

# APÊNDICE TÉCNICA



## FICHA TÉCNICA

MÓDULO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA DE 50 KWE A CICLO DE RANKINE ORGÂNICO DE BAIXA TEMPERATURA (LT-ORC), MONTADO EM SKID

# ZE-50-ULH



Via della Consortia 2  
37127 Verona - Italy  
Tel +39 045 8378 570  
Fax +39 045 8378 574  
[www.zuccatoenergia.it](http://www.zuccatoenergia.it)  
[info@zuccatoenergia.it](mailto:info@zuccatoenergia.it)

## DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA DA PLANTA

### BREVES

**Tecnologia do ciclo Rankine orgânico de baixa temperatura**

**Circuito fechado livre de emissões**

**O calor evapora e expande um fluido de trabalho que tem um baixo ponto de ebulição**

**A expansão do fluido gira uma turbina de alta velocidade**

**A turbina girando acciona directamente um gerador**

**O fluido de trabalho é resfriado, condensa novamente em líquido e é bombeado de volta no circuito**

A estrutura da planta proposta baseia-se no chamado ciclo de Rankine orgânico de baixa temperatura (LT-ORC), e pode ser resumido pelo diagrama na Figura 1.

Uma fonte de calor [1] aquece, por meio de um circuito de água quente e um permutador de calor principal, também conhecido como evaporador [2], um fluido de trabalho especial colocado em um circuito fechado ORC..

Este fluido de trabalho orgânico totalmente biodegradável e não tóxico, ferve-se no evaporador a uma temperatura muito mais baixa do que a da água, tornando-se um gás seco de alta pressão a expansão do qual gira o rotor de uma turbina especificamente concebidos e dimensionados [3].

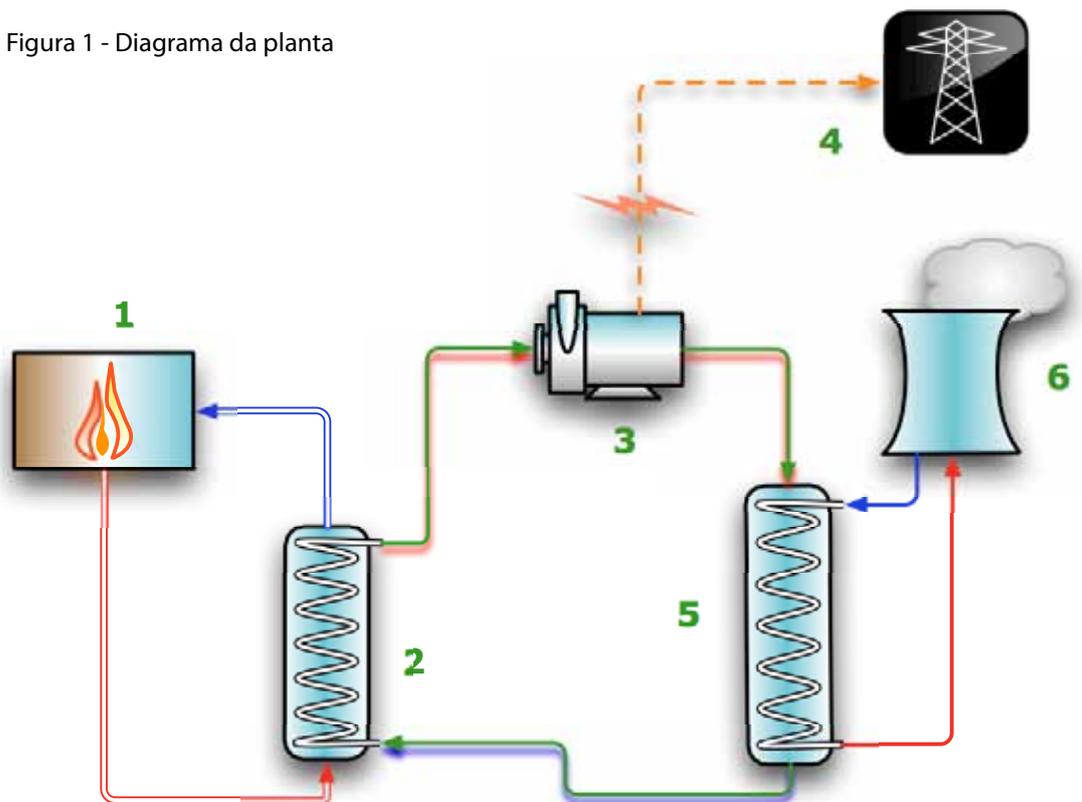
A rotação de alta velocidade (12.000 ÷ 18.000 rpm) do eixo da turbina gira o rotor de um gerador que está diretamente ligado a ele, produzindo assim energia elétrica [4] que, depois de ter a sua fase e tensão sincronizadas por um inversor, pode ser auto-consumida ou liberada em a rede nacional.

Abaixo da turbina, o fluido de trabalho - ainda em fase gasosa - é transportada para um outro permutador de calor, chamado um condensador (5), em que o excesso de calor é libertado e o fluido condensa novamente em líquido, o qual é recolhido num tanque, pronta para ser bombeado de volta para o permutador de calor principal, fechando assim o ciclo.

O excesso de calor libertado no condensador é uma fonte de energia térmica que pode ser utilizada para outros fins, tais como o pré-aquecimento ou secagem de combustíveis de biomassa (aumentando assim o seu valor de aquecimento), aquecimento do ambiente, produção de água quente e assim por diante.

No caso em que não é possível, o calor residual pode ser dissipado utilizando uma torre de refrigeração compacta [6]

Figura 1 - Diagrama da planta



Independentemente projetado e fabricado com as tecnologias mais avançadas em elementos finitos e análise do fluido-dinâmica (CFD / CFX), os turbogeradores ZE são projetados a partir do zero para operar em um ciclo Rankine orgânico de baixa temperatura que utiliza um fluido de trabalho especial que oferece melhores performances e diversos avanços respeito às turbinas tradicionais de vapor:

- **Baixa temperatura de funcionamento** que permite de usar nossos sistemas para aproveitar até mesmo de fontes de calor de baixa qualidade;
- **Alta temperatura de condensação** que pode permitir o uso de simples condensadores refrigerados a ar;
- Fluido de trabalho totalmente seco, o que significa que não há erosão das pás da turbina, dando ao sistema de **custos de manutenção reduzidos e alta confiabilidade**, bem como **menos controles**;
- **Baixa pressão de operação** (20 bar max), o que significa operação mais segura, menos problemas burocráticos e redução dos custo da planta;
- **Não há emissões atmosféricas** (operação de circuito fechado);

Além do mais, do ponto de vista ambiental, o fluido de trabalho orgânico usado na malha fechada é amigável ao ozônio, não-tóxico, não inflamável na forma líquida, e 100% biodegradável..

Os turbogeradores ZE foram projetado a partir do zero para a finalidade de ser instalado em pequenas plantas (<1 MWe). Portanto, várias soluções de engenharia para melhorar a performance foram incorporadas no seu desenho:

- **Acoplamento directo entre turbina e gerador**, para eliminar as perdas de atrito inerentes em caixas de velocidades;
- **Uso de rolamentos de cerâmica** para prolongar a vida operacional e permitem de operar a altíssima velocidade;
- **Inverters de design personalizado para cada tamanho de turbina** para obter um desempenho ideal na conversão de saída da rede de energia.

Nossa tecnologia inovadora já foi amplamente testada em campo com sucesso em mais de 15 fábricas em toda a Itália e Alemanha, em micro usinas alimentadas com óleo vegetal, biomassa ou biogás, em caldeiras de cinemas e hotéis, bem como em sistemas de aquecimento urbano.



Todos os sistemas de Zuccato Energia estão equipados com sistemas de telecomando e tele-diagnóstico que permitem a monitorização constante e intervenção em tempo real em caso de avaria através da rede celular 3G / GPRS / EDGE e qualquer dispositivo de Web (PC ou tablet).

### BREVES

Pode ser usado para explorar as fontes de calor de baixa qualidade

Plantas mais simples

Nenhuma erosão da pás da turbina

Pressão mais baixa, maior segurança

Não há emissões atmosféricas

Alta confiabilidade

Tecnologia de ponta

Sistemas automatizados sem operador

Podem ser controlados e monitorados remotamente

## TECNOLOGIA TESTADA EM CAMPO

### BREVES

Tecnologia  
amplamente  
testada

Muitas instalações  
já em operação

Produção primária  
de energia  
a partir de  
caldeiras  
a biomassa

Recuperação de calor  
dos gases de escape e  
jaquetas  
de refrigerações

Recuperação de  
calor dos motores,  
gaseificadores,  
turbinas

Os sistemas ORC Zuccato Energia têm sido utilizados durante anos em várias instalações: as fotos a seguir mostram alguns deles..



**Renon** (Bolzano, Itália) - recuperação de calor a partir de jaquetas de refrigeração e escapamentos dos motores a óleo vegetal



**Portogruaro** (Veneza, Itália) - Recuperação de calor a partir de jaquetas de refrigeração e escapamentos dos motores a biogás



**Roma** (Itália) - Recuperação de calor a partir de jaquetas de refrigeração e escapamentos dos gaseificadores e motores a syngas



**Morgex** (Aosta, Itália) - recuperação de calor a partir de jaquetas de refrigeração e escapamentos dos motores a óleo vegetal



**Mestre** (Veneza, Itália) - Recuperação de calor de caldeira de biomassa e turbinas de ar quentes



**S. Pietro in Gu** (Padova, Itália) - Recuperação de calor a partir de jaquetas de refrigeração e escapamentos dos motores a biogás



**Meran** (Bolzano, Itália) - Recuperação de calor a partir de jaquetas de refrigeração e escapamentos dos gaseificadores e motores a syngas

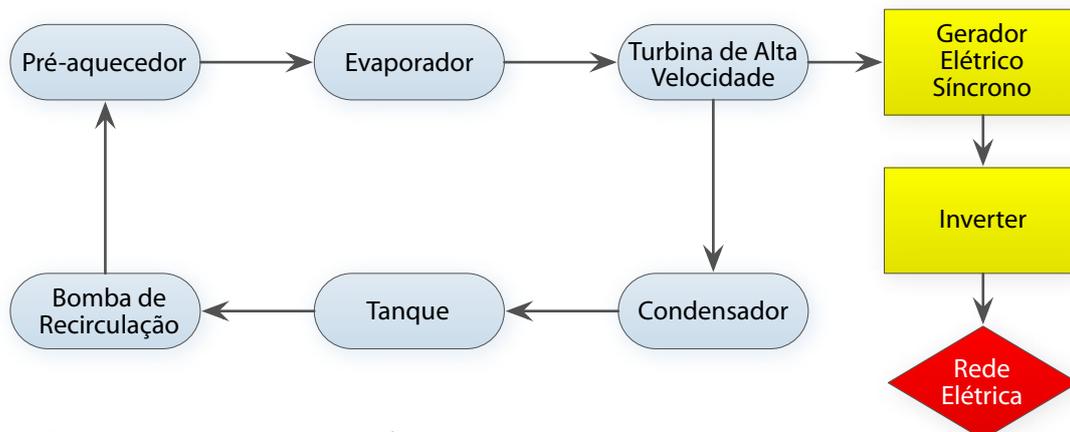


**Borgoforte** (Mantova, Itália) - Recuperação de calor a partir de jaquetas de refrigeração e escapamentos dos motores a biogás

Para uma lista mais atualizada e exaustiva de nossas referências, consulte a seção "Referências" do nosso site, [www.zuccatoenergia.it](http://www.zuccatoenergia.it).

## COMPONENTES DO CIRCUITO ORC

Além do fluido de trabalho acima mencionado, o módulo de geração de energia é feita de vários elementos, mostrados na figura a seguir.



- **Pré-aquecedor:** pré-aquece o fluido de trabalho usando a água quente do circuito diatérmico que alimenta o módulo de geração de energia ORC;
- **Evaporador:** utiliza o calor da água quente no circuito diatérmico que alimenta o módulo de geração de energia ORC para vaporizar o fluido de trabalho (ou seja, alterar o estado de líquido para gás, aumentando a sua pressão);
- **Turbina:** propulsionada da expansão do fluido, tem um impulsor ultraleves que atinge muito elevada velocidade de rotação (rpm 12-18,000) movendo directamente o rotor do gerador;
- **Gerador Elétrico Síncrono:** girando em alta velocidade, graças à sua ligação direta com a turbina, produz energia elétrica.
- **Inverter :** garante que todas as especificações (fase, frequência e tensão) da corrente elétrica de saída do gerador são adequados para a interface com a rede elétrica nacional;
- **Condensador :** reduz a temperatura do gás de fluido de trabalho a jusante da turbina, ao fazê-lo voltar ao seu estado líquido original;
- **Tanque de armazenamento** para armazenar o fluido de trabalho condensado em forma líquida;
- **Bomba de recirculação** para bombear o fluido de volta no circuito ORC;

## DADOS DO PROCESSO

Estes são os dados do processo estimados para a planta:

| PRÉ-AQUECEDOR + EVAPORADOR                            | VALOR  | U.M.   |
|---|--------|--------|
| Entrada total de energia térmica                      | 550    | [kWth] |
| Temperatura de entrada do fluido vector (água quente) | = > 94 | [°C]   |
| Temperatura de saída do fluido vector                 | 86     | [°C]   |
| Vazão nominal de fluido vector                        | 16,42  | [kg/s] |
| Produção de energia elétrica da turbina               | 50     | [kWe]  |

| CONDENSADOR                    | VALOR | U.M.   |
|--------------------------------|-------|--------|
| Dissipação de energia térmica  | 470   | [kWth] |
| Temperatura de saída de água   | 31    | [°C]   |
| Temperatura de entrada de água | 26    | [°C]   |
| Fluxo circuito do condensador  | 22,46 | [kg/s] |

## FLUIDO DE TRABALHO

### BREVES

**Fluido de trabalho exclusivo**

**Baixo ponto de ebulição, alto ponto de condensação**

**Circuito fechado = sem contaminação**

**Não há erosão da lâmina da turbinan**

**Seguro para o homem eo ambiente**

O fluido de trabalho é o componente especial que permitiu Zuccato Energia de criar este tipo de plantas..

As soluções de alta tecnologia Zuccato Energia tem sido capaz de desenvolver e propor são como uma questão de fato, devido à sua existência..

O fluido de trabalho utilizado por Zuccato Energia tem as seguintes características excelentes:

- Ampla faixa de trabalho, que permite explorar fontes de calor anteriormente inexploráveis;
- Alta temperatura de condensação que permite o uso de torres de resfriamento normais;
- Não há erosão da lâmina da turbina, como o fluido de trabalho em forma de gás é totalmente seco;
- Pressões operacionais baixos significa maior segurança, menos problemas burocráticos, menores custos;
- Totalmente amigo do ozono, orgânico, não tóxico, 100% biodegradável e não inflamável na forma líquida. Como tal, é totalmente compatível com o ambiente e todas as fugas acidentais são nem prejudicial ou perigosa;
- Raramente requer recargas como funciona num circuito fechado;
- Além do mais, não há consumo de água nem o de vapor de modo que a planta é muito mais econômica para operar, bem como mais simples e mais compacto do que os sistemas que usam vapor..

O fluido no interior da planta sofre várias mudanças de fase e tratamentos; as especificações do processo estão resumidos na tabela seguinte::

| FLUIDO DE TRABALHO              |                              |
|---------------------------------|------------------------------|
| Gama de temperatura de trabalho | 60-165°C                     |
| Temperatura de condensação      | ≤ 33°C                       |
| Pressão operativa               | max. 20 bar                  |
| Tipo                            | Mix de HFC amigo do ambiente |
| Temperatura de entrada          | 85 °C                        |
| Pressão de entrada              | 4,38 bar                     |
| Energia térmica necessária      | 550 kWth                     |
| Pressão de saída do condensador | 1,00 bar                     |
| Fluxo mássico de vapor orgânico | 3,09 kg/s                    |



# ESPECIFICAÇÕES DO TURBO GERADOR

As tabelas a seguir mostram as principais especificações técnicas da turbina do módulo de geração de energia ZE-50-ULH e do seu gerador e inverter.

| TURBINA                      |  |
|------------------------------|--|
| Tipo                         | A fluxo radial com bicos fixos, estágio único, diretamente acoplado ao eixo do gerador   |
| Temperatura de entrada       | 85°C   |
| Temperatura de saída         | ~ 60°C   |
| Pressão de estágio           | PS 4,42 (tested to 10 bar)   |
| Material da caixa da turbina | Aço soldado  |
| Material do impulsor         | Liga de alumínio   |
| Controle de velocidade       | Voltagem do bus DC   |
| Juntas e selos               | Labirinto selado na parte posterior do impulsor, Opcional: labirinto selado a interface com o gerador<br>Juntos ao exterior: selos estáticos e O-rings |

| GERADOR  |  |
|--|--|
| Tipo   | Síncrono, com ímãs permanentes, refrigerado a água |
| Potência de saída                                | 50 kWe   |
| Velocidade de rotação                            | 15.000 Rpm (12...18 kRpm)                          |
| Retificador                                      | Incorporado  |
| Sincronizador                                    | Incluído   |
| Voltagem de saída                                | 533 VAC  |
| Refrigeração                                     | Camisa-de-água                                     |
| Refrigeração necessárias                         | 5 kWth   |
| Fluido de refrigeração                           | Água /glycol                                       |
| Temperatura de entrada de fluido de refrigeração | < 40°C   |
| Caudal volúmico de fluido de trabalho            | 10 l/min   |
| Refrigeração adicional (opcional)                | injeção de fluido de trabalho                      |
| Selo de pressão                                  | 2,5 bar (selo gás)                                 |

| INVERTER                                |                               |
|---|-------------------------------|
| Tipo                                    | IGBT, sincronizado com a rede |
| Potência de saída                       | 50 kWe                        |
| Voltagem de saída                       | 400 V + 5% Tol.               |
| Frequência de saída                     | 50 Hz +0,5% Tol.              |
| Refrigeração                            | Refrigerado a ar              |
| Temperatura ambiente máxima operacional | 40°C                          |
| Braking de frenagem                     | Incorporado, sobre resistor   |

## BREVES

Turbina radial de alta velocidade a baixa temperatura de design personalizado

Alternador incorporado montado diretamente no eixo da turbina

Inverter integrado, de projeto personalizado

## BREVES

Trocadores de calor a placas soldadas compactos e eficientes

Amplio reservatório de fluido de trabalho

Bomba de recirculação de alta eficiência

# COMPONENTES DO SISTEMA

## TROCADORES DE CALOR

Os trocadores de calor utilizados neste módulo de geração de energia são do tipo de placa soldada - a solução mais compacta e eficiente para várias aplicações..

Eles são feitos por brasagem de várias chapas de aço corrugado de qualidade, tendo o cuidado de primeiro virar as ondulações em forma de espinha de peixe em cada placa de 180° a partir da placa adjacente. Tendo em mente que as seções de passagem de fluidos são muito pequenas, a relação de troca de calor-a-onação destes trocadores é grande.

Entre as características deste tipo de trocador, estes são os mais importantes::

- **Pequenas dimensões:** eles ocupam até 10% do espaço de outros tipos de trocadores necessitam, tornando o transporte mais fácil e a planta menor.
- **Baixos diferenciais de temperatura:** é possível trabalhar com a diferença de temperatura mínima entre o fluido de arrefecimento e o fluido a arrefecer, aumentando assim a eficiência global do sistema;
- **Peso reduzido:** graças à sua construção compacta e volume interno pequeno este tipo de trocador pesa uma fração do que trocadores tradicionais semelhantes pesam;
- **Perdas de carga muito baixos:** na maioria dos casos, a perda de carga em um permutador de placas soldadas é ainda mais baixa do que a de um permutador coaxial.
- **Resistência à sujeira e corrosão:** alta turbulência de fluidos e uso total da superfície disponível significa uma drástica redução nos depósitos devidos ao material contido nos fluidos. Além do mais, eles podem ser perfeitamente limpo com detergente líquidos normais. Os problemas de corrosão são evitados pelo uso de materiais especialmente resistentes na sua construção.

| TROCADORES DE CALOR            |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| Tipo                           | A placas soldadas          |
| Pressão nominal de serviço     | 30 bar                     |
| Pressão de teste               | 39 bar                     |
| Pressão de ruptura             | 225 bar                    |
| Materiais de construção        | Aço AISI316I & 99,9% cobre |
| Temperatura máxima de trabalho | 195°C                      |

## TANQUE DE CONDENSAÇÃO

É um recipiente para manter uma reserva adequada de fluido de trabalho líquido para a planta, equipado com sensores para monitorar constantemente os níveis de fluidos..

| TANQUE DE RECOLHA DE CONDENSADO |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Material de construção          | Aço carbono à prova de ferrugem |
| Capacidade                      | 90 litri                        |
| Conexões                        | PN16                            |
| Sensor de nível                 | Incorporado                     |

## BOMBA DE FLUIDO DE TRABALHO

Ele é utilizado para bombear o fluido de trabalho líquido condensado de volta para o circuito de ORC. A parte hidráulica é mantida no lugar entre a tampa superior eo corpo da bomba por tirantes.

| BOMBA DE FLUIDO DE TRABALHO |   |
|-----------------------------|---|
| Motor                       | Com gaiola fechada em curto-circuito com ventilação externa |
| Eficiência Energética       | Classe de eficiência 1                                      |
| Índice de protecção         | IP55  |
| Isolamento                  | Classe F (Tmax=155°C);                                      |
| Norma de certificação       | EN 60034-1;   |

## PAINEL DE CONTROLE

O painel de controle hospeda todos os aparelhos eletrônicos de controle, supervisão, automação e comunicação para o módulo de geração de energia. Ele contém:

- Eletrônica de gestão de processos;
- Sistema eletrônico de controle de temperatura;
- Sistema eletrônico de controle de pressão;
- Alarm management systems;
- Sistemas de gerenciamento de alarme;
- Circuito do inversor para correção do fator de potência da energia produzida;
- Painel de interface elétrica grade com circuito de proteção de baixa tensão..

O painel de controle também inclui sistemas de telecontrole e telediagnóstico, que permitem o monitoramento constante das performances de plantas, bem como controle remoto em tempo real para a intervenção em caso de avarias.

Disse conexões ocorrem através de um router modem celular incorporado 3G / GPRS / EDGE e permitem o acesso através de qualquer dispositivo (PC ou tablet) capaz de acessar a web.

## TORRE DE RESFRIAMENTO (opcional)

Quando o cliente não tem nenhum uso para o calor residual que tem de ser dissipada durante o trabalho de condensação de fluidos e não tem torre de resfriamento disponíveis, escolhemos um tipo de torre de resfriamento com especificações de construção superior, capaz de garantir uma temperatura de condensação constante durante todo o ano - um requisito fundamental para a eficiência do ciclo ideal continuou. A bateria de troca de calor na torre foi projetada para obter uma grande superfície de troca de calor e para fazer a manutenção e limpeza fácil. O uso adequado de fibra de vidro e componentes de polímero ajuda a manter o seu peso para baixo e permite a sua instalação em qualquer lugar.

| TORRE DE RESFRIAMENTO                                   |                                 |
|---|---------------------------------|
| Tipo  | A ventiladores axiais           |
| Dimensões   | 3,6 x 1,2 x h 3,2 m             |
| Capacidade de dissipação                                | 500 kWt                         |
| Peso de trabalho aproximado                             | 2,2 t                           |
| Bulbo úmido   | 25°C                            |
| Alimentação de recarga de água necessária (Pmax = 4bar) | 13,2 l/min                      |
| Nível máximo de ruído @ 1 m/ 15 m                       | 87 / 76 dBa (sem silenciadores) |
| Material da estrutura                                   | Aço galvanizado a quente        |
| Material do tanque de água                              | Aço galvanizado a quente        |
| Material de elementos de fixação                        | Aço inoxidável AISI 304         |
| Conduas de distribuição de água                         | Tubagens em PVC PN10            |
| Bicos   | em PVC, a prova de obstrução    |
| Material de defletores do respingo                      | Extrusão de nylon reforçado     |



Sistema silenciador opcional para aplicações em área residencial



Unidade de torres gêmeas sem silenciadores

### BREVES

Sistema de controle totalmente automatizado

Sem presença humana necessária

Painel de controle sinóptico de ecrã tátil

Controle remoto através da interface de internet móvel

Inverter e painéis de interface da rede a bordo

Torre de resfriamento opcional leve e eficiente

# DIMENSÕES DO SISTEMA ZE-50-ULH

## SKID

O módulo de geração de energia é fornecido montado em uma estrutura compacta auto-sustentável ("skid"), que abriga todos os componentes principais, exceto para a torre de resfriamento opcional, que é um sistema separado (ver página seguinte).

As seguintes figuras mostram a versão de série do módulo de geração de energia ZE-50-ULH ORC, que pesa cerca de 3,5 toneladas e é projetado para instalação no interior..

Uma versão fechada, à prova de intempéries do "skid" para instalação ao ar livre está também disponível.

### BREVES

Versão standard do "skid" para instalação interna

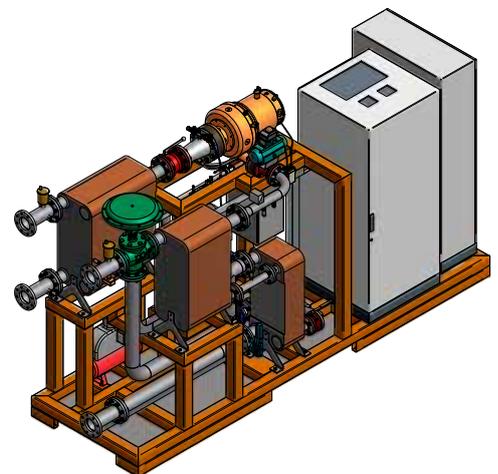
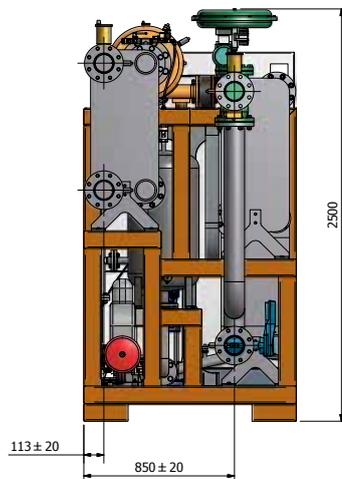
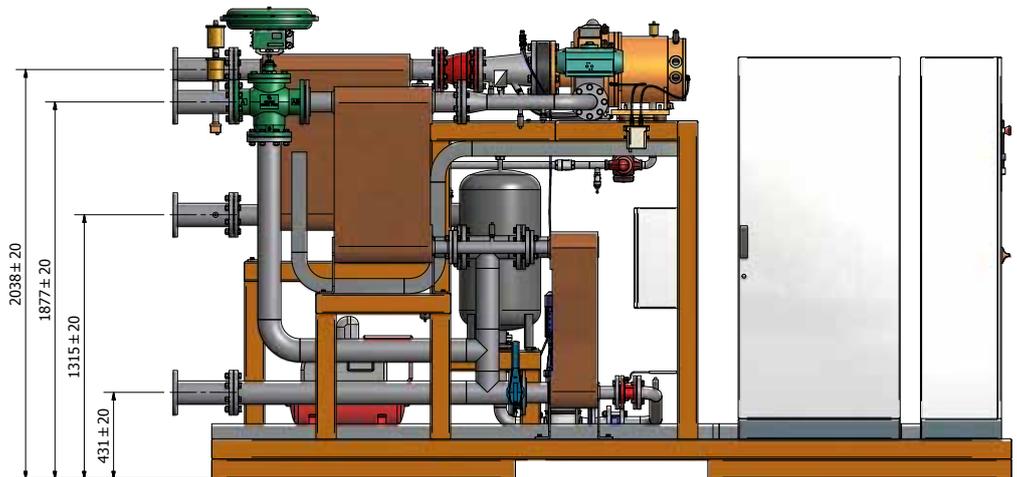
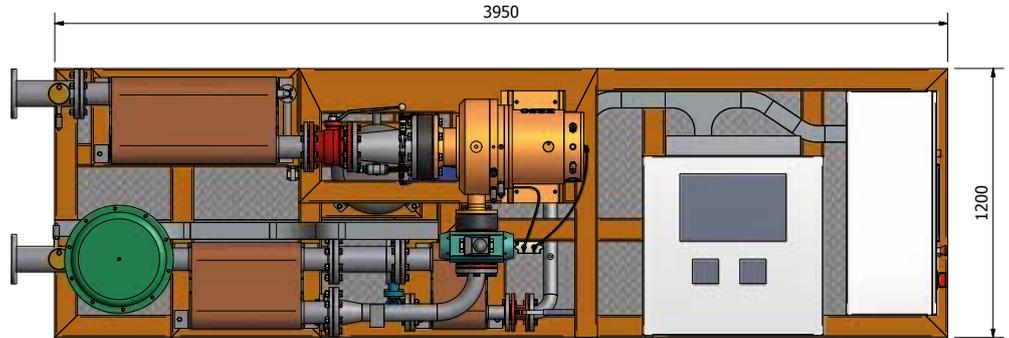
Dimensões de Skid:  
395 x 120 cm  
h 238

Área requerida:  
595 x 320 cm  
h 338

Peso do Skid:  
ca. 3,5 t

Versão apainelada, à prova d'água, para instalação ao ar livre está disponível (415 x 150 x 315 cm, peso ~ 5 t)

Projetos skid feitas sob encomenda disponíveis a pedido

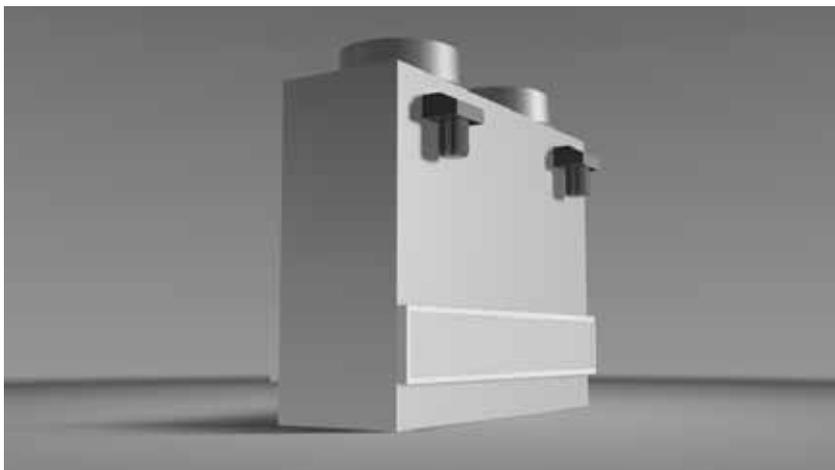
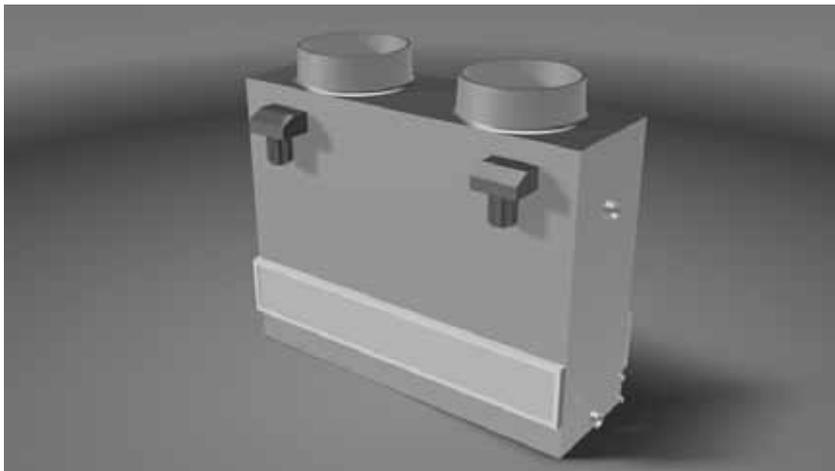
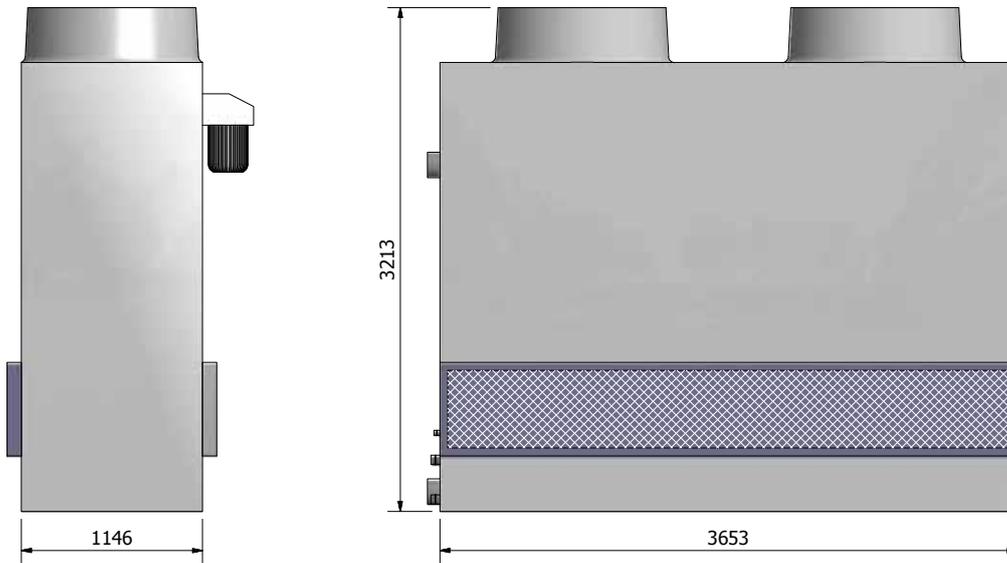


Por favor, tenha em mente que o skid requer pelo menos um metro de espaço livre em todos os lados para o acesso fácil manutenção..

Zuccato Energia, sendo o desenvolvedor e fabricante do sistema pode também construir a skid em dimensões não standard diferente da este, para adequar o sistema às necessidades do cliente.

## TORRE DE RESFRIAMENTO

A torre de resfriamento é uma unidade opcional que tem a finalidade de dissipar o calor residual da condensação fluido de trabalho sempre que não for utilizado para outros fins (de aquecimento ambiente, dessiccation de combustível ...). Ela ocupa uma área de 3,7 x 1,2 m por 3,2 m de altura, como nos desenhos seguintes..



Neste caso, também, um outro metro de espaço em cada lado é necessário para o acesso de manutenção e para permitir a circulação de ar apropriada.

Este espaço necessário dobra entre este e qualquer outro já presente torre de refrigeração, para evitar a interferência entre os dois.

### BREVES

**Construção em aço galvanizado**

**Dimensões:**  
366 x 115 cm  
h 322

**Área necessária:**  
566 x 315 cm  
h 422

**Distância mínima de outras torres de resfriamento:**  
2 metros

**Peso de Trabalho Aproximado:**  
2,2 t



Via della Consortia 2  
37127 Verona - Italy

Tel. +39 045 8378 570  
Fax +39 045 8378 574  
[www.zuccatoenergia.it](http://www.zuccatoenergia.it)  
[info@zuccatoenergia.it](mailto:info@zuccatoenergia.it)

Foram realizados todos os nossos melhores esforços para assegurar que os dados contidos neste documentos estão corretos e atualizados.

Não obstante isso, eles devem ser considerados meramente indicativos, não contractual e sujeitos a alteração sem aviso prévio..

© 2014 Zuccato Energia Srl  
All Rights Reserved

Document ID :  
ZE SK ZE50 140129\_PT