



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Roma, 26 novembre 2024

Modelli di dimensionamento delle principali soluzioni di efficientamento energetico nel settore industriale – LA 3.5

Prof. ssa Lisa Branchini

DIN- Dipartimento di Ingegneria Industriale, Alma Mater
Studiorum, Università di Bologna

FASI ATTIVITÀ



L'efficienza energetica rappresenta leva strategica per il settore industriale manifatturiero.

***Promuovere/favorire** l'implementazione di **soluzioni/tecnologie di efficientamento energetico** nel contesto industriale.*

FASE I: *analisi dei consumi energetici del settore industriale, individuazione categorie manifatturiere interessate (per tipologia di consumi e caratteristiche) a soluzioni di efficientamento energetico;*

FASE II: *individuazione delle soluzioni/tecnologie di efficientamento energetico più promettenti (applicabili trasversalmente a diversi settori, disponibili a livello commerciale e con PB contenuti);*

FASE III: *sviluppo di modelli di calcolo per il dimensionamento preliminare delle tecnologie individuate in FASE II;*

FASE IV: *messa a punto, verifica e validazione dei modelli sviluppati.*

ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA



Ricerca di Sistema elettrico

Modelli di dimensionamento delle principali soluzioni
di efficientamento energetico nel settore industriale
(LA 3.5)

Branchini L., Bignozzi M.C., De Pascale A., Melino F., Ancona M.A., Cavuoti B., Fregni A.



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FASE II

Identificazione soluzioni di efficientamento energetico più promettenti

- Tecnologie di produzione combinata di elettricità e calore (**COGENERATORE**);
- Tecnologie di recupero dei cascami termici e valorizzazione con produzione di energia elettrica (**CICLI ORC**);
- Tecnologie volte ad incrementare l'elettrificazione diretta dei settori d'uso finale (**POMPE DI CALORE AD ALTA TEMPERATURA**);
- Sistemi di produzione dell'energia elettrica da fonte rinnovabile (**FOTOVOLTAICO**).



Modulo **COGEN**



Modulo **ORC**



Modulo **HT HP**



Modulo **PV**

- ✓ Modelli di calcolo consentono di effettuare un dimensionamento preliminare delle soluzioni ed una previsione energetico/economica/ambientale delle prestazioni conseguibili.
- ✓ Modelli sviluppati per utenti (*energy manager*, tecnici, etc.) alla ricerca di un supporto decisionale/preliminare valutazione della soluzione d'interesse all'interno della propria azienda.



FASE III

Sviluppo dei modelli di calcolo

INPUT

DATI/INFORMAZIONI CARATTERISTICHE DELL'AZIENDA

(Informazioni minime per consentire valutazione preliminare della soluzione anche in assenza di informazioni dettagliate)

MODELLO DI CALCOLO

Correlazioni ed equazioni necessarie per modellare la soluzione

Ove possibile **utilizzo di dati** (energetici/economici) **derivanti da modelli commerciali**

OUTPUT

Taglia ottimale da installare,
Risultati energetici ed economici (stima PB)
Risparmi ambientali (CO₂ evitata)



Modulo **COGEN**



Modulo **ORC**



Modulo **HT HP**



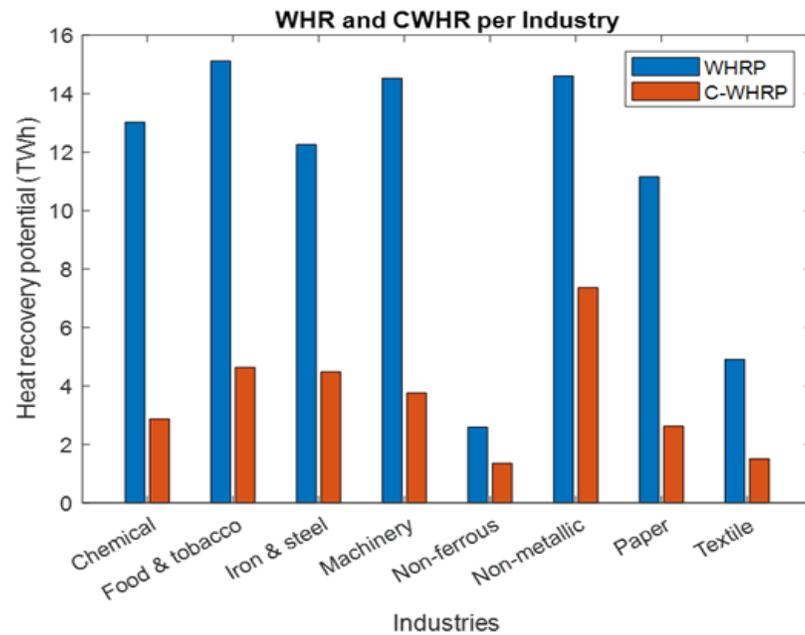
Modulo **PV**



FASE III

Waste Heat Recovery tramite ORC

Potenziale teorico e di Carnot del calore di scarto del settore industriale, Italia

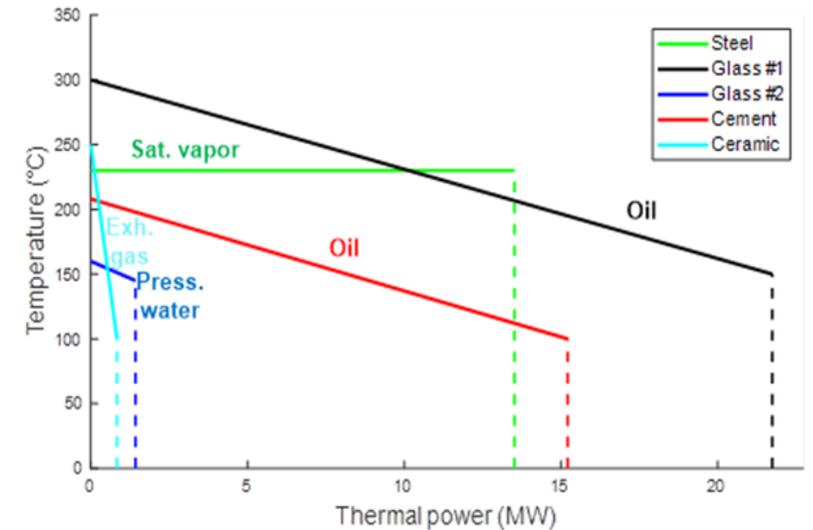
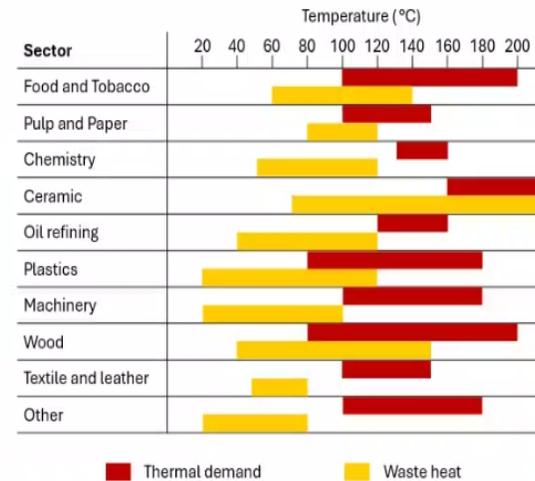


Il potenziale in termini di **calore di scarto** dalle **industrie italiane** è significativo: stimato intorno ai **27 TWh/anno**.

Sorgenti di calore che vanno da basse (<100 °C) a medio-alte temperature (fino a 400 °C).

Recupero di calore dalle linee di produzione, dal raffreddamento dei fluidi di processo e dei fumi esausti di combustione.

Principali settore industriali di interesse nelle applicazioni di recupero del calore di scarto



FASE III -MODULO ORC



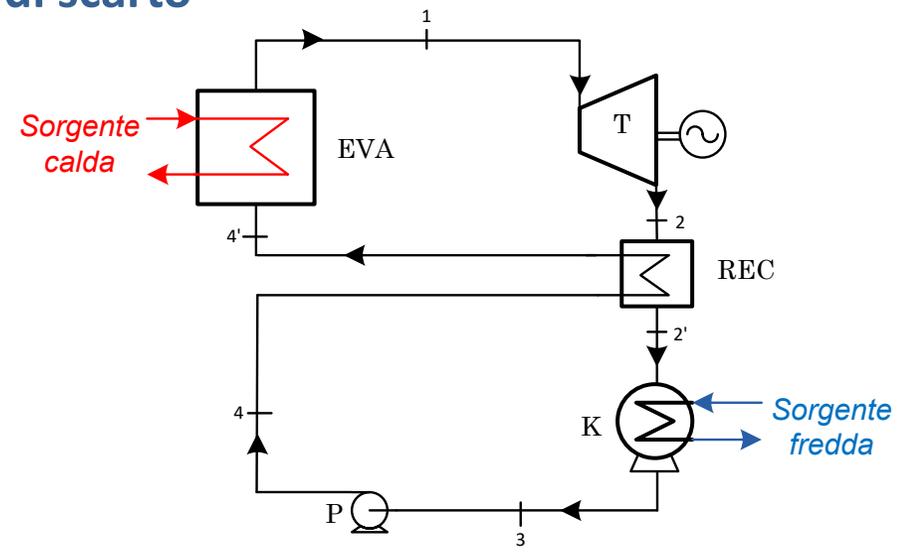
Ciclo Rankine a fluido Organico per produzione di elettricità da calore di scarto

DEFINIZIONE INPUT

- CARATTERIZZAZIONE SORGENTE CALDA
tipologia sorgente, portata, pressione, temperatura ingresso e uscita (opzionale, solo se nota)
- CARATTERIZZAZIONE SORGENTE FREDDA:
tipologia (acqua o aria)
- DISPONIBILITÀ ANNUALE SORGENTE CALDA
coefficiente di disponibilità
- DATI ECONOMICI
costo medio annuo acquisto elettricità da rete [€/kWh]

MODELLO DI CALCOLO

- Selezione fluidi organici ottimali per date condizioni in ingresso della sorgente calda
- Identificazione, per ciascun fluido selezionato, dei parametri termodinamici ottimali e corrispondente taglia elettrica
- ranking opzioni e individuazione configurazione ORC migliore
- Stima prestazioni energetiche ed economiche per configurazione ORC migliore



OUTPUT

- DIMENSIONAMENTO CICLO ORC (fluido ottimale, configurazione di ciclo, taglia elettrica ORC)
- RISULTATI ENERGETICI (Energia elettrica annualmente prodotta)
- RISULTATI AMBIENTALI (risparmio annuo CO2)
- RISULTATI ECONOMICI (Risparmio economico legato al mancato acquisto di elettricità da rete, ΔVAN, CB, PB)



Risultati validazione MODULO ORC: confronto con casi studio reali

	Tipo di sorgente	Portata sorgente calda [kg/s]	Temp. ingresso sorgente calda [°C]	Temp. uscita sorgente calda [°C]	Taglia ORC <u>INSTALLATO</u> [MW]	Taglia ottimale MODULO ORC [MW]	Efficienza elettrica [%]	Fluido ottimale	Tipologia di ciclo	PBT [anni]
Caso studio 1-<u>VETRERIA</u>	Olio Diatermico	58,0	300	150	5,00 (Exergy, Bulgaria)	5,00	24,4	n-Nonane	Recuperato	2,5
Caso studio 2-<u>CEMENTIFICIO</u>	Olio Diatermico	38,4	280	100	3,50 (Exergy, Italia)	2,82	18,5	Benzene	Semplice	3,0
Caso studio 3-<u>VETRERIA</u>	Acqua pressurizzata (10 bar)	22,8	160	145	0,20 (Zuccato Energia, Italia)	0,25	16,9	n-Decano	Recuperato	5,5
Caso studio 4-<u>ACCIAIERIA</u>	Vapore condensante (16 bar)	5,0	204	201	2,20 (Turboden, Italia)	2,19	19,0	Ciclopentano	Recuperato	3,2



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Grazie per l'attenzione

Prof.ssa Lisa Branchini - lisa.branchini2@unibo.it

DIN- Dipartimento di Ingegneria Industriale,
Alma Mater Studiorum, Università di Bologna