato freddo)
3 t (pann. contr.)

Disponibile in versione pannellata

Disponibile in versione containerizzata per esterni

Disponibili a richiesta versioni su misura



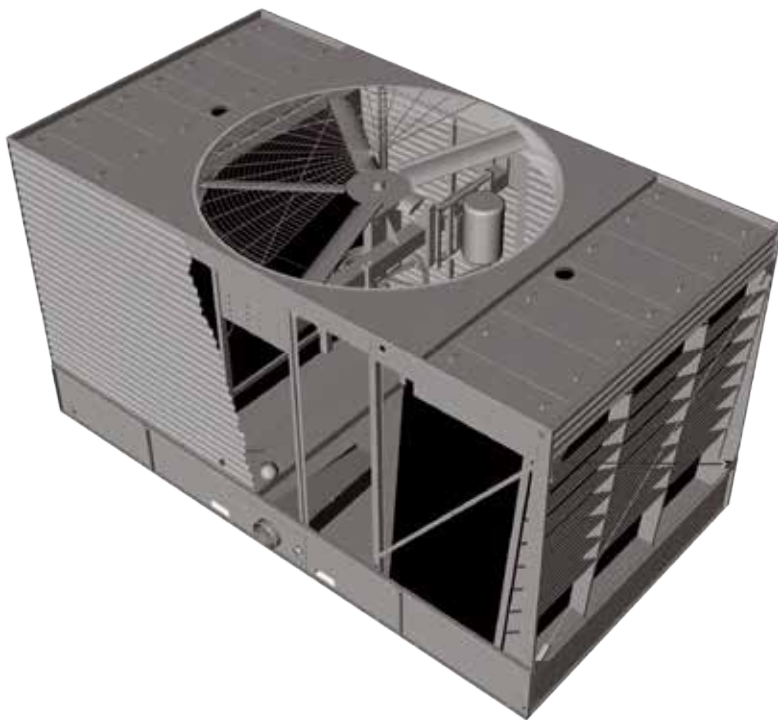
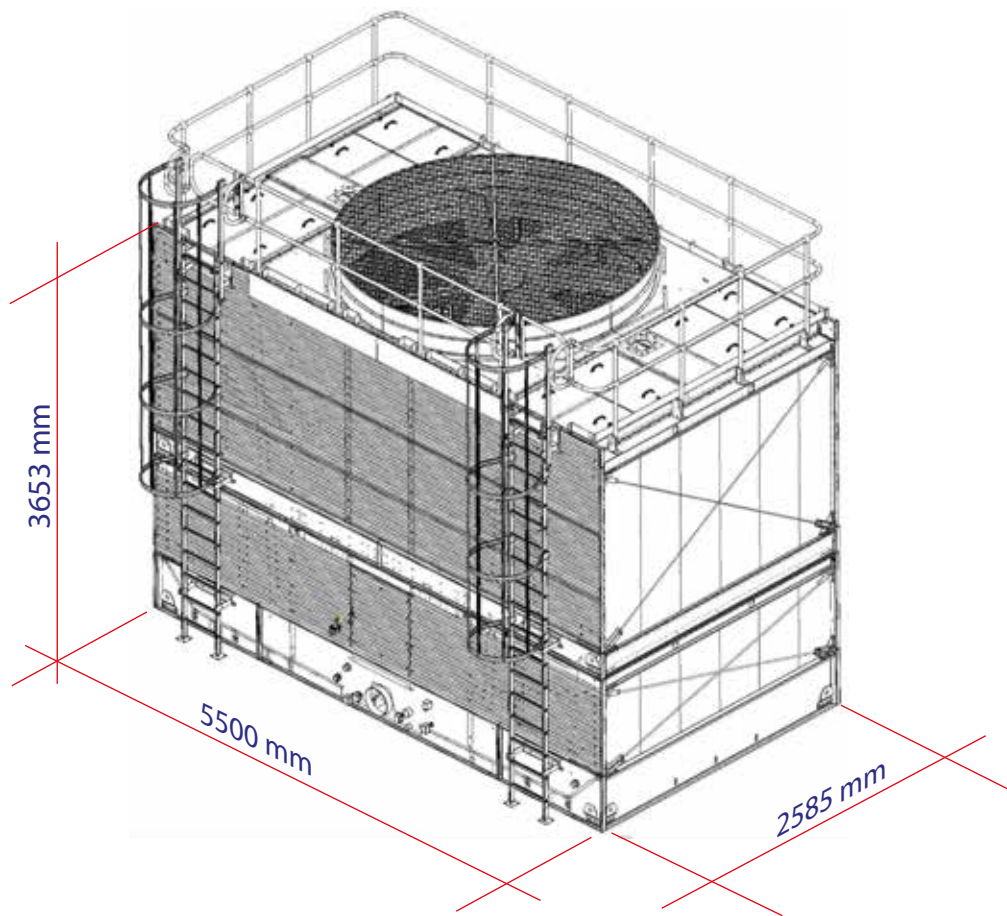
Si prega di notare che lo skid richiede almeno 1 metro e mezzo di spazio tutt'attorno per un facile accesso manutentivo.

Zuccato Energia, in quanto progettista e produttore, può inoltre costruire su commissione skid su misura con dimensioni differenti da quelle standard per adattarsi alle necessità del cliente.

TORRE DI RAFFREDDAMENTO EVAPORATIVA

La torre evaporativa è un'unità opzionale che ha lo scopo di dissipare il calore in eccesso qualora esso non venga utilizzato altrimenti (riscaldamento, essiccazione combustibile...)

Occupava uno spazio di 5.5 x 2,6 m per un'altezza di 3,7 m, come dettagliato nei seguenti schemi.



Occorre tenere a mente che, oltre a quello strettamente necessario per l'accesso manutentivo, è necessario lasciare quanto più spazio possibile attorno alla torre per consentire una corretta circolazione dell'aria che, ricordiamo, viene aspirata dai lati della torre stessa.

Tale spazio raddoppia in presenza di altre torri di raffreddamento per evitare interferenze.

IN BREVE

Realizzazione in acciaio galvanizzato

Dimensioni:
550 x 259 cm
h 365
(escluse scale e parapetti opzionali)

Area richiesta:
650 x 360 cm

Distanza minima da altre torri di raffreddamento:
2 metri

Peso operativo:
~ 8.4 t



VIA DELLA CONSORTIA 2
37127 VERONA - ITALY

TEL. +39 045 8378 570
FAX +39 045 8378 574
WWW.ZUCCATOENERGIA.IT
INFO@ZUCCATOENERGIA.IT

E' STATO FATTO IL POSSIBILE PER FAR SI
CHE I DATI CONTENUTI NEL PRESENTE
DOCUMENTO FOSSERO CORRETTI ED
AGGIORNATI.

CIONONOSTANTE, ESSI SONO DA
CONSIDERARSI COME PURAMENTE
INDICATIVI, NON CONTRATTUALMENTE
VINCOLANTI E SOGGETTI A
CAMBIAMENTO SENZA PREAVVISO .

© 2018 ZUCCATO ENERGIA SRL
ALL RIGHTS RESERVED

IDENTIFICATIVO DOCUMENTO :
ZE SK ZE500LT 190420 IT