

# SCHEDA PRODOTTO

MODULO DI PRODUZIONE ELETTRICA  
A CICLO RANKINE ORGANICO A BASSA  
TEMPERATURA (LT-ORC) DA 175 kW<sub>E</sub>  
SU TELAIO AUTOPORTANTE

## *ZE-175-ULH*

**ze**  
ZUCCATO  
ENERGIA



VIA DELLA CONSORTIA 2  
37127 VERONA - ITALY  
TEL +39 045 8378 570  
FAX +39 045 8378 574  
WWW.ZUCCATOENERGIA.IT  
INFO@ZUCCATOENERGIA.IT

## TECNOLOGIA IMPIANTISTICA

### IN BREVE

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

Circuito chiuso  
privo di emissioni

Un fluido vettore  
convoglia il calore  
prodotto dalla  
fonte di calore al  
modulo ORC

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 sorgente 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 ORC.

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.

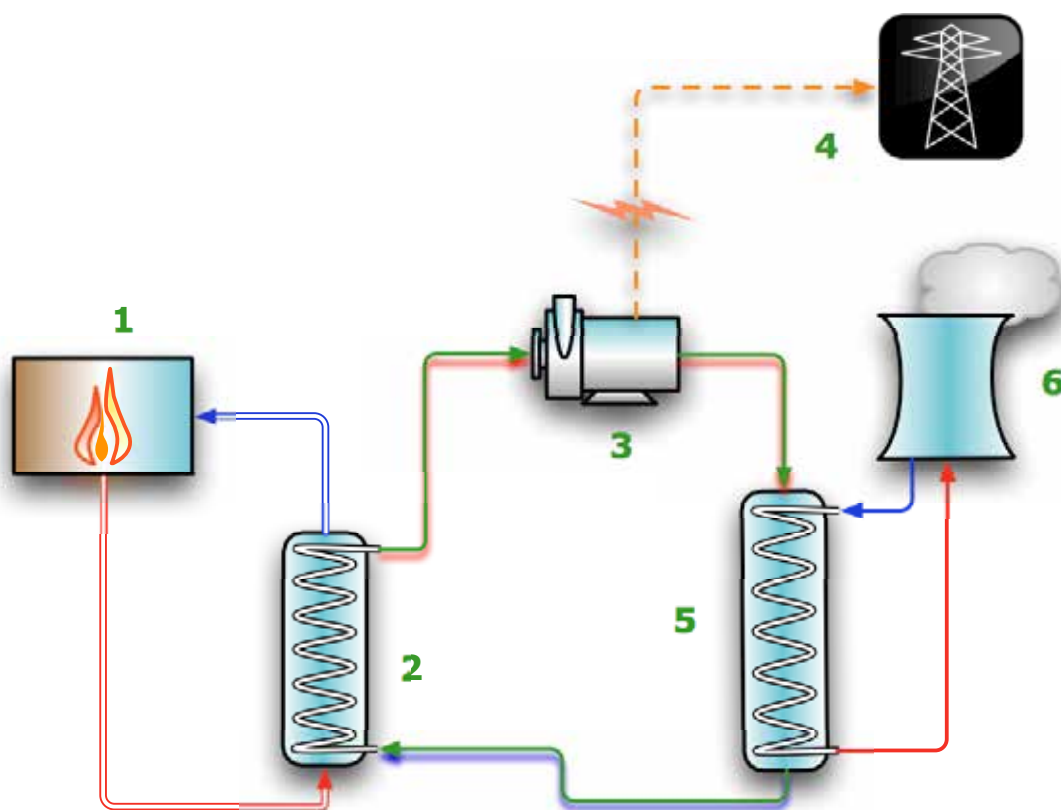
La rotazione ad alta velocità dell'albero turbina trascina con se il rotore di un **generatore direttamente calettato su di esso**, producendo elettricità [4] che può essere sia auto-consumata sia immessa in rete previa **sincronizzazione in fase, frequenza e tensione con la corrente di rete** esistente 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 **reimpresso da una pompa 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 (riducendone 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** oppure un **dry-cooler** [6]

Figura 1 - Schema dell'impianto



## ELEVATE PRESTAZIONI

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 totalmente asciutto**, che non provoca erosione delle pale turbina dando al sistema elevata affidabilità e controlli e costi di manutenzione ridotti;
- **Basse pressioni operative** ( $\leq 20$  bar), che significano maggior sicurezza di funzionamento, minore burocrazia e minori costi d'impianto;
- **Nessuno scarico in atmosfera** in quanto il sistema opera a circuito chiuso.

## COMPATIBILITÀ AMBIENTALE

Dal punto di vista ambientale, i sistemi ZE sono impeccabili:

- **Recuperano risorse altrimenti sprecate** come il calore residuo e gli scarti di lavorazione oppure semplificano lo sfruttamento di risorse rinnovabili solari e geotermiche;
- **Usano normale acqua come fluido di trasferimento termico** invece di olio diatermico pericoloso per l'ambiente;
- **Usano un fluido di lavoro "ozone-friendly"**, atossico, non infiammabile in forma liquida e 100% biodegradabile;
- **Sono costruiti con materiali riciclabili ed ecosostenibili**, utilizzano un minimo di parti in plastica e non impiegano sostanze tossiche nella loro costruzione.

## SOLUZIONI INNOVATIVE

I turbogeneratori serie ZE sono stati **progettati appositamente da zero** con l'obiettivo di essere installati su impianti di piccole dimensioni ( $< 1$ MWe). Sono state quindi implementate soluzioni ingegneristiche concepite per elevarne al massimo il rendimento:

- **Accoppiamento diretto turbina-alternatore**, privo degli attriti di eventuali ingranaggi;
- **Uso di cuscinetti ceramici** per una lunga vita operativa ed elevati regimi di rotazione;
- **Turbine ed inverter appositamente progettati** per ogni taglia di impianto allo scopo di ottenere una conversione di energia meccanica in elettrica ed un'immissione in rete ottimali.

La nostra tecnologia innovativa è **stata già ampiamente collaudata con successo** in dozzine di impianti in Europa, Asia, Africa ed America, dagli impianti a biomassa e biogas in Italia agli impianti solari ibridi in Africa, dalle fattorie americane alle centrali elettriche in Sud Corea.

Tutti i sistemi Zuccato Energia sono equipaggiati con **sistemi di telecontrollo e telediagnosi** che consentono un monitoraggio costante ed un intervento in tempo reale in caso di malfunzionamento attraverso la rete cellulare 3G / 4G / GPRS / EDGE e qualsiasi dispositivo in grado di navigare sul Web (PC o tablet).



### IN BREVE

Possibilità di sfruttare sorgenti "povere"

Semplicità impiantistica

Nessuna erosione delle pale turbina

Minor pressione, maggior sicurezza

Nessuno scarico in atmosfera

Elevata eco-compatibilità e sostenibilità

Alta affidabilità

Tecnologia all'avanguardia

Funzionamento automatizzato senza operatore

Impianto monitorabile e controllabile da remoto

## 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.

### 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'efficiamento di  
motogeneratori

Recupero termico da  
motori navali

Recupero termico da  
processi industriali

Impianti solari  
termodinamici  
ibridi

Impianti geotermici



**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)

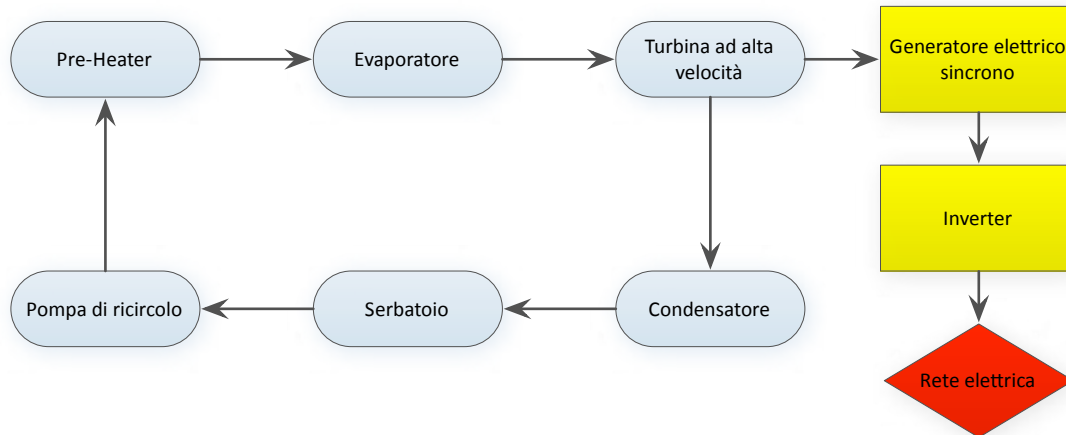


**Borgoforte (MN)** - Recupero termico da camicie e fumi di scarico di gensets a biogas

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](http://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:** in questo scambiatore di calore, il fluido di lavoro viene preriscaldato utilizzando il calore contenuto nel fluido vettore circolante nel circuito diatermico in ingresso;
- **Evaporatore:** in questo scambiatore il calore della sorgente termica, convogliato dal fluido vettore, riscalda il fluido di lavoro che passa da liquido a gas ad alta pressione;
- **Turbina:** spinta dall'espansione del fluido di lavoro, la girante ultraleggera raggiunge altissime velocità (fino a 18.000 rpm nei moduli di minor taglia);
- **Generatore elettrico sincrono:** connesso direttamente alla girante della turbina, il suo rotore ruota ad alta velocità in un campo magnetico permanente, producendo energia elettrica;
- **Inverter:** modifica tensione, frequenza e fase della corrente elettrica prodotta dal generatore per consentire l'interfacciamento dell'alternatore alla rete elettrica;
- **Rigeneratore:** pre-preriscalda il fluido di lavoro usando parte del calore del fluido stesso in uscita dalla turbina al fine di aumentare l'efficienza energetica;
- **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 in circolo del fluido di lavoro;

## DATI DI PROCESSO

Di seguito i dati di processo nominali dell'impianto:

PRERISCALDATORE + EVAPORATORE	
Potenza termica totale in ingresso alla turbina	1 280 kW <sub>T</sub>
Temperatura fluido vettore (in/out)	≥ 160 / 140°C
Portata massima fluido vettore	14.88 kg/s

CONDENSATORE	
Potenza termica da dissipare	1 075 kW <sub>T</sub>
Temperatura acqua condensatore (in/out)	26 / 36°C
Portata acqua circuito condensazione	25.69 kg/s

## FLUIDO VETTORE

Il **fluido vettore** è il liquido usato per convogliare il calore dalla fonte al modulo ORC, dove tale calore viene usato per far evaporare il fluido **fluido di lavoro** descritto nella pagina successiva.

Il fluido vettore ed il fluido di lavoro operano in circuiti separati e non si mescolano mai - **solo il calore viene trasferito** tra di loro.

Zuccato Energia ha scelto di usare **semplice acqua** come fluido vettore invece dell'olio diatermico usato altrove, leggermente più efficiente nel trasferimento termico ma molto più pericoloso in quanto infiammabile e potenzialmente inquinante in caso di perdite.

In questo impianto, il fluido vettore è **acqua surriscaldata** a 160°C - ossia acqua al di sopra del punto di ebollizione ma mantenuta liquida dalla pressione.

### IN BREVE

Design semplice e diretto

Componentistica ad alta efficienza

Fluido vettore sicuro ed ecologico (acqua surriscaldata)

## IN BREVE

Fluido di lavoro esclusivo

Basso punto di evaporazione, alto punto di condensazione

Circuito chiuso- nessuna contaminazione

Non erode le pale della turbina

Innocuo per l'uomo e per l'ambiente

Turbina radiale inflow ad alta velocità progettata appositamente

Generatore incorporato, calettato direttamente sull'asse turbina

Inverter integrato appositamente progettato

## FLUIDO DI LAVORO

Il fluido di lavoro utilizzato da Zuccato Energia è il componente chiave che ha permesso a Zuccato Energia i suoi impianti, grazie alle sue eccellenti 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** ( $\leq 20$  bar), quindi maggior sicurezza e minori burocrazia e costi;
- **Totalmente "ozone-friendly"**, organico, atossico, 100% biodegradabile, e non infiammabile in fase liquida, quindi 100% eco-compatibile e non pericoloso in caso di perdite;
- **Funzionamento a ciclo chiuso** quindi virtualmente senza necessità di reintegrazione, senza consumi di acqua o vapore né emissioni, consentendo impianti più semplici ed economici da operare rispetto ai sistemi a vapore.

All'interno dell'impianto il fluido subisce vari passaggi di stato e trattamenti, e le sue caratteristiche principali sono riassunte nella seguente tabella:

FLUIDO DI LAVORO	
Tipo	Miscela azeotropica di HFC atossici, non infiammabili ed ecocompatibili
Gamma di temperature di lavoro	60-165°C
Temperatura di condensazione	~33°C @ 1 bar
Pressioni di lavoro	max. 20 bar
Portata massica di vapore organico	~ 6.0 Kg/s

## TURBINA, GENERATORE ED INVERTER

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 operativa (in/out)	145°C / ~ 100°C
Pressione di stadio	PS 16 (collaudato fino a 24 bar)
Materiali	Turbina: Acciaio monolitico lavorato CNC Girante: Lega d'alluminio aeronautica
Controllo di velocità	Anello di retroazione sulla corrente in uscita
Guarnizioni e tenute	Labirinto sigillato su retro girante ed (opzionalmente) all'interfaccia con il generatore. <i>Verso l'esterno:</i> statiche, O-rings

GENERATORE	
Tipo	Sincrono a magneti permanenti
Potenza in uscita nominale	175 kW <sub>E</sub>
Velocità di rotazione	15.000 Rpm (12...18 kRpm)
Tensione	503- 577 VAC @ 500Hz
Raffreddamento	Camicia ad acqua
Fluido refrigerante	Miscela acqua + glicole (antigelo), T <sub>IN</sub> < 40°C

CONVERTITORE DI POTENZA (INVERTER)	
Tipo	IGBT sincronizzato alla rete, raffreddato ad aria
Potenza in uscita alla rete (nominale /max)	175 kW <sub>E</sub>
Tensione e frequenza	400 V + 5% Tol. @ 50 Hz +0,5% Tol.
Temperatura ambiente max accettabile	40°C
Chopper di frenatura	Incluso, 175 kW

## SCAMBIATORI DI CALORE

Gli **scambiatori di calore del "lato caldo"** di questo modulo ORC (evaporatore e preheater) 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. Le sezioni di passaggio dei fluidi sono molto contenute, e quindi l'ingombro è minimo in relazione alla capacità di scambio termico. In breve, essi offrono:

- **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;
- **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"** (rigeneratore e condensatore) sono anch'essi dello stesso tipo, ed offrono le stesse ottime prestazioni..

SCAMBIATORI DI CALORE	
Tipologia	A piastre saldobrasate
Pressioni max	30 bar (lavoro) 39 bar (collaudo) 225 bar (scoppio)
Materiali usati	Acciaio AISI316 e rame 99%
Temperatura max di lavoro	195°C

## SERBATOIO RACCOLTA CONDENSE

Necessario per mantenere un adeguata riserva di fluido di lavoro allo stato liquido, questo serbatoio in acciaio al carbonio trattato antiruggine con raccorderia PN16 ha una capacità di **180 litri** ed ha un  **sensore di livello incorporato**.

## POMPA FLUIDO DI LAVORO

Ha lo scopo di rimettere in circolo il fluido vettore condensato. Il motore è del tipo a gabbia in cortocircuito con ventilazione esterna. Energeticamente efficiente (classe I), tale motore ha una protezione IP55, isolamento in classe F fino a 155°C ed è certificato conforme a EN 60034-1. La parte idraulica viene mantenuta in posizione tra il coperchio superiore e il corpo pompa mediante tiranti.

## QUADRO DI CONTROLLO

Il quadro di controllo, ospitato in un **armadio a bordo skid**, contiene tutta l'elettronica di **controllo, supervisione, automazione e comunicazione** del modulo ORC. Dotato di un **pannello di controllo locale touch-screen** oltre ad un'**interfaccia di controllo remota**, contiene tutta l'elettronica di **gestione di processo**, incluso il **controllo di pressioni e temperature** ed i sistemi di **gestione allarmi** con messaggistica in italiano. Il pannello di controllo include un **modem router cellulare** che consente un controllo remoto via internet protetto da password con vari livelli e policies di utilizzo.

## INVERTER E RESISTENZE DI FRENATURA

Un ulteriore armadio a bordo skid contiene la circuiteria del **modulo convertitore di potenza (inverter)** che si occupa di adattare tensione, fase e frequenza dell'energia generata prima di inoltrarla al quadro di **interfaccia verso la rete elettrica**, che comprende la protezione da basse tensioni. Tale armadio ospita anche il **banco di resistenze di frenatura** sui quali l'inverter devia per dissiparla l'energia generata durante gli arresti di emergenza, quando per ragioni di sicurezza lo skid viene completamente isolato dalla rete.

### IN BREVE

Scambiatori a piastre saldobrasati, compatti ed efficienti

Ampio polmone di fluido di lavoro

Pompa di ricircolo ad alta efficienza

Sistema di controllo completamente automatizzato

Funzionamento senza operatore

Quadro di controllo touch-screen

Controllo remoto via internet mobile

Inverter e quadro di parallelo integrati sullo skid

## DIMENSIONI DEL MODULO ZE-175-LT

### IN BREVE

Versione standard per installazioni al coperto montata su skid aperto

Dimensioni skid:  
5.5 x 2.5 x h 3.2 m

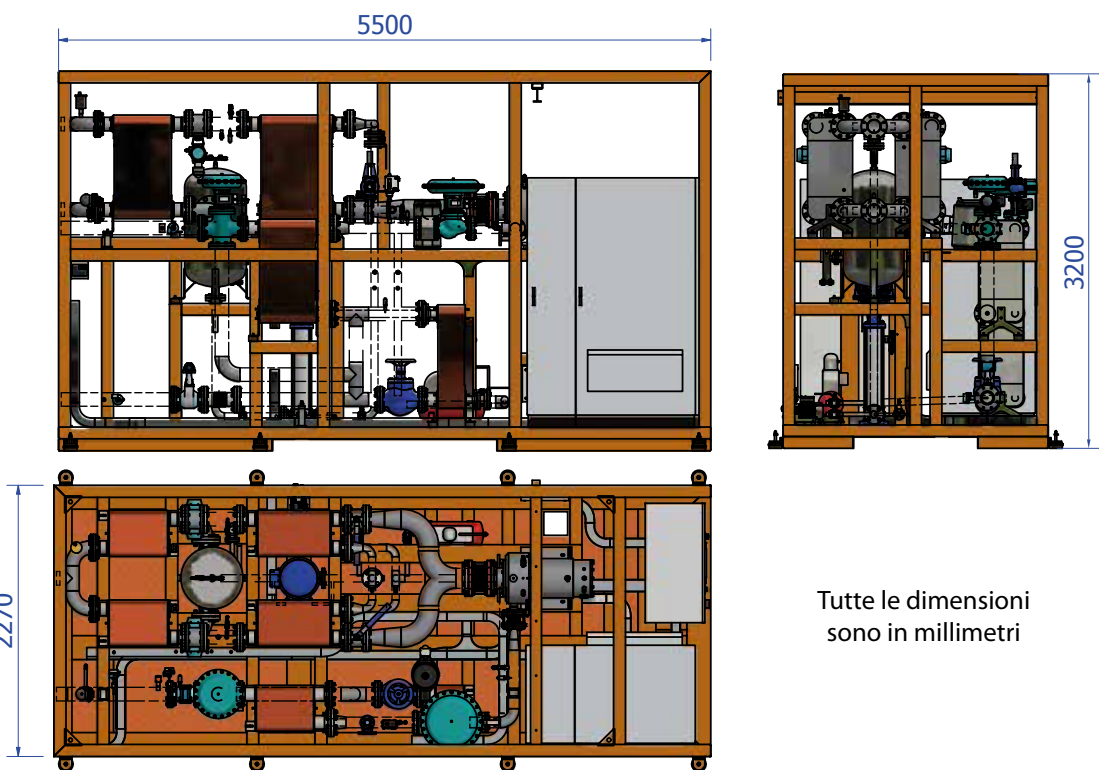
Spazio di installazione ideale:  
8.5 x 5.5 x h 4.7 m

Peso a secco :  
~ 6500 Kg

Disponibile anche in versione pannellata

Disponibile a richiesta versione containerizzata resistente alle intemperie per installazioni all'aperto

Versioni personalizzate disponibili a richiesta



Tutte le dimensioni sono in millimetri

Nel programmare gli spazi di installazione, è consigliabile prevedere uno **spazio libero**, – **idealmente di almeno 1.5 metri** – **tutt'attorno allo skid** per un agevole accesso manutentivo. Zuccato Energia, in quanto sviluppatore e produttore, può anche costruire su richiesta lo skid in dimensioni non-standard su misura per le esigenze del cliente.

## CONTATTI ZUCCATO ENERGIA

**Sede Legale ed Operativa:** Via della Consortia,2 - 37127 Verona (Italia)

**Telefono :** +39 045 8378 570 - **Telefax:** +39 045 8378 574

**E-Mail:** info@zuccatoenergia.it - **Sito Web :** <http://www.zuccatoenergia.it>

**Orari di Ufficio:** Da Lunedì a Venerdì, dalle 8:30 alle 12:30 e dalle 14:30 alle 18:30



SONO STATI FATTI I MIGLIORI SFORZI PERCHÉ I DATI CONTENUTI NEL PRESENTE DOCUMENTO SIANO CORRETTI.

CIÒ NONOSTANTE, ESSI SONO DA CONSIDERARE PURAMENTE INDICATIVI, PRIVI DI VALIDITÀ CONTRATTUALE E SOGGETTI A CAMBIAMENTO SENZA PREAVVISO .

© 2018 ZUCCATO ENERGIA SRL  
ALL RIGHTS RESERVED

IDENTIFICATIVO DOCUMENTO :  
ZE SK ZE 175 LT 190320 IT