

# 11.1) 🔥 Energia termica:

## Agenda:

- La combustione;
- L'impianto;
  - o Generatore di calore;
  - o Cogenerazione;

## La combustione:

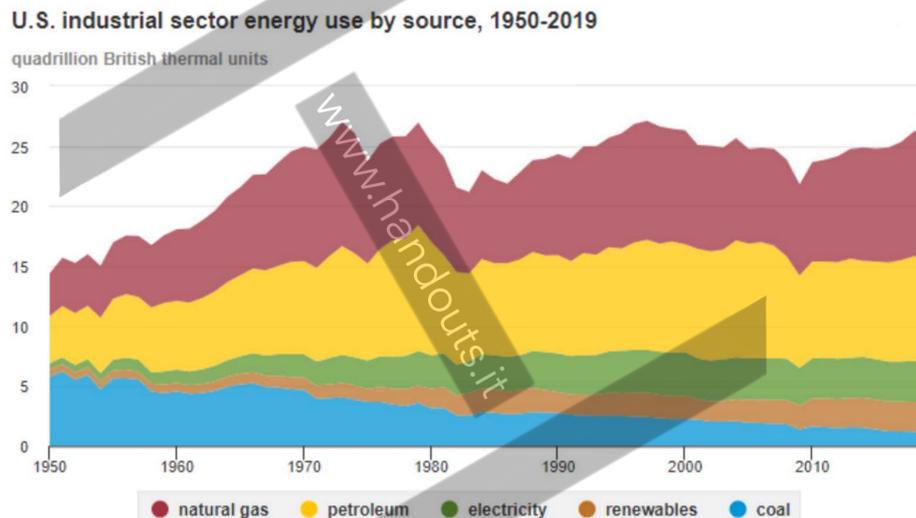
- **COMBUSTIBILI:**
  - o Definizioni;
  - o Requisiti per applicazioni industriali
  - o Classifica.
- **COMBUSTIONE:**
  - o Definizione;
  - o Combustione teorica completa - combustione pratica;
  - o Valori stechiometrici;
- **IL POTERE CALORIFICO.**

## I combustibili:

-> **DEF:**

*Sostanze capaci di produrre energia termica a seguito di una reazione chimica di combustione.*

- I combustibili attualmente più noti sono i combustibili fossili o naturali che vengono utilizzati dopo opportuni trattamenti.
- Combustibili tradizionali, composti principalmente da carbonio e idrogeno, sono sostanze capaci di produrre energia termica a seguito di una reazione chimica detta **combustione**.



## Requisiti per applicazioni industriali:

- Grande **disponibilità**;
- Facile **reperibilità**;
- Produzione di **notevoli quantità di energia termica** durante la combustione;
- **Assenza** nel contenuto e nei prodotti di reazione di **sostanze dannose** in quantità tali da nuocere a persone e ambiente (oppure facilità di riduzione/trattamento di tali sostanze nocive a un costo accettabile);

## Classificazione dei combustibili:

### SOLIDI:

- o Naturali: carboni fossili, legna;
- o Derivati: Coke, carbone di legna, agglomerati vari, RSU.

### LIQUIDI:

-> Si distinguono per tenore di zolfo:

ATZ	BTZ	STZ
< 3%	< 1%	< 0,3%

🚫 Lo zolfo non ci garba 😞

- o Naturali: petrolio greggio;
- o Derivati: benzine, gasolio, olio combustibile, kerosene.

### GASSOSI:

- o Naturali: gas naturale, shale gas;
- o Derivati: gas di città/ di cokeria, gas da cracking e da raffineria.

## 11.2) Energia termica:

### Combustibili SOLIDI -> Analisi Immediata:

-> **DEF ANALISI IMMEDIATA:** consiste nell'analizzare **umidità, ceneri, sostanze volatili e carbonio fisso** al fine di valutare le caratteristiche di un buon carbon fossile.

- Permette di stimare il valore industriale/ commerciale di un carbon fossile (noto anche il potere calorifico).

-> Parole chiave:

- UMIDITÀ: è la perdita di peso, in %, in seguito al riscaldamento a 104-110°C prolungato sino a peso costante.
- CENERI: sostanze minerali/ residue incombustibili che restano dopo la combustione.  
-> Misurate come % di peso residua dopo una combustione completa.
- SOSTANZE VOLATILI E CARBONIO FISSO: misurate come perdita, in peso %, in seguito al riscaldamento del campione essiccato in assenza d'aria fino a 950°C per 7 minuti.

### Combustibili LIQUIDI:

-> Quelli impiegati negli impianti industriali sono derivati dal **petrolio greggio**.

#### I punti:

**PUNTO DI INFIAMMABILITÀ:** temperatura minima alla quale la quantità di vapori di combustibile e aria, contenuti in un recipiente chiuso è così ricca da incendiarsi a contatto con la fiamma.

**PUNTO DI ACCENSIONE:** temperatura alla quale il vapore di combustione prodotto in un recipiente aperto si accende e continua a bruciare per almeno 5 secondi (combustione "autosostenuta")

**PUNTO DI SCORRIMENTO:** temperatura al di sotto della quale un olio combustibile solidifica

- Si può far fronte a questo problema mediante il riscaldamento del combustibile nel serbatoio di stoccaggio.

#### Acqua e sedimenti:

-> La presenza di queste sostanze non dovrebbe superare il valore in massa del 2% (causano instabilità della combustione: pulsazioni, ritorni di fiamma e erosioni).

- ZOLFO:
  - o Riduce il potere calorifico;
  - o Favorisce corrosione delle componenti metalliche;
  - o Contribuisce al fenomeno di inquinamento atmosferico.
  - o È irritante per la pelle e gli occhi.
- CENERI:
  - o Formate da impurità minerali (sabbia e polveri), composti organici e metallici provenienti dal greggio.
  - o Tenore tra 0,02-0,05% per oli più densi.

### Combustibili GASSOSI:

-> Il combustibile gassoso più utilizzato è il gas naturale, questo è composto per la maggior parte da metano (CH<sub>4</sub>)...

#### Metano:

-> Composto dal 75% carbonio e 25% idrogeno;

- Potere calorifico (condizioni normali):
  - o Superiore:  $H_s = 40 \text{ MJ}/m_n^3$ ;
  - o Inferiore:  $H_i = 36 \text{ MJ}/m_n^3$ ;

  $m_n^3$ : Normal Metro Cubo, unità di misura che definisce le condizioni **normali** del gas (a seconda di queste il gas occupa un volume diverso).

->  Vantaggi:

- Bassa concentrazione zolfo;
- Limitata produzione fuliggine (quindi potere inquinante) e problema di corrosione;
- I rendimenti;
- A stoccaggio, pompaggio e riscaldamento.

-> Distribuzione:

- Metanodotti & reti locali;
- Riduzione della pressione;
- Condizionamento (evita la formazione di cristalli di ghiaccio);
- Odorizzazione.

#### GPL (Gas di petrolio liquefatti):

-> **DEF:** idrocarburi costituiti da molecole contenenti 3 o 4 atomi di carbonio con piccole frazioni di idrocarburi che, sottoposti a modeste pressioni (10bar circa), da stato gassoso passano a quello liquido.

- Derivano da processi di stabilizzazione dei distillati del petrolio/ degasolinaggio del gas naturale/ lavorazione secondaria delle frazioni petrolifere.

 Vantaggi:

- Facilmente trasportabili;
- Comprimibili;

 Svantaggi:

- Comprimibili

#### GAS di RAFFINERIA o FUEL GAS:

-> **DEF:** è costituito dai prodotti gassosi non condensati derivanti dalla raffinazione del greggio.

- Non risultano tecnicamente convenienti;
- Viene bruciato direttamente in raffineria nelle caldaie/ forni.

# 11.3) 🔥 Energia termica:

## La combustione:

-> DEF:

*Combinazione di un combustibile con un comburente.*

*Rapida ossidazione di una sostanza a opera dell'ossigeno (contenuto nell'aria)*

- In generale avviene molto rapidamente e con sviluppo di calore.
- Reazione esotermica;
- Può avvenire con o senza fiamma. (con fiamma caratteristica dei combustibili gassosi e liquidi che riscaldandosi, producono vapori).

-> **Elementi:**

- Combustibile;
- Comburente;
- Innesco della combustione.

### Combustione teorica completa:



-> Essendo il potere calorifico superiore,  $H_s$ , la quantità totale di calore sviluppata dalla reazione di combustione completa dell'unità di massa del combustibile, può essere approssimativamente valutato come:

$$H_s \cong 34,03x_C + 144,42x_H + 10,88x_S \text{ [MJ/(kg di combustibile)]}$$

### Valori stechiometrici di combustione:

Equazione	Equazione di combustione	Prodotto di combustione	Quantità del prodotto di combustione				Ossigeno e azoto dell'aria comburente								
			per 1 kg di combustibile		per 1 m <sup>3</sup> di combustibile		per 1 kg di combustibile				per 1 m <sup>3</sup> di combustibile				
			kg	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>3</sup>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
<b>Carbonio</b>	C 12	C + O <sub>2</sub> = 12 + 32 =	CO <sub>2</sub> 44	3,667	1,852	—	—	2,667	8,927	1,867	7,08	—	—	—	—
<b>Zolfo</b>	S 32	S + O <sub>2</sub> = 32 + 32 =	SO <sub>2</sub> 64	2,0	0,699	—	—	1,0	3,48	0,699	2,57	—	—	—	—
<b>Ossido di carbonio</b>	CO 28	2 CO + O <sub>2</sub> = 56 + 32 =	2 CO <sub>2</sub> 88	1,57	0,8	1,97	1,0	0,572	1,9	0,4	1,504	0,714	2,36	0,5	1,892
<b>Metano</b>	CH <sub>4</sub> 16	CH <sub>4</sub> + 2 O <sub>2</sub> = 16 + 64 =	CO <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O 80	5,0	4,2	3,571	3,0	4,0	13,24	2,8	10,57	2,86	9,5	2,0	7,57
<b>Idrogeno</b>	H <sub>2</sub> 2	2 H <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> = 4 + 32 =	2 H <sub>2</sub> O 36	9,0	11,66	0,804	1,0	8,0	26,784	4,645	21,257	0,713	2,36	0,5	1,892

-> Questa tabella ci permette di calcolare l'impronta di CO<sub>2</sub>: per 3,667 kg di carbonio bruciati consumiamo 1kg di O<sub>2</sub>.

🔥 Bruciando 1 kg di H ottengo 9 kg di H<sub>2</sub>O.

### Combustione pratica:

-> È necessario avere aria in eccesso rispetto a quella teoricamente necessaria.

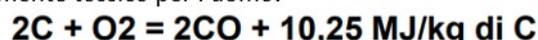
- Aria in eccesso:  $E = V_{ae} - V_{at}$  o  $E\% = \frac{V_{ae} - V_{at}}{V_{at}} * 100$ ;
  - o  $V_{ae}$ : aria effettivamente impiegata;
  - o  $V_{at}$ : aria teoricamente necessaria;
- Coefficiente di eccesso d'aria:  $e(= n) = \frac{V_{ae}}{V_{at}} = 1 + E/100$ ;

### Emissione sostanze inquinanti:

-> Principali prodotti della combustione: H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> +

- Ossidi di Zolfo (SO<sub>x</sub>) dipendono dal tenore dell'elemento nel combustibile; si cerca di ridurli al massimo;
- Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>) compaiono a causa dell'ossidazione ad elevata temperatura dell'azoto contenuto nell'aria comburente.

-> Quando manca la giusta quantità d'aria nei fumi generati dal processo possono essere presenti degli elementi incombusti tra i quali il MONOSSIDO DI CARBONIO, altamente tossico per l'uomo:



\*Comportano anche una minore quantità di calore generato a parità di consumo (un contenuto dell'1% di CO nei fumi comporta una perdita d'energia del 4% circa).

### Classifica sostanze inquinanti:

Le emissioni inquinanti si possono classificare come dipendenti da:

- **Combustibile:** se contiene una sostanza inquinante che rimane inalterata o se contiene una sostanza che a seguito della combustione produce composti inquinanti;
- **Combustione anomala:** quando la combustione è incompleta e si generano sostanze non completamente ossidate o se non è ben controllata si possono avere formazioni di NO<sub>x</sub> di origine termica.
- **Combustione normale:** anche con combustione normale, si ha emissione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) che provoca effetto serra.

# 11.4) 🔥 Energia termica:

## Il Potere Calorifico:

### - POTERE CALORIFICO SUPERIORE:

-> **DEF1:** Quantità di **energia termica** che si **rende disponibile** a seguito della combustione completa effettuata a pressione costante della massa unitaria di combustibile;

-> **DEF2:** (PCS) è la **quantità di calore liberato durante la combustione** di una quantità specifica di una sostanza.

- condizione richiesta è che i prodotti della combustione siano riportati alla temperatura iniziale del combustibile e del comburente

### - POTERE CALORIFICO INFERIORE:

Definito come il potere calorifico superiore diminuito del calore di condensazione del vapore d'acqua formatosi durante la combustione.

- Tiene conto del fatto che alcune delle calorie rilasciate durante la combustione vengono utilizzate per espandere il prodotto della combustione (ad esempio il vapore acqueo) contro la pressione atmosferica.

-> Tale definizione tiene conto del fatto che solitamente nei processi di combustione in caldaia il vapore d'acqua non viene condensato.

Combustibile	Potere calorifico inferiore $H_i$ [MJ/kg]
Legno	15
Carbone	32
Benzina	44
Gasolio	43
GPL	46
Gas naturale	48

-> Tabella inferiore: utilizzata per calcolare il costo del riscaldamento (i costi per kWh sono molto variabili nel tempo).

Fonte	Quantità per kWh (Hp: $\eta = 1$ )	Rendimento $\eta$ <sup>(1)</sup>	Quantità netta per kWh	Costo unitario <sup>(1)</sup>	Costo per kWh
Legno	3,6 MJ/kWh : 15 MJ/kg = 0,24 kg/kWh	0,6	0,4 kg/kWh	0,2 €/kg	0,08 €/kWh
Gasolio	(3,6 MJ/kWh : 43 MJ/kg) * 1,176 l/kg = 0,098 l/kWh	0,75	0,13 l/kWh	1,50 €/l	0,20 €/kWh
GPL	(3,6 MJ/kWh : 46 MJ/kg) : 0,52 kg/l = 0,15 l/kWh	0,8	0,1875 l/kWh	1,1 €/l	0,21 €/kWh
Gas naturale	(3,6 MJ/kWh : 48 MJ/kg) * 1,3 m³/kg = 0,10 m³/kWh	0,8	0,125 m³/kWh	0,77 €/m³	0,096 €/kWh
Energia elettrica <sup>(2)</sup>	-	-	-	-	0,24 <sup>(2)</sup> €/kWh

(1) Valori ipotizzati per l'esemplificazione (sono da verificare puntualmente); il  $\eta$  dipende da caldaia e impianto, il prezzo ovviamente è variabile nel tempo

(2) L'energia elettrica beneficia di un regime fiscale sui combustibili diverso rispetto all'acquisto dei combustibili

## L'impianto:

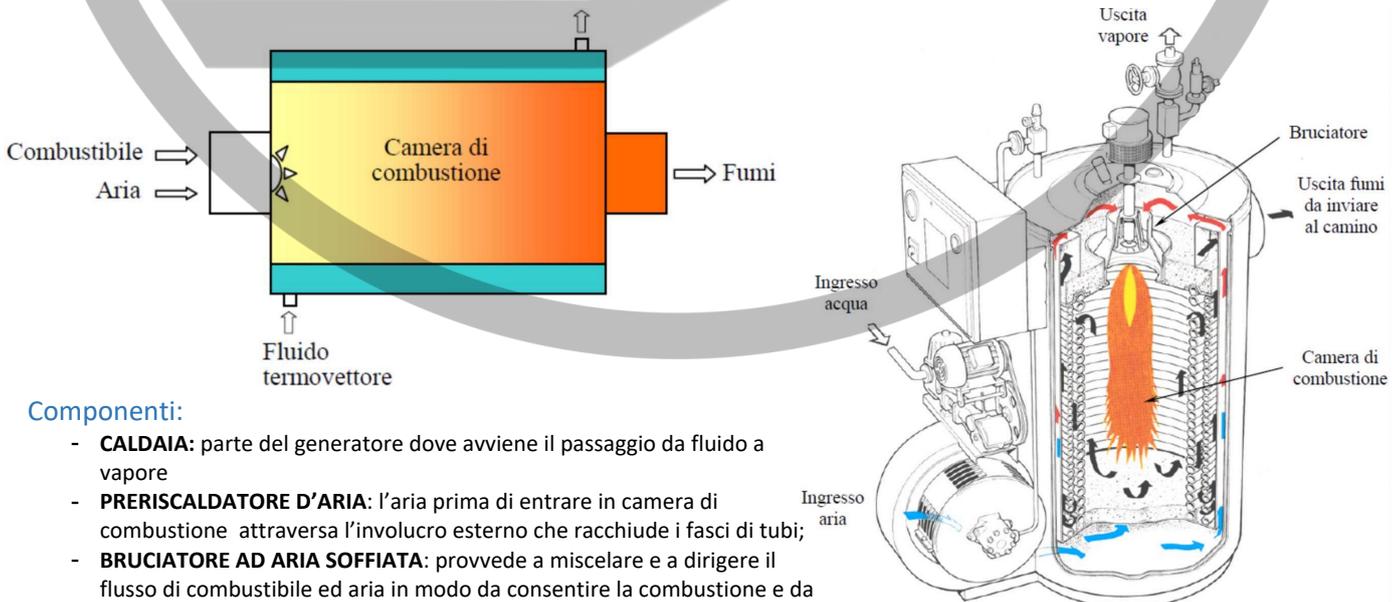
- GENERATORE DI CALORE;
- COGENERAZIONE.

## Generatore di calore:

-> **DEF: GENERATORE DI CALORE O CALDAIA**

*Dispositivo in cui avviene il trasferimento di calore, sviluppato dal combustibile bruciato, ad un fluido termovettore.*

- **GENERATORE DI VAPORE:** caldaia utilizzata per la generazione di vapore saturo o surriscaldato.



## Componenti:

- **CALDAIA:** parte del generatore dove avviene il passaggio da fluido a vapore
- **PRERISCALDATORE D'ARIA:** l'aria prima di entrare in camera di combustione attraversa l'involucro esterno che racchiude i fasci di tubi;
- **BRUCIATORE AD ARIA SOFFIATA:** provvede a miscelare e a dirigere il flusso di combustibile ed aria in modo da consentire la combustione e da mantenere una fiamma stabile;
- **CAMERA DI COMBUSTIONE:** lo spazio messo a disposizione per la combustione del combustibile;
- **ECONOMIZZATORE:** l'acqua di alimentazione attraversando la schiera di tubi più esterna viene preriscaldata prima di passare attraverso i tubi a diretto contatto con la fiamma dove subisce cambiamento di fase;

## 11.5) Energia termica:

- **EVAPORATORE**: schiera di tubi più interna dove il liquido passa allo stato vapore;
- **AUSILIARI**: pompe, ventilatore, termostati, pressostati, rivelatori di fiamma, ecc...

### Perdite di un generatore di vapore:

-> Il calore di un combustibile non viene utilizzato totalmente, una parte viene persa:

- Perdite di **calore nei fluidi** ( quota maggiore delle perdite);
- Perdite per **incombusti** (combustione incompleta);
- Perdite per **scambio termico convettivo / irraggiamento** attraverso l'involucro esterno del generatore e l'ambiente;
- Perdite dovute **all'energia associata alle scorie** (combustibile costituito da rifiuti solidi urbani o legno)

### Parametri caratteristici dei generatori di vapore:

#### *Producibilità o potenza [W] o [kg/kcal/h]*

-> **DEF**: quantità di **vapore prodotta in un'ora**;

- È necessario precisare lo stato fisico del vapore (pressione, temperatura);

$$\frac{\text{Quantità di vapore} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]}{\text{Tempo}} + \text{Stato del vapore [p, T]}$$

#### *Producibilità specifica o potenza specifica:*

-> **DEF**: **Rapporto** tra i chilogrammi di **vapore prodotti** in un'ora e la **superficie di riscaldamento**.

- Rappresenta i chilogrammi di vapore che si ottengono in un'ora per ogni metro quadrato di superficie riscaldata; si misura in kg/m<sup>2</sup> h

$$\left[ \frac{\text{kg}}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \right] = \frac{\text{Portata di vapore prodotto}}{\text{Superficie di riscaldamento}}$$

#### *Pressione di bollo [bar]:*

-> **DEF**: **Pressione** effettiva **massima** alla quale il **generatore** può **funzionare regolarmente**.

- Il valore della pressione di bollo è rilevabile dal libretto matricolare dell'apparecchio e dall'apposito bollo esistente al centro della targa

#### *Pressione di esercizio [bar]:*

-> **DEF**: **Pressione**, inferiore o al limite uguale a quella di **bollo**, alla quale in pratica viene fatto funzionare il generatore

#### *Superficie di riscaldamento [m<sup>2</sup> ]:*

-> **DEF**: Area della superficie lambita da un lato dai fumi e dall'altro dall'acqua;

- si misura dalla parte esposta ai fumi

#### *Rendimento del generatore:*

-> **DEF**: Rapporto tra il calore trasmesso al fluido e il calore sviluppato dalla combustione

## Classificazione dei generatori di vapore:

### Modo di installazione

- **FISSI**: di grandi dimensioni e di struttura complessa, non possono essere trasferiti senza demolire la struttura stessa;
- **SEMIFISSI**: di solito di potenza limitata, sono eventualmente trasportabili; attualmente sono disponibili generatori tipo monoblocco trasportabili di oltre 50 t/h (35 MW);
- **MOBILI**: montati su basamento mobile hanno la potenza necessaria per il loro movimento, vedasi locomotive e generatori usati in marina;

### Pressione

- bassa pressione (< 1 bar)
- media pressione (1 ÷ 15 bar)
- alta pressione (15 ÷ 100 bar)
- altissima pressione (> 100 bar)

### Combustibile utilizzato

- a combustibile solido, in pezzatura o
- polverizzato
- a combustibile liquido
- a combustibile gassoso

### Volume di acqua

- a grande volume d'acqua – da 130 a 250 litri
- d'acqua per m<sup>2</sup> di superficie riscaldata
- a medio volume d'acqua – da 70 a 130 litri
- D'acqua per m<sup>2</sup> di superficie riscaldata
- a piccolo volume d'acqua – meno di 70 litri
- d'acqua per m<sup>2</sup> di superficie riscaldata

### Percorso dei fumi

#### *a tubi da fumo*

-> in essi l'acqua bagna la parete esterna dei tubi al cui interno circolano i fumi caldi

#### *a tubi d'acqua*

-> in essi è l'acqua a passare nell'interno dei tubi e i fumi passano invece dalla parte esterna (a tubi suborizzontali subverticali e verticali)

# 11.6) 🔥 Energia termica:

## Cogenerazione:

### Agenda:

- Principio della cogenerazione;
- Cogenerazione:
  - o Vantaggi e limiti;
  - o Applicazioni;
  - o Tipologie di impianto.

### Principio della cogenerazione:

#### -> DEFINIZIONE COGENERAZIONE:

“Centrale di produzione combinata di energia elettrica e calore (cogenerazione) un impianto termoelettrico in cui l'energia sviluppata dal combustibile è trasmessa ad un fluido intermediario immesso normalmente nella sua totalità in gruppi generatori; questi sono progettati e realizzati in modo che l'energia venga utilizzata in parte per farli funzionare per produrre energia elettrica, ed in parte per assicurare una fornitura di calore per usi diversi: processi industriali, riscaldamento urbano, ecc.”

Definizione UNIPED

=> Ha senso <=> esiste una domanda che si sposa con la possibilità di cogenerare.

### Rendimento:

- Impianto CONVENZIONALE di e.e.: 35-40% (restante percentuale dispersa sotto forma di calore).
- Impianto di COGENERAZIONE: 80-85% (rendimento complessivo)

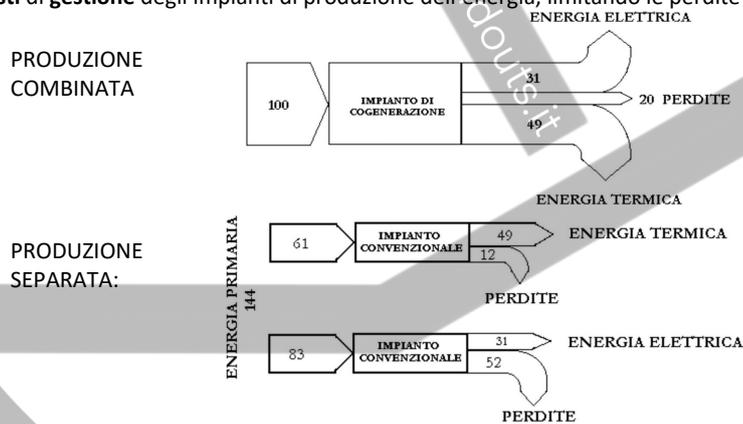
-> Per confrontare gli impianti di cogenerazione, si utilizza l'indice elettrico:  $Z_{el} = \frac{\text{Potenza elettrica}}{\text{Potenza Termica}}$

### Cogenerazione:

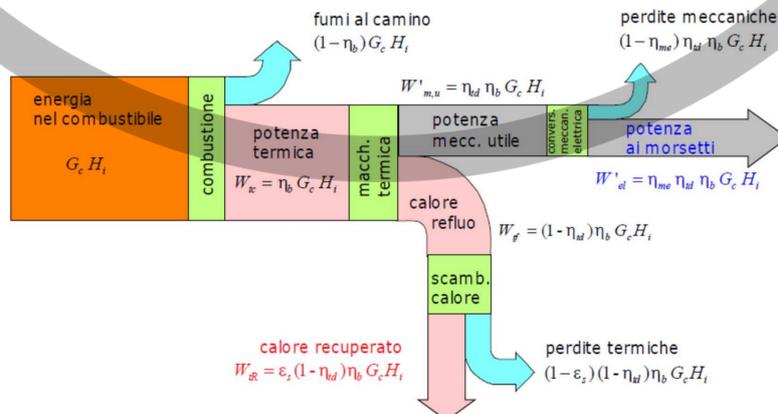
#### Vantaggi e limiti:

##### ✔ Vantaggi:

- **Risparmiare energia** primaria
- **Salvaguardare l'ambiente**, riducendo l'utilizzo percentuale di combustibili fossili per esigenze di riscaldamento e diminuendo sensibilmente l'emissione di CO2
- **Diminuire i costi di gestione** degli impianti di produzione dell'energia, limitando le perdite di impianto



### Bilanci energetici:



🔥 H: potere calor. inferiore;  
G: Generazione

$$PES = 1 - \left( \frac{CHP H_n}{Ref H_n} + \frac{CHPE \eta}{Ref E \eta} \right) \cdot 100\%$$

# 11.7) 🔥 Energia termica:

## Limiti ✖:

- Coesistenza di **domanda di energia elettrica e termica**;
- **Utenze** termiche ed elettriche vicine al **sistema di generazione**;
- **Impianti** in genere **complessi e costosi** che convengono solo se impianti di grandi dimensioni. **Applicazioni:**

## Utilizzi:

- 🏭 Industrie;
- 🏥 Ospedali;
- 🏪 Centri commerciali;
- 🌍 Centri turistici;

## Settori industriali:

▪ **Chimico**  $\frac{Q_u}{E} \approx 2,5$

$Q_u \Rightarrow$  vapore per riscaldamento, ebollizione, distillazione

▪ **Carta**  $\frac{Q_u}{E} \approx 2,5$

$Q_u \Rightarrow$  vapore a 5+10 bar per produzione continua

▪ **Petrochimico**  $\frac{Q_u}{E} \approx 10$

$Q_u \Rightarrow$  vapore

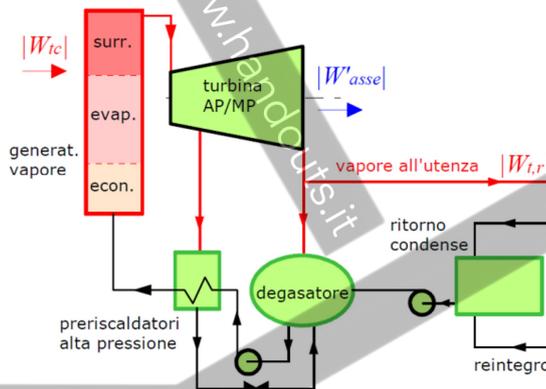
▪ **Alimentare**  $\frac{Q_u}{E} \approx 3,5$

$Q_u \Rightarrow$  vapore (impianti frigoriferi ad assorbimento, cottura ecc.)

## Tipologie di impianto:

### Turbina a vapore:

-> Turbina a vapore ( a contropressione):



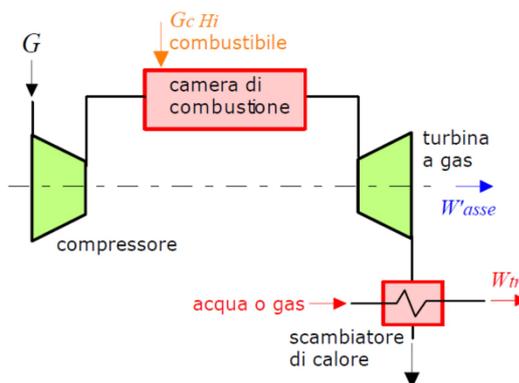
### ✔ Vantaggi

- Possibilità di ottenere **valori abbastanza alti del rendimento** termico globale, permettono l'adozione di qualsiasi combustibile;
- **Potenzialità medio-alte**, comprese in genere tra 1 e 250 MWe di potenza elettrica, ma anche superiori
- Indice elettrico  $Zel = 3 - 14$  ( $Zel = 14$  significa, ad esempio, che la potenza elettrica prodotta dalla macchina è 14 volte quella termica)
- Migliore tipologia di energia termica;

### ✖ Svantaggi

- Alti costi iniziali di investimento;
- Complessità di impianto;
- Limitata capacità di adattarsi;
- Presenza continuativa di personale particolarmente specializzato per la conduzione dell'impianto;

### Turbina a Gas:



## 11.8) 🔥 Energia termica:

### ✓ Vantaggi:

- Larga indipendenza della potenza termica disponibile da quella meccanica (quindi elettrica) prodotta, il che si traduce in una maggiore flessibilità di esercizio
- Semplicità costruttiva e tempi di realizzazione e consegna relativamente brevi
- Potenze elettriche tra 5 e 100 MWe
- Indice elettrico Zel = 0,2 – 4
- Elastica (si attacca/stacca facilmente);

### ✗ Svantaggi:

- Necessità di utilizzare combustibili pregiati (gas, oli leggeri) per evitare fenomeni di sporcamento (deposito di incombusti/incrostazioni → sbilanciamento del rotore con vibrazioni e usura precoce dei cuscinetti) e corrosione delle palette della turbina

### Impianto con motore a combustione interna:

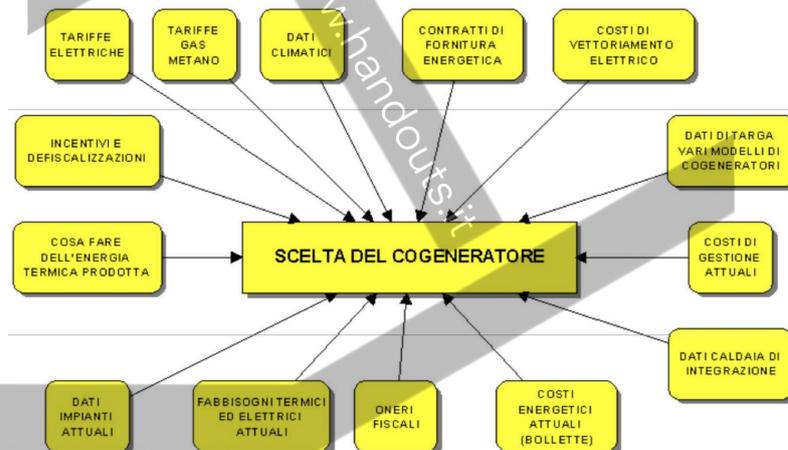
-> Non ci restituisce

### ✓ Vantaggi:

- Elevati rendimenti anche ai regimi di funzionamento parziale
- Ampia gamma di combustibili utilizzabili: sia liquidi (nafta pesanti) che gassosi (metano, GPL), compresi gas poveri, gas d'altoforno, da biomasse, di distillazione del carbone
- Spinta verso la modularità di realizzazione che agevola la manutenzione, riducendo i rischi di interruzioni complete del servizio, garantendo nel contempo flessibilità di installazione e di esercizio
- Campo di applicazione molto vasto, potenze elettriche da 15 kWe a 10 MWe
- Indice elettrico Zel = (Potenza elettrica)/(Potenza termica) = 0,4 – 2,2

### ✗ Svantaggi:

- Scarsa capacità di soddisfare utenze termiche richiedenti calore ad alta temperatura (oltre 140°C - non permette nessuna lavorazione-)
- Significative emissioni di NOx, da limitare con appositi dispositivi secondo la normativa in vigore
- Aumento dell'incidenza dei costi di manutenzione (particolarmente per l'olio di lubrificazione) la cui quota percentuale può andare dal 2 al 4% dei costi di investimento
- Energia termica di bassissima qualità.
- Inquinanti;



## 11.9) Energia termica > Definizioni:

**RSU:** Rifiuti Solidi Urbani, sono trattati perché non nascono come combustibili.

**POTERE CALORIFICO:** energia che si può ricavare convertendo completamente una massa unitaria di un vettore energetico in condizioni standard.

**UMIDITÀ GROSSA:** umidità che il combustibile perde per la semplice esposizione all'aria;

**UMIDITÀ IGROSCOPICA:** corrisponde a un vero e proprio stato di equilibrio tra il combustibile e il vapore d'acqua contenuto.

**PETROLIO GREGGIO:** petrolio costituito da circa centoventi idrocarburi, composti formati da carbonio, idrogeno e piccole quantità di zolfo, ossigeno e azoto.

**RIDUZIONE DELLA PRESSIONE:** cabine di primo e secondo salto)

**CONDIZIONAMENTO METANO:** riscaldamento del gas che espande nelle cabine di primo salto;

**UNIPEDA:** Unione internazionale dei produttori e distributori di energia elettrica;

**CHP  $H\eta$ :** rendimento termico del cogeneratore, rapporto tra il calore utile ed energia del combustibile

**CHP  $E\eta$ :** rendimento elettrico del cogeneratore, rapporto tra il energia elettrica cogenerata ed energia del combustibile

**Ref  $H\eta$ :** rendimento termico di riferimento per la produzione separata di elettricità e calore

**Ref  $E\eta$ :** rendimento elettrico di riferimento per la produzione separata di elettricità e calore

**ORIGINE TERMICA:** formazione di sostanze inquinanti dovute alla modalità con cui avviene la combustione.



[www.handouts.it](http://www.handouts.it)