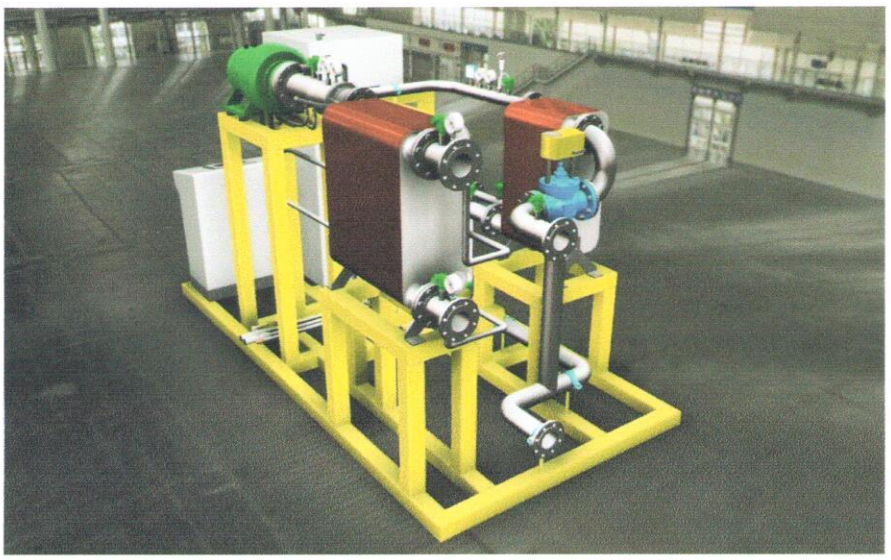
ZUCCATO ENERGIA

ALLEGATO TECNICO

DESCRIZIONE TECNICA IMPIANTO DI GENERAZIONE ELETTRICA

50 kW_E



SOCIETÀ A RESPONSABILITÀ LIMITATA
SEDE LEGALE ED OPERATIVA : VIA DELLA CONSORTIA 2 - 37127 VERONA
COD.FISC. / PARTITA I.V.A 02117430187 • TEL.0458 378 570 - FAX 0458 378 556

SOMMARIO

DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA IMPIANTISTICA 3

L' INNOVATIVA TECNOLOGIA DELLE TURBINE ORC ZUCCATO ENERGIA 4

DATI DI PROCESSO 5

DATI SPECIFICI TURBINA ORC-ULH ZUCCATO ENERGIA 6

FLUIDO DI PROCESSO 7

MACCHINARI COSTITUENTI IL CIRCUITO ORC 8

DESCRIZIONE E SPECIFICHE TECNICHE COMPONENTI MODULO ORC 9

scambiatori 9

serbatoio di raccolta condense 10

pompa fluido vettore 10

QUADRO DI CONTROLLO 11

TORRE EVAPORATIVA (OPZIONALE) 11

La struttura dell'impianto che proponiamo può essere riassunta nello schema in Figura 1: una sorgente di calore (1), ad esempio l'acqua di raffreddamento in uscita da motori endotermici e/o il termico recuperato dai fumi di scarico, riscalda attraverso uno scambiatore primario (2), un particolare fluido vettore all'interno di un circuito chiuso ORC.

Questo fluido organico, completamente biodegradabile ed atossico, se riscaldato inizia a bollire a temperature di gran lunga inferiori a quella dell'acqua (40÷50°C) ed è in grado di espandersi diventando un gas ad alta pressione utilizzabile per muovere una turbina (4).

Lo scambiatore primario è anche detto evaporatore perché porta il fluido allo stato di vapore alla temperatura di 85°C, successivamente in questa forma entra nella turbina, appositamente costruita e dimensionata, e si espande causando la rotazione ad alti giri dell'albero (12.000÷14.000 Rpm). Alla turbina è poi direttamente collegato il generatore che ruotando produce elettricità che può essere sia auto-consumata sia immessa in rete (garantendo fase e tensione con un apposito inverter, 7). All'uscita della turbina il fluido di lavoro, ancora in forma gassosa, viene portato ad un condensatore (6) 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 (riducendone così il contenuto di umidità ed aumentandone il valore energetico), riscaldamento ambientale, produzione di acqua calda per processi produttivi industriali, etc.

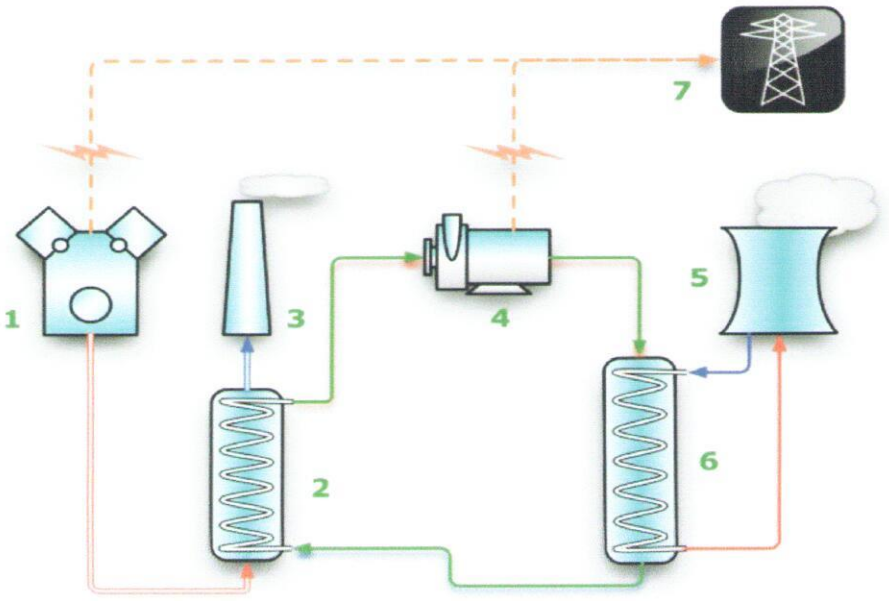


Figura 1 - Schema dell'impianto

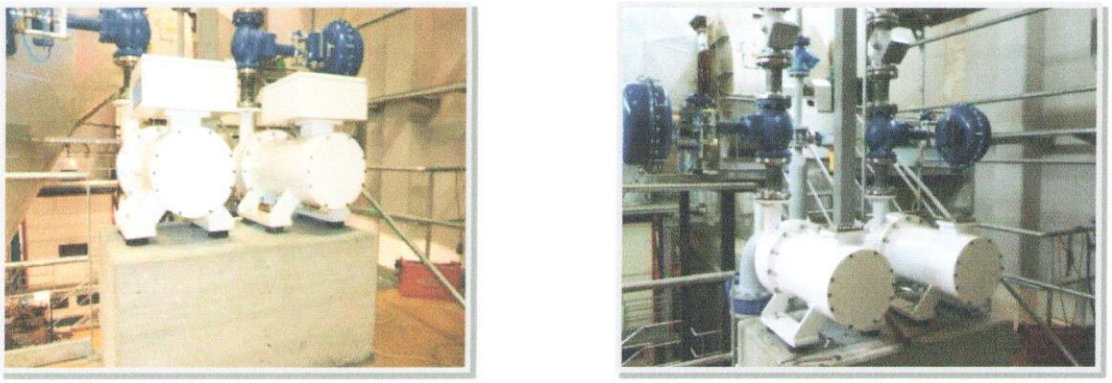


Figura 2: *Immagini di una coppia di turbogeneratori di recente installazione aventi una potenza elettrica complessiva di 300 kW.*

Progettati e realizzati in proprio avvalendosi delle più avanzate tecnologie (analisi ad elementi finiti ed analisi fluidodinamica (CFD/CFX)), i turbogeneratori ZE (Figura 2) sono pensati per operare all'interno di un ciclo Rankine organico a bassa temperatura che utilizza uno speciale fluido di lavoro in grado di offrire migliori rendimenti ed una serie notevole di 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'utilizzo anche di economici condensatori ad aria;
- Grazie al fluido di lavoro completamente asciutto non c'è alcuna erosione delle pale della turbina e quindi il sistema ha un'alta affidabilità, contenuti costi di manutenzione e necessita di pochi controlli;
- Basse pressioni operative (massimo 20 bar), ovvero maggior sicurezza, minori problemi normativi e minori costi impiantistici;
- Nessuno scarico in atmosfera (lavora in ciclo chiuso);

Inoltre, dal punto di vista ecologico, il fluido utilizzato nel circuito chiuso è "ozone-friendly", organico, atossico e completamente biodegradabile.

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

- Accoppiamento diretto della turbina all'alternatore, che elimina gli attriti di eventuali riduttori di velocità;
- Utilizzo di cuscinetti ceramici che prolungano la vita operativa e consentono il funzionamento ad elevati regimi di rotazione;
- Impiego di inverter progettati e dimensionati appositamente per ogni taglia di turbina (lo scopo è quello di immettere in rete l'energia elettrica ottenendo un rendimento ottimale).

DATI DI PROCESSO

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

PREHEATER +EVAPORATORE	VALORE	U.M.
Potenza termica tot in ingresso alla turbina	550	[kW_{th}]
Temperatura acqua calda in ingresso	= > 94	[°C]
Temperatura acqua calda ritorno	86	[°C]
Portata acqua calda mandata	16,42	[kg/s]
Potenza elettrica erogata dalla turbina	50	[kW_e]

CONDENSATORE	VALORE	U.M.
Potenza termica da dissipare	470	[kW_{th}]
Temperatura acqua uscita condensatore	31	[°C]
Temperatura acqua ingresso condensatore	26	[°C]
Portata acqua circuito condensazione	22,46	[kg/s]

DATI SPECIFICI TURBINA ORC-ULH ZUCCATO ENERGIA

Di seguito le specifiche tecniche dei turbogeneratori ZE50-ULH.

Generatore	generatore sincrono a magneti permanenti con raddrizzatore e sincronizzatore di rete,raffreddamento con camera ad acqua.
Potenza	50 kW_e
Velocità	15.000 Rpm
Tensione	650- 850 VDC
Raffreddamento ad acqua richiesto	5 kW_{th}
Fluido refrigerante	Acqua /glicole
Temperatura di ingresso acqua	< 40°C
Portata volumetrica di acqua	10 l/min
Refrigerante aggiuntivo	Iniezione opzionale di fluido di processo
Tenuta generatore	2,5 bar (tenuta gas)

Inverter	IGBT- sincronizzato alla rete incluso chopper di frenatura, raffreddato ad aria
Potenza	50 kWe
Tensione	400 V + 5% Tol.
Frequenza	50 Hz +0,5% Tol.
Temperatura ambiente	40°C
Chopper di frenatura	75 kJ

Turbina	Turbina radiale con ugelli fissi, direttamente accoppiata all'albero del generatore
Temperatura in ingresso	85°C
Temperatura in uscita	ca. 60°C
Pressione di stadio	PS 4,42 (test di pressione a 10 bar)
Corpo turbina	Acciaio saldato
Girante	Lega di alluminio
Controllo di velocità	Anello di retroazione sulla corrente in uscita dal generatore
Tenuta	Labirinto sigillato sul retro della girante opzionale: labirinto assiale sigillato all'interfaccia con il generatore. Verso l'esterno: statiche, O-rings

FLUIDO DI PROCESSO

Il fluido di processo è la parte caratteristica che ha permesso di realizzare questa tipologia di impianti a recupero di calore Zuccato Energia. 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:

- **Range di lavoro 60-165°C che consente di sfruttare fonti prima ritenute inutilizzabili;**
- Alta temperatura di condensazione (~33°C) che permette l'utilizzo di torri di raffreddamento standard;
- Nessuna erosione delle pale della turbina, perché il fluido di lavoro è completamente asciutto;
- Basse pressioni operative (20 bar), ovvero maggior sicurezza , minori problemi normativi e minori costi;
- E' completamente "ozone-friendly", organico, atossico e completamente biodegradabile. Rispetta quindi completamente e totalmente la natura ed eventuali accidentali perdite non sono considerabili dannose o pericolose;
- Deve essere raramente integrato perché lavora in un 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 inoltre il fluido subisce vari passaggi di stato e trattamenti, le caratteristiche di processo sono riassunte nella seguente tabella:

Dati di processo	
Fluido vettore del ciclo ORC	n.d.
Temperatura in ingresso	85 °C
Pressione in ingresso	4,38 bar
Potenza termica richiesta	550 kW_{th}
Temperatura di condensazione	35°C
Pressione in uscita dal condensatore	1,00 bar
Portata massica di vapore stimata	3,09 kg/s

MACCHINARI COSTITUENTI IL CIRCUITO ORC

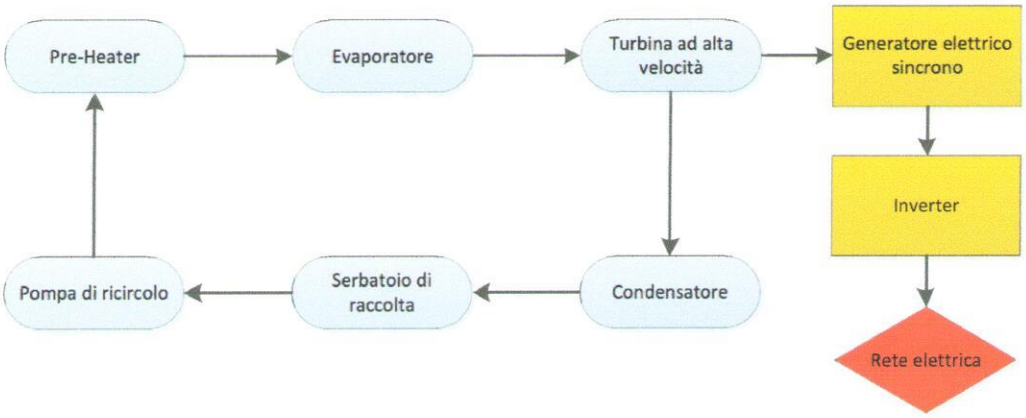


Figura 3: *schema a blocchi del sistema di generazione elettrica.*

Sistema di generazione elettrica basato su Ciclo Rankine organico a bassa temperatura (Figura 3), costituito da:

- **Pre-Heater**, effettua un pre-riscaldo 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 ad alta velocità** con girante ultraleggera azionata dall'espansione del fluido di lavoro;
- **Condensatore** per consentire al gas costituente il fluido di lavoro di tornare alla forma liquida;
- **Serbatoio di raccolta** per il fluido di lavoro in forma liquida;
- **Pompa di ricircolo** per il rilancio del fluido di lavoro;
- **Fluido di lavoro** necessario per riempire circuito;
- **Generatore elettrico sincrono** in connessione diretta con la turbina ;
- **Inverter** per l'interfacciamento dell'alternatore alla rete elettrica nazionale, comprensivo di circuiteria di adattamento di frequenza, rifasamento e sincronizzazione.

Di seguito vengono riportate gli ingombri dei principali componenti impiegati nella realizzazione dello skid (Figura 4) del modulo ORC ZE50-ULH. Ci teniamo inoltre a precisare che ogni skid necessita di un'area pari a 4,5x2,5x2,5m $(l \times w \times h)$ più un metro per lato per permettere il passaggio. La torre evaporativa invece presenta i seguenti ingombri 2,5x2,5x3,6m $(l \times w \times h)$ ed anche in questo caso è necessario un ulteriore metro per lato per permettere il ricircolo dell'aria (2m tra questa ed altre già presenti).

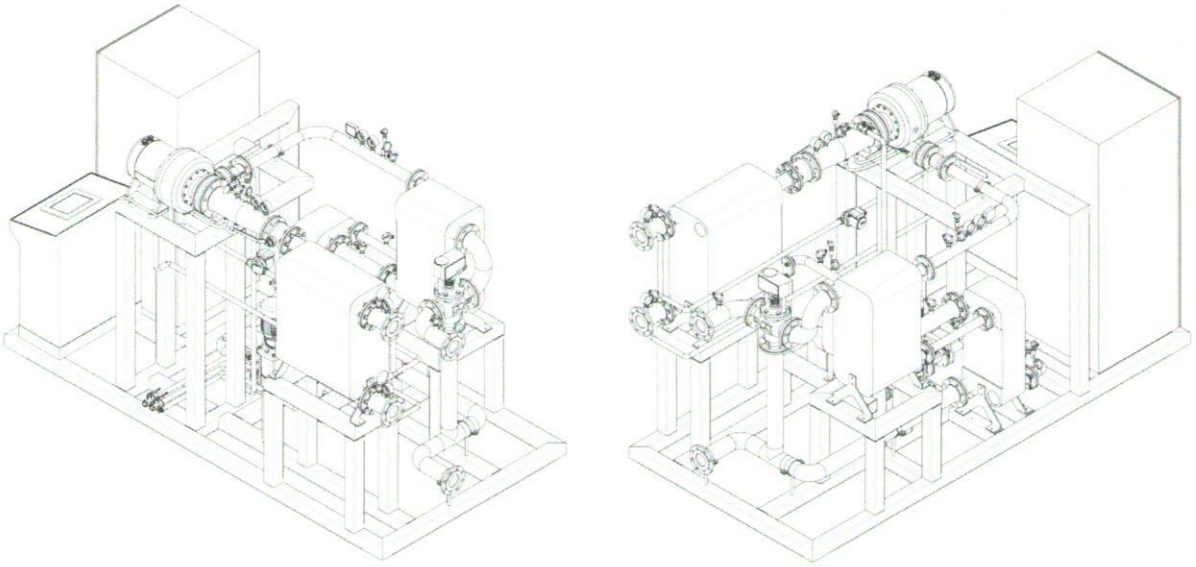


Figura 4: *skid per la produzione di 50kW$_E$.*

SCAMBIATORI

Gli scambiatori di calore utilizzati nel modulo ORC ZE50-ULH sono a piastre saldo brasati. Rappresentano la più compatta ed economica soluzione per molte applicazioni. La tecnologia costruttiva si basa sull'accoppiamento di più piastre di acciaio di qualità generalmente corrugate a spina di pesce che vengono assemblate a verso invertito 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. Tra le specifiche tecniche di questa tipologia di scambiatori si ricordano le più importanti:

- **Resistenza alla pressione ed alla temperatura:** gli scambiatori sono idonei ad una pressione di lavoro di 30 Bar con collaudo a 39 bar per le esecuzioni standard e ad una pressione di lavoro di 45 bar con collaudo a 55 bar per le esecuzioni "alta pressione". La pressione di scoppio può arrivare fino a 225 bar. La composizione dei materiali è di natura esclusivamente metallica: acciaio AISI 316, rame puro al 99,9% o nickel, che consentono di raggiungere temperature di lavoro sino a 195°C con brasatura in rame e sino ai 300°C con brasatura in nickel;
- **Perdite di carico:** i valori di perdita di carico sono in diretta relazione con il grado di efficienza desiderato. I valori stimati per una buona efficienza vanno da un minimo di 1 m.c.a ad un massimo di 5 m.c.a;

- **Sporcamento e corrosione:** la peculiarità degli scambiatori a piastre saldobrasati è quella di avere sempre un'alta turbolenza ed uno sfruttamento totale della superficie. Questo si riflette in una drastica riduzione dei depositi dovuti al materiale contenuto nei liquidi, inoltre sono perfettamente pulibili con dei normali fluidi detergenti. I problemi di corrosione risultano limitati data la specifica resistenza dei materiali utilizzati per la costruzione.
-

VANTAGGI RISPETTO AI TRADIZIONALI SCAMBIATORI DI CALORE

- **Ridotte dimensioni :** gli scambiatori arrivano ad occupare fino ad 1/10 dello spazio occupato da altri tipi di scambiatori. Questa caratteristica agevola il trasporto e permette di ridurre le dimensioni dell'impianto.
- **Bassi approcci di temperature:** è possibile lavorare con una minima differenza tra, ad esempio la temperatura dell'acqua di raffreddamento ed il prodotto da raffreddare, così da migliorare l'efficienza del sistema;
- **Peso contenuto:** l'esecuzione compatta ed il ridotto volume interno, fanno si che il peso corrisponda soltanto ad una minima parte 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.

SERBATOIO DI RACCOLTA CONDENSE

Si tratta di una vasca per la raccolta del fluido vettore liquido. Viene eseguita in PED ad alta tenuta della pressione con raccordi PN25. La capacità del serbatoio di accumulo è di 50 litri garantendo all'impianto un adeguato polmone, inoltre i livelli interni di fluido vengono costantemente monitorati da degli appositi sensori.

POMPA FLUIDO VETTORE

Si tratta di una pompa centrifuga verticale multistadio, non autoadescante, accoppiata con motore standard normalizzato. La parte idraulica viene mantenuta in posizione tra il coperchio superiore e il corpo pompa mediante tiranti.

SPECIFICHE DEL MOTORE

- Motore a gabbia in cortocircuito del tipo chiuso a ventilazione esterna;
- Valore di rendimento che cade all'interno della fascia indicata come efficienza 1;
- Grado di protezione IP55 che garantisce protezione dai depositi di polvere e dai getti d'acqua;
- Isolamento classe F che permette di avere una temperatura massima di funzionamento pari a 155°C;
- Certificazione 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 BT.

TORRE EVAPORATIVA (OPZIONALE)

Per la condensazione del fluido di lavoro abbiamo scelto una speciale tipologia di torre evaporativa per le sue caratteristiche costruttive superiori e la possibilità di assicurare una temperatura di condensazione costante per tutto l'anno (fondamentale per una resa di ciclo ottimale e continuativa).

La torre di evaporazione è costituita di un'unità a singola o doppia cella con ventilatori assiali. Il corpo è realizzato con pannelli sandwich modulari in vetroresina collegati tra loro per mezzo di una struttura in acciaio zincato a caldo. La bulloneria utilizzata è anch'essa in acciaio AISI 304 mentre la vasca di raccolta acqua è in resina poliestere rinforzata con fibra di vetro. Batteria di scambio termico in acciaio zincato a caldo studiata per permettere un elevata superficie di scambio termico e facilitare la manutenzione/pulizia. Il sistema di distribuzione dell'acqua PN10 e gli ugelli sono entrambi completamente in PVC e presentano una geometria studiata appositamente per non essere otturabili. Le alette paraspruzzi sono ottenute per estrusione di resina poliestere rinforzata con fibra di vetro.

L'utilizzo di materie plastiche e fibra di vetro rende il prodotto leggero e ne consente l'installazione praticamente ovunque.