



ORGANIC RANKINE CYCLE

AL SERVIZIO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

RICCARDO VESCOVO
Sales & Business Development Leader
riccardo.vescovo@turboden.it

1. LA TECNOLOGIA ORC DI TURBODEN
2. IL RECUPERO TERMICO
 - I progetti più recenti
 - Le nostre referenze
 - Le vetrerie e l'accoppiamento diretto
3. STEAM & POWER ORC
 - Il principio innovativo
 - CHP da Gas Naturale
 - CHP da recupero termico da Turbina a Gas



LA TECNOLOGIA ORC DI TURBODEN



L'esperienza Turboden

Turboden è una società Italiana leader globale nella progettazione, nella costruzione e nei servizi post-vendita di impianti con tecnologia Organic Rankine Cycle (ORC) dal 1980.

Turboden e MHI

Dal 2013 Turboden è parte di Mitsubishi Heavy Industries, uno dei maggiori produttori mondiali di macchinari industriali, con un fatturato consolidato di oltre 38.000 M\$ (anno fiscale 2016).



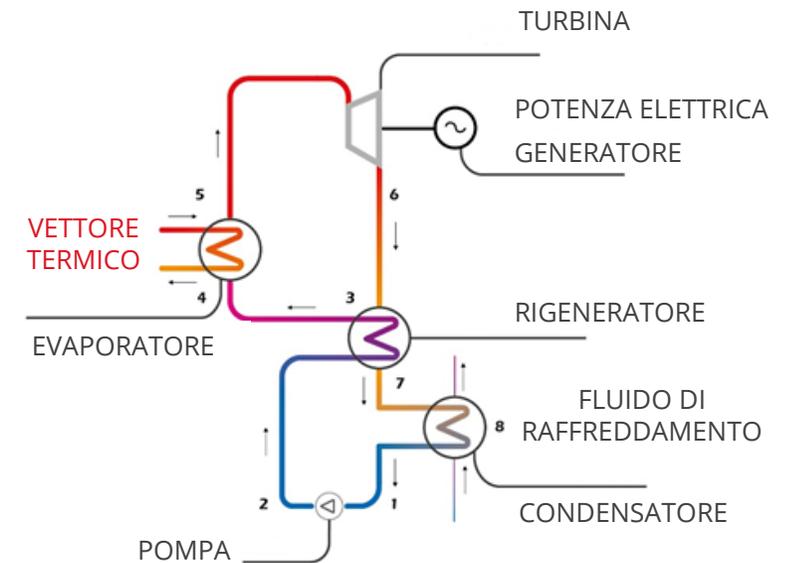
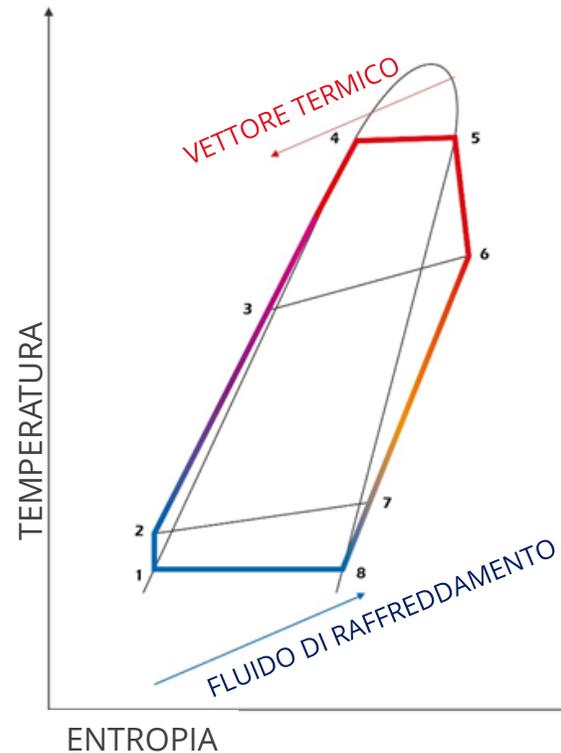
IL FUNZIONAMENTO

Il turbogeneratore utilizza l'olio diatermico ad alta temperatura per preriscaldare e vaporizzare un adatto fluido organico di lavoro nell'evaporatore (4>5).

Il vapore organico espande nella turbina (5>6), che è direttamente collegata al generatore elettrico attraverso un giunto elastico.

Il vapore passa attraverso il rigeneratore (6>7), preriscaldando in questo modo il fluido organico (2>3) e viene poi condensato nel condensatore (raffreddato dal media refrigerante) (7>8>1).

Il liquido organico viene infine pompato (1>2) nel rigeneratore e da qui nell'evaporatore, completando così la sequenza di operazioni nel circuito chiuso.



I VANTAGGI

TECNOLOGIA SEMPLICE

- Aspetti tecnici semplici: basse pressioni coinvolte, bassa velocità della turbina, numero limitato di stage della turbina (≤ 6), fluidi auto-lubrificanti, non è richiesta acqua, basso riempimento del fluido richiesto
- Funzionamento e manutenzioni facili ed economici: funzionamento automatico (presenza di operatore qualificato non richiesta), minime attività di manutenzione, nessuna revisione importante (turbine non soggetta a erosione o corrosione), veloci procedure di avviamento, nessun trattamento chimico e dell'acqua, piccolo impatto

AFFIDABILITA'

- Alta disponibilità (98%+)
- Lunga vita

1

2

FLESSIBILITA'

- Range di taglie fino a 20 MW per singolo albero
- Diverse fonti di energia primaria
- Larga elasticità
- Modalità cogenerativa o solo energia elettrica
- Facilità di integrazione
- Modalità in isola

SOSTENIBILITA'

- Sistema principale per l'energia rinnovabile e l'efficienza energetica
- Generazione pulita di energia e calore
- Riduzione delle emissioni di CO₂

3

4

VANTAGGI
ORC
TURBODEN

PRINCIPALI CAMPI DI APPLICAZIONE



IL RECUPERO TERMICO

La tecnologia ORC di Turboden permette di generare elettricità e calore da calore di scarto da processi industriali (i.e. cementifici, vetrerie, acciaierie...), motori, turbine a gas. La taglia degli impianti ORC Turboden arriva fino a 20 MW elettrici per singolo albero.

Impianti di recupero calore: **27**

Capacità totale: **61 MWe**

Aviati: **21**

In costruzione: **6**



IL RECUPERO TERMICO

PROCESSI INDUSTRIALI

Flussi di calore non sfruttati prodotti dai processi industriali come cemento, vetro, acciaio, fusione del ferro, metalli non ferrosi (rame, alluminio, ecc.) metalli siliconici, carbone, ecc.



I PROGETTI PIU' RECENTI



METALLI

- FONDERIA DI TORBOLE – Brescia (2017)

Recupero calore in fonderia di ghisa: 0.7 MWe

- ORI MARTIN – Brescia (2017)

Recupero calore in acciaieria: 2 MWe

- ARVEDI – Cremona (2018)

Recupero calore da Fornace ad Arco Elettrico: 8 MWe



CEMENTO

- CEMENTI ROSSI – Piacenza (avviamento previsto 2018)

Nuovo sistema di recupero calore da cementificio a scambio diretto: 2 MWe

Progetto pilota nell'ambito del progetto Europeo Tasio 2020 (<http://www.tasio-h2020.eu/>).



LE NOSTRE REFERENZE: ACCIAIERIE E FONDERIE



| CLIENTE | AVVIAMENTO | PRINCIPALI COMPONENTI DEL PROCESSO | | | VETTORE CALORE | ORC |
|--|----------------------|---|------------------------|-------------|----------------------------|-------|
| | | Tipo | Carico | Capacità | | |
| NATSTEEL Singapore | 2013 | acciaio rolling mill billet reheating furnace | billetta | 125 ton/ora | nessuno scambio diretto | 555 |
| ELBE STAHLWERKE FERALPI Germania | 2013 | acciaio electric melting furnace | frammenti (3 cesti) | 100 t | vapore | 2.700 |
| <i>undisclosed</i> | in costruzione | alluminio gas fired melting furnace | billetta | n.a.* | olio diatermico | 1.706 |
| ORI MARTIN Italia | 2016 | acciaio electric melting furnace | billetta- consteel | 85 t | vapore | 1.885 |
| FONDERIA DI TORBOLE Italia | 2016 | ferro cupola furnace | billetta, pigs | 30 ton/ora | olio diatermico | 690 |
| AICHI STEEL Giappone | previsto nel 2018 | acciaio electric melting furnace | billetta | 100 t | vapore | 2.500 |
| ARVEDI Italia | 2018 | acciaio electric melting furnace | billetta | 250 t | vapore | 8.000 |

LE NOSTRE REFERENZE: CEMENTIFICI



| CLIENTE | AVVIAMENTO | PAESE | CAPACITA' FORNO (ton/giorno) | FONTE CALORE | VETTORE CALORE | POTENZA EL. LORDA ORC |
|--|----------------------|------------|---------------------------------|--------------|--|--------------------------|
| CIMENTS DU MAROC (Heidelberg Cement Group – precedentemente Italcementi) | 2010 | Marocco | 5.000 | PH | olio diatermico | 2.000 |
| HOLCIM ROMANIA (Lafarge Holcim Group) | 2012 | Romania | 4.000 | PH + CC | olio diatermico + acqua pressurizzata | 4.000 |
| CRH SLOVAKIA (precedentemente Holcim Group) | 2014 | Slovacchia | 3.600 | PH + CC | olio diatermico | 5.000 |
| CARPATCEMENT (HeidelbergCement Group) | 2015 | Romania | 3.500 | PH + CC | olio diatermico | 3.800 |
| JURA-CEMENT-FABRIKEN (CRH Group) | 2016 | Svizzera | 3.000 | PH | acqua pressurizzata | 2.300 |
| CEMENTI ROSSI | previsto nel 2018 | Italia | 3.500 | PH + CC | nessuno scambio diretto | 2.000 |
| CADCIME – HOLCIM ECLEPENS (LafargeHolcim Group) | previsto nel 2019 | Svizzera | 2.500 | PH + CC | acqua pressurizzata | 1.400 |
| CTP – CIMKO NARLI (Sanko Group) | previsto nel 2019 | Turchia | 10.000 | CC | olio diatermico | 7.000 |

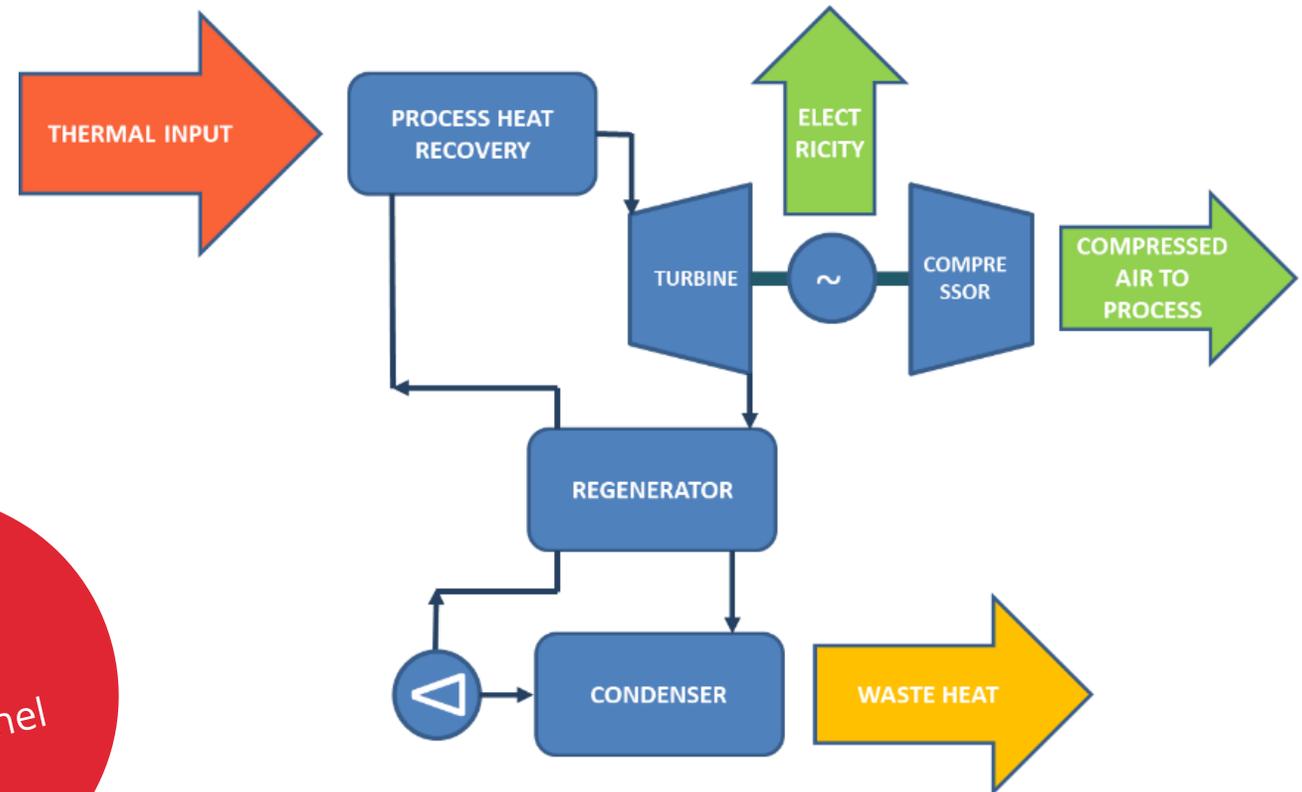
LE VETRERIE E L'ACCOPPIAMENTO DIRETTO

VETRO

In fase di sviluppo un sistema con accoppiamento diretto compressore – turbina per uno dei maggiori player in Europa

- Potenza meccanica ORC: ca.1,1 MW (di cui ca. 0.5 MW per produzione di aria compressa)
- Fonte termica: gas esausti a 450°C
- Vettore termico: olio diatermico
- Capacità produttiva vetro piano: ≈ 600 ton/giorno

5
impianti
Turboden nel
vetro



STEAM & POWER ORC

Steam & Power rappresenta l'applicazione più innovativa dei sistemi ORC di Turboden per la **cogenerazione ad alta temperatura con produzione di vapore** (e altri vettori termici) dedicata ai processi manifatturieri.



IL PRINCIPIO INNOVATIVO

Il principio innovativo di Steam & Power ORC è il livello di temperatura del ciclo ORC, che lavora ad una temperatura massima di circa 400°C, permettendo l'utilizzo della tecnologia ORC in assetto cogenerativo.

Il progetto di sviluppo della nuova tecnologia ST&P è stato ammesso all'ottenimento del contributo sul Fondo Crescita Sostenibile finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico.



FONTE TERMICA

COMBUSTIONE

- Gas naturale
- Altri combustibili gassosi
- Combustibili liquidi
- Biomassa solida
- Waste

RECUPERO TERMICO

- Turbina a Gas
- Processi industriali

HT – CHP*



ST&P

VETTORE DEL CALORE

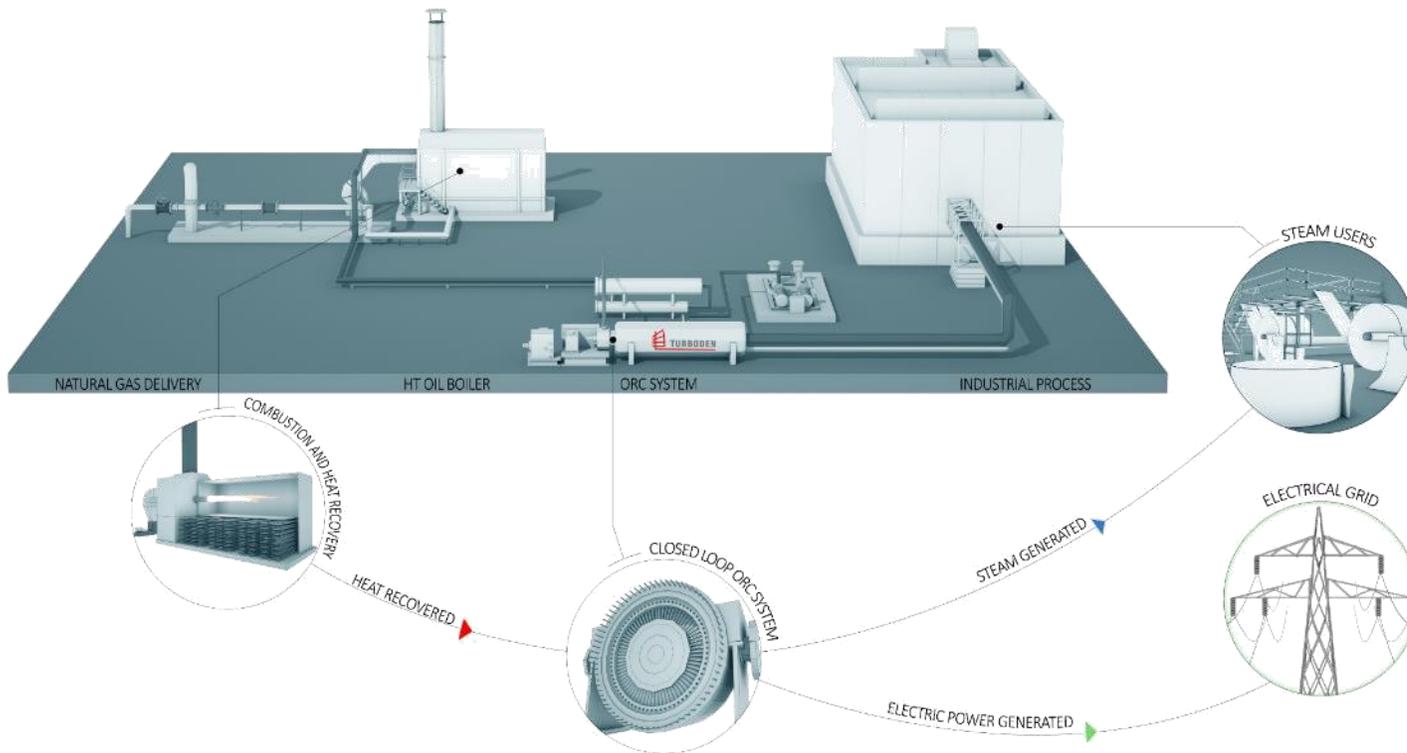
- Vapore
- Acqua Surriscaldata
- Olio diatermico
- Aria Calda
- ...

PROCESSO

- Carta & Legno
- Chimico
- Food & Beverage
- Tessile
- Plastica & Gomma
- Oil & Gas
- ...

* HT - CHP: High Temperature - Combined Heat & Power

SOLUZIONE CHIAVI IN MANO: CHP DA GAS NATURALE



La tecnologia ST&P ORC può essere utilizzata per la cogenerazione da gas naturale (o da altri combustibili convenzionali liquidi o gassosi), per generare elettricità e vapore direttamente utilizzabile dai processi industriali.

PRESTAZIONI E CARATTERISTICHE

UN'ALTERNATIVA COGENERATIVA AD UNA CALDAIA A VAPORE TRADIZIONALE

Steam & Power ORC può essere impiegato per sostituire in modo sostenibile e cogenerativo un vecchio generatore di vapore o essere inserito in parallelo ad un sistema esistente di generazione vapore.

| ST&P taglie* | TD 4 ST&P | TD 6 ST&P | TD 10 ST&P | TD 15 ST&P | TD 25 ST&P |
|--|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Potenzialità di vapore [ton/h] | 4 | 6 | 10 | 15 | 25 |
| Output elettrico lordo [kW] | 550 | 835 | 1,410 | 2,110 | 3,570 |
| Efficienza elettrica lorda [%] ** | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 |
| Consumi ausiliari [%] *** | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Consumi di gas naturale [Sm ³ /h] | 370 | 555 | 930 | 1,390 | 2,325 |

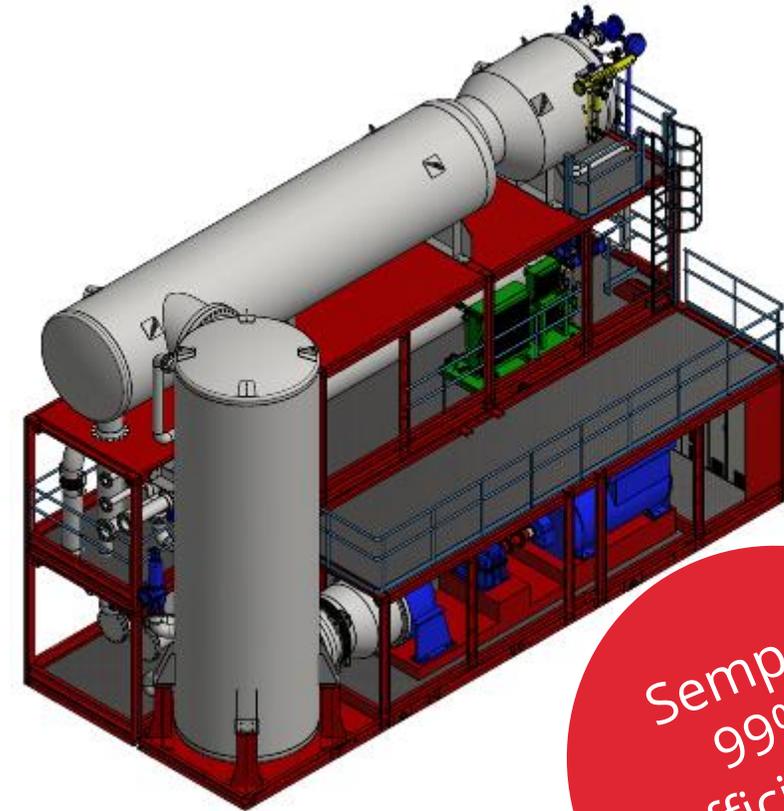
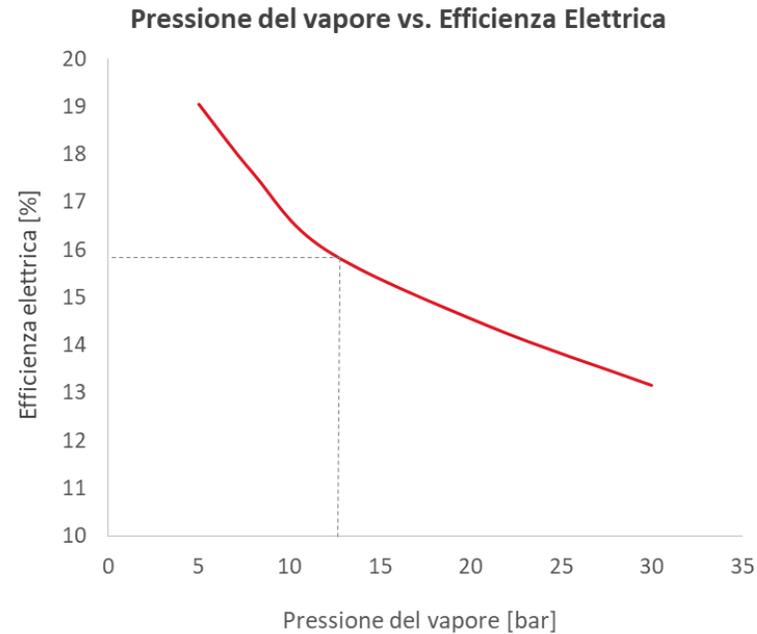
93%
efficienza
globale sul
combustibile

* Taglie intermedie disponibili su richiesta. Performance attese con generazione di vapore a 12 bar.

** Rispetto all'input di combustibile.

*** Sull'output elettrico lordo.

PRESTAZIONI E CARATTERISTICHE



Sempre
99%
efficienza
globale

L'efficienza elettrica dipende dalla pressione del vapore richiesto

Le performance elettriche di ST&P variano con la pressione del output vapore. ST&P può generare un output vapore tra 6 bar e 30 bar.

CASO STUDIO: INDUSTRIA CARTARIA

| ST&P TAGLIA | TD 6 |
|----------------------------------|-------|
| Potenzialità di vapore [ton/h] | 6 |
| Output elettrico lordo [kW] | 0,87 |
| Efficienza elettrica lorda [%] * | 15,5 |
| Consumi ausiliari [%] ** | 8 |
| CAPEX [€/kWe]*** | 2,150 |
| Costi di manutenzione [€/kWhe] | 0.01 |

| ECONOMICS | |
|---------------------------------------|-----|
| Prezzo dell'energia elettrica [€/MWh] | 95 |
| PBT [anni] | 3 |
| IRR [%] | 35% |



IPOTESI E NOTE

1. Analisi differenziale della tecnologia CHP rispetto alla generazione di vapore separata da gas naturale e acquisto energia elettrica dalla rete.
2. Efficienza del boiler esistente 90%.
3. Pressione vapore @ 10 barg.
4. Prezzo del gas naturale 25 €/MWh.
5. Ore equivalenti di funzionamento 7,000 h/year.

* Rispetto al combustibile in ingresso.

** Sull'output elettrico lordo.

*** Escludendo opere civili e connessione elettrica

ALTRE CONFIGURAZIONI: CHP DA RECUPERO TERMICO

RECUPERO TERMICO

Cicli combinati – Turbina a Gas + ORC ora in assetto CHP

Inserendo un sistema ST&P a valle di una turbina a gas, è possibile incrementare l'efficienza elettrica del sistema cogenerativo mantenendo un output pregiato di vapore.

ELETTRICITA'

Incrementare l'output elettrico di una turbina a gas CHP

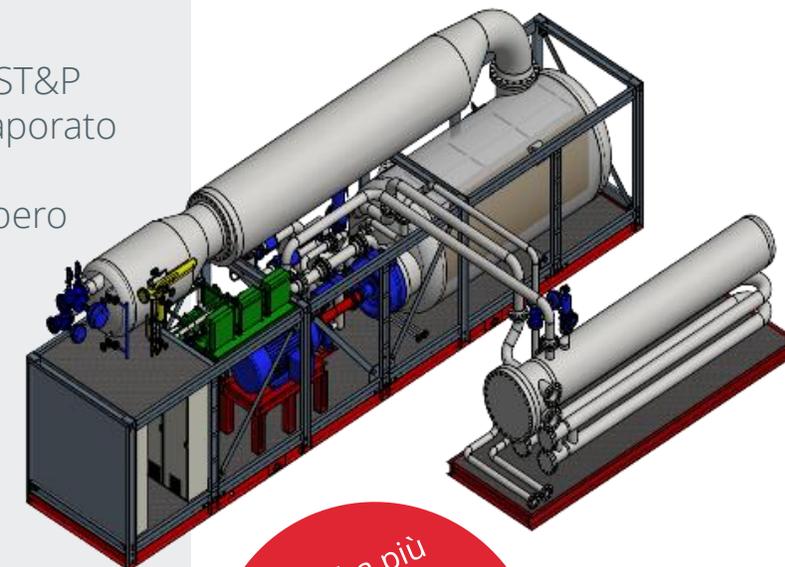
ST&P ORC permette di incrementare l'output elettrico di una GT di un +15/20% migliorando la possibilità di rientrare all'interno dei vincoli CAR.

La produzione di vapore per contro è ridotta solo di un 10/15%.

VAPORE

Scambio diretto

Il fluido di lavoro di ST&P ORC può essere evaporato direttamente nello scambiatore a recupero fumi



Se TG ha più di 12 anni il rifacimento dà diritto ad accesso a C.B. CAR

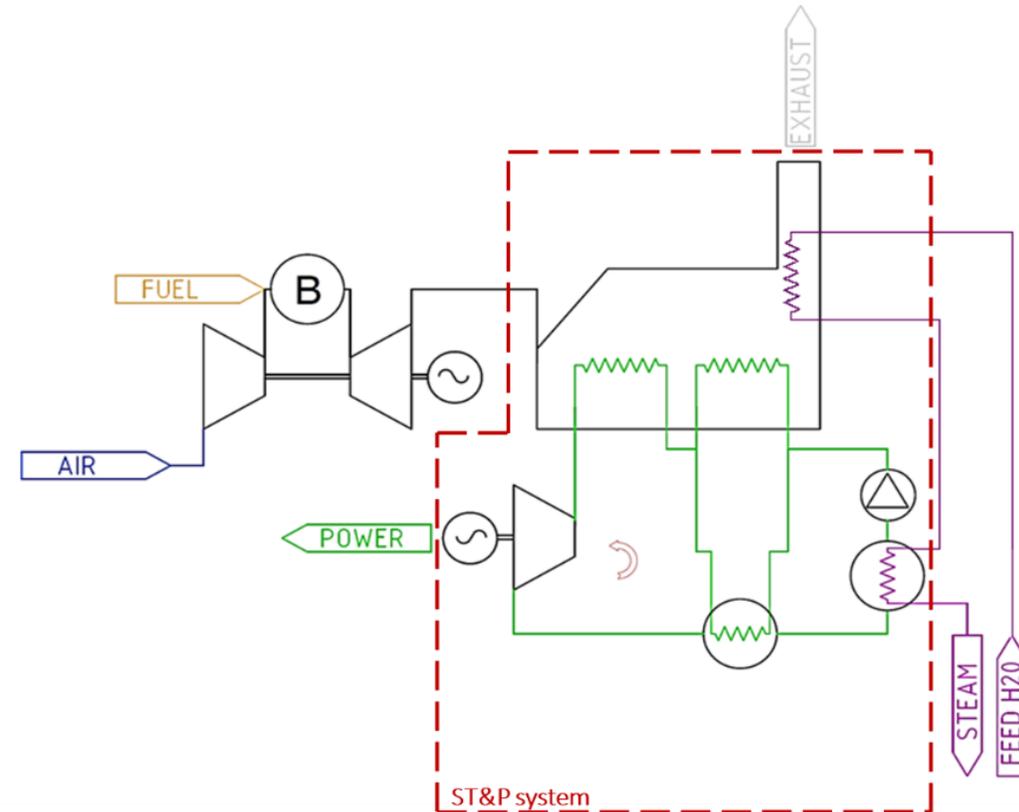
PRESTAZIONI E CARATTERISTICHE

GT + HRSG

| | |
|-------------------------------------|------|
| Efficienza elettrica | 30 % |
| Efficienza di generazione di vapore | 52 % |

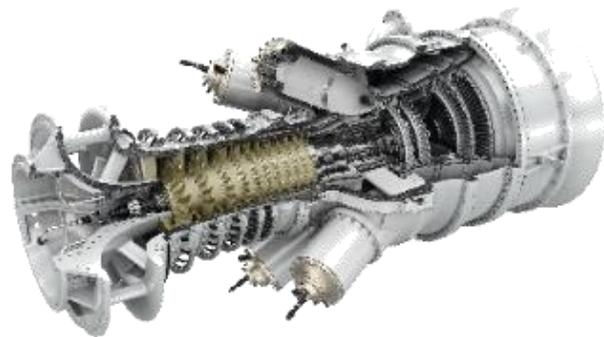
GT + ST&P

| | |
|-------------------------------------|---------|
| Output elettrico | +15/20% |
| Output vapore | -10/15% |
| Efficienza elettrica | 35,5 % |
| Efficienza di generazione di vapore | 46 % |



CASO STUDIO

| TOPPING - GAS TURBINE | |
|----------------------------------|-------|
| Output elettrico lordo [kW] | 5,100 |
| Efficienza elettrica lorda [%] | 30.2 |
| Portata gas combusti [kg/s] | 19.5 |
| Temperatura di gas combusti [°C] | 545 |



| ST&P TAGLIA | TD 8 |
|----------------------------------|--------------------------|
| Potenzialità di vapore [ton/h] | 8 from ORC + 3.1 from HR |
| Output elettrico lordo [kW] | 900 |
| Efficienza elettrica lorda [%] * | 16% |
| Consumi ausiliari [%] ** | 3% |
| CAPEX [€/kWe]*** | 2,100 |
| Costo di manutenzione [€/kWe] | 0.007 |

| ECONOMICS | |
|----------------------------|-----|
| Prezzo elettricità [€/MWh] | 100 |
| PBT [anni] | 3 |
| IRR [%] | 35% |

IPOTESI E NOTE

1. Analisi differenziale della tecnologia CHP rispetto alla generazione di vapore separata e acquisto energia elettrica dalla rete.
2. Revamping di una turbina a gas esistente
3. Efficienza del boiler esistente 90%.
4. Pressione vapore @ 12 bara.
5. Prezzo del gas naturale 25 €/MWh.
6. Ore equivalenti di funzionamento 7,400 h/year.

* Rispetto all'input termico all'ORC.

** Sull'output elettrico lordo.

*** Escludendo opere civili e connessione elettrica.



OVER 35 YEARS OF
ORGANIC RANKINE SYSTEMS

RICCARDO VESCOVO
Sales & Business Development Leader
riccardo.vescovo@turboden.it