



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TRIESTE



Dipartimento di  
Ingegneria  
e Architettura



Corso di MACCHINE [065IN]  
Corso di MACCHINE MARINE [100IN]

*Prof. Rodolfo Taccani*  
*Prof. Lucia Parussini*  
*Prof. Marco Bogar*

*A.A. 2024-2025*

# Introduzione

## DEFINIZIONE

**macchine** congegni muniti di organi fissi e mobili che compiono un determinato lavoro utile all'uomo

Consentono di compiere attività:

- più velocemente
- con meno sforzo
- in modo più preciso
- che l'uomo da solo non potrebbe fare

FONTE DI ENERGIA (ENERGIA PRIMARIA) → FORMA UTILE DI ENERGIA

# Introduzione

## *Fonti di energia primaria*

### **non rinnovabili**

energia (chimica) dei combustibili fossili (carbone, derivati del petrolio, gas naturale)

energia nucleare

### **rinnovabili**

energia idraulica

energia eolica

energia solare

biomasse

energia geotermica

altro (energia delle maree, delle onde, delle correnti marine ....)

## *Forme utili di energia*

- energia meccanica e/o elettrica
- energia termica



# Introduzione

## DEFINIZIONE

### Macchine semplici

### Macchine complesse

- Trasmittitrici
- Motrici
- Operatrici
- Generatrici

energia meccanica → energia meccanica

altra forma di energia → energia meccanica

energia meccanica → altra forma di energia

energia meccanica → energia elettrica

# Introduzione

## DEFINIZIONE

Si definisce **macchina** un dispositivo atto ad elaborare energia primaria per convertirla in una forma direttamente e comodamente utilizzabile o energia in forma utile in un'altra forma utile.

**Impianto motore:** un insieme di organi meccanici, fissi e mobili, collegati tra loro in maniera cinematicamente definita, dei quali almeno uno è in movimento soggetto a forze e quindi compie o subisce lavoro.

Si definisce **macchina a fluido** una macchina in cui lo scambio di energia con le pareti in movimento avviene per mezzo di un fluido.

# Introduzione

## INTRODUZIONE STORICA



**Shadouf** macchina idraulica rudimentale per l'irrigazione (dal 2500 a.C.).



**Mulini ad acqua** (dal 5000 a.C.)  
e **a vento** (dal VII secolo d.C.).



**Vite di Archimede** o **coclea** per il sollevamento dell'acqua, primo esempio di pompa volumetrica, III secolo a.C..

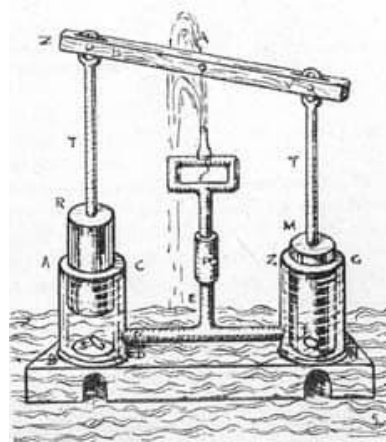
# Introduzione

## INTRODUZIONE STORICA



### Ruote idrauliche di Hama (Siria, XIII secolo)

Le ruote idrauliche medievali di Hama servivano a sollevare le acque del fiume per condurle in aree lontane.



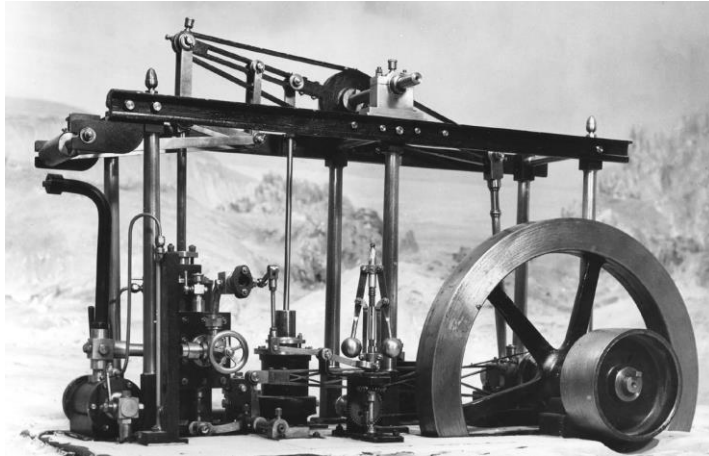
Pompa a pistoni di Ctesibio, III a.C.



Mulinello di Erone o eolipila, IV secolo.

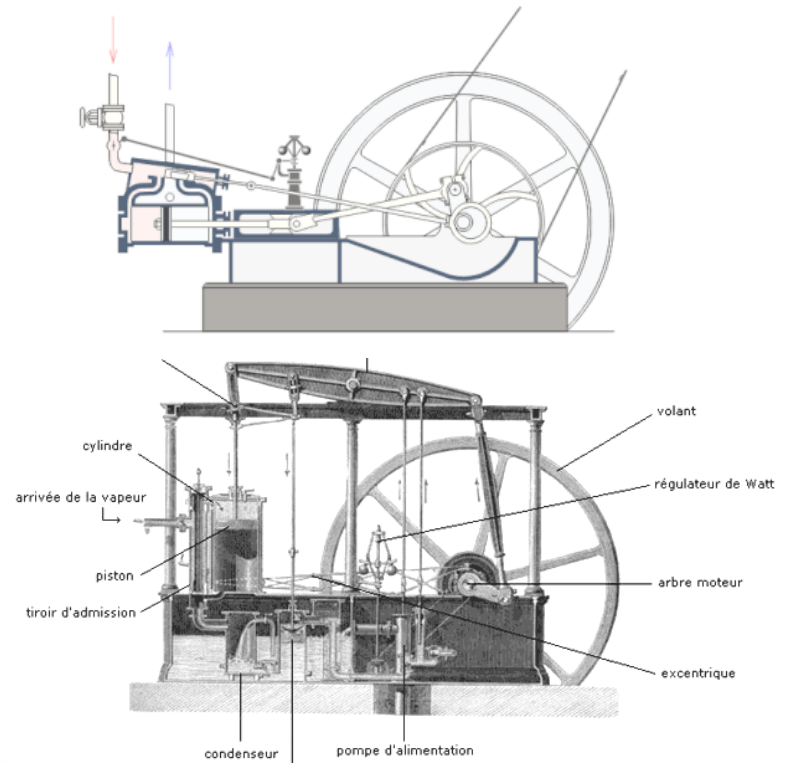
# Introduzione

## INTRODUZIONE STORICA



### Macchina a vapore di James Watt

Motore a vapore a pistoni, brevetto del 1796.





# Introduzione

## MACCHINE A FLUIDO E SISTEMI ENERGETICI

- Descrizione dei concetti fondamentali alla base del funzionamento delle macchine a fluido, partendo dai principi di conservazione della massa, della quantità di moto e dell'energia
- Studio degli aspetti fluidodinamici ed energetici delle principali famiglie di macchine a fluido:
  - MACCHINE OPERATRICI IDRAULICHE E TERMICHE**  
*Pompe, i ventilatori e i compressori*
  - MACCHINE MOTRICI IDRAULICHE E TERMICHE**  
*Turbine idrauliche*  
*Turbomacchine motrici termiche*  
*Macchine a vapore*  
*Turbine a gas*  
**Motori alternativi a combustione interna**
- Analisi dei cicli combinati, cicli cogenerativi
- Approfondimenti su combustibili e inquinamento
- Approfondimenti su batterie, elettrolizzatori, stoccaggio di idrogeno

# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE

## MACCHINA A FLUIDO

È una macchina costituita da un insieme di elementi fissi e mobili che interagiscono con un fluido di lavoro (liquido, vapore o gas), realizzando con esso uno scambio energetico.

Criteri di classificazione:

Produzione o assorbimento di lavoro da parte del fluido

In base al comportamento del fluido di lavoro elaborato

In base alla modalità in cui l'energia viene scambiata fra macchina e fluido

# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE

- macchine motrici (esempi: turbine, motori alternativi a combustione interna)
  - macchine operatrici (esempi: compressori, pompe)
- macchine idrauliche (esempi: pompe, turbine idrauliche)
  - macchine termiche (esempi: compressori, turbine, motori alternativi a combustione interna)
- macchine volumetriche
    - alternativa (esempi: compressori alternativi a stantuffo, motori alternativi a combustione interna)
    - rotativa (esempi: compressori Roots, compressori a palette)
  - turbomacchine o macchine dinamiche (esempi: turbine, turbocompressori, reattori)
    - assiali
    - radiali
      - centrifughe
      - centripete

# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE

## Macchine idrauliche

	Macchine operatrici (energia aggiunta al fluido: il lavoro viene effettuato sul fluido)	Macchine motrici (energia sottratta al fluido: il lavoro è effettuato dal fluido)
Turbomacchine	<p>Pompe, Ventilatori</p> <p>senza cassa</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elica marina</li> </ul> <p>con cassa</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• assiale</li> <li>• a flusso misto</li> <li>• centrifugo</li> </ul>	<p>Turbine</p> <p>ad azione</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ruote a vento</li> <li>• Pelton</li> </ul> <p>a reazione</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• flusso assiale (Kaplan)</li> <li>• flusso misto (Francis)</li> </ul>
Macchine volumetriche	<p>Pompe</p> <p>Alternative</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ad azionamento diretto</li> <li>• ad albero a gomito</li> <li>• a stantuffi rotanti</li> </ul> <p>Rotative</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a vite</li> <li>• a ingranaggi</li> <li>• a palette</li> <li>• a lobi</li> </ul>	<p>Motori</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a stantuffi</li> <li>• a paletta</li> <li>• a ingranaggi</li> </ul>

# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE

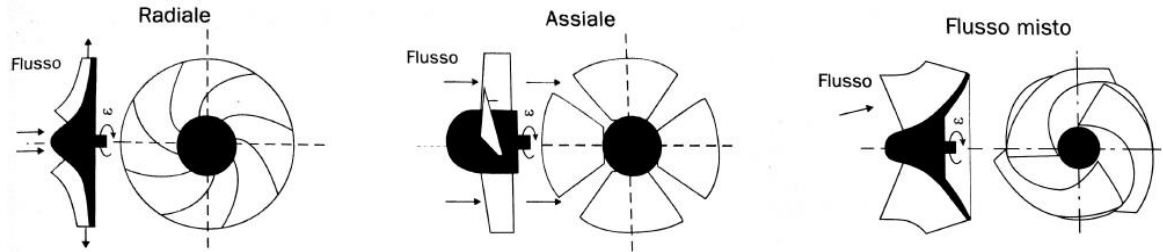
## Macchine termiche

	Macchine operatrici (energia aggiunta al fluido: il lavoro viene effettuato sul fluido)	Macchine motrici (energia sottratta al fluido: il lavoro è effettuato dal fluido)								
Turbomacchine	<p>Compressori</p> <table> <tr> <td>senza cassa</td> <td>con cassa</td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elica aerea</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• assiale</li> <li>• a flusso misto</li> <li>• centrifugo</li> </ul> </td> </tr> </table>	senza cassa	con cassa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• elica aerea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• assiale</li> <li>• a flusso misto</li> <li>• centrifugo</li> </ul>	<p>Turboespansori a gas e a vapore</p> <table> <tr> <td>ad azione</td> <td>a reazione</td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• semplici</li> <li>• a salti di velocità</li> <li>• a salti di pressione</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• flusso assiale</li> <li>• flusso misto</li> <li>• flusso radiale</li> </ul> </td> </tr> </table>	ad azione	a reazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• semplici</li> <li>• a salti di velocità</li> <li>• a salti di pressione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• flusso assiale</li> <li>• flusso misto</li> <li>• flusso radiale</li> </ul>
	senza cassa	con cassa								
<ul style="list-style-type: none"> <li>• elica aerea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• assiale</li> <li>• a flusso misto</li> <li>• centrifugo</li> </ul>									
ad azione	a reazione									
<ul style="list-style-type: none"> <li>• semplici</li> <li>• a salti di velocità</li> <li>• a salti di pressione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• flusso assiale</li> <li>• flusso misto</li> <li>• flusso radiale</li> </ul>									
	Eiettori d'aria a vapore	Propulsori a getto e a razzo								
Macchine volumetriche	<p>Compressori</p> <table> <tr> <td>Alternativi</td> <td>Rotativi</td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ad azionamento diretto</li> <li>• ad albero a gomito</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a vite</li> <li>• a ingranaggi</li> <li>• a palette</li> <li>• a lobi</li> </ul> </td> </tr> </table>	Alternativi	Rotativi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ad azionamento diretto</li> <li>• ad albero a gomito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• a vite</li> <li>• a ingranaggi</li> <li>• a palette</li> <li>• a lobi</li> </ul>	<p>Motori</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a combustione interna a due tempi o Quattro tempi</li> <li>• ad accensione comandata</li> <li>• ad accensione per compressione</li> <li>• alternativi a vapore a semplice e doppio effetto</li> </ul>				
Alternativi	Rotativi									
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ad azionamento diretto</li> <li>• ad albero a gomito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• a vite</li> <li>• a ingranaggi</li> <li>• a palette</li> <li>• a lobi</li> </ul>									

# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE

Classificazione in:

Turbomacchine assiali  
Turbomacchine radiali  
Turbomacchine a flusso misto



Vista della girante di una turbomacchina nel piano meridiano e nel piano ortogonale all'asse di rotazione.

# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE

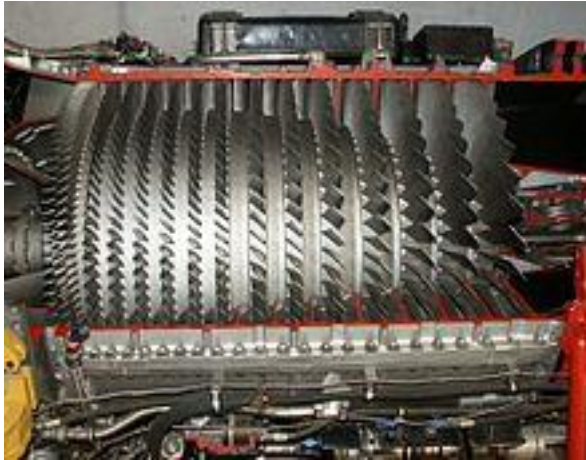


Girante di turbina Francis (macchina idraulica motrice dinamica flusso radiale).



Girante di turbina Kaplan (macchina idraulica motrice dinamica assiale).

# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE



Compressore assiale (macchina termica operatrice dinamica).



Compressore radiale (macchina termica operatrice dinamica).



# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE

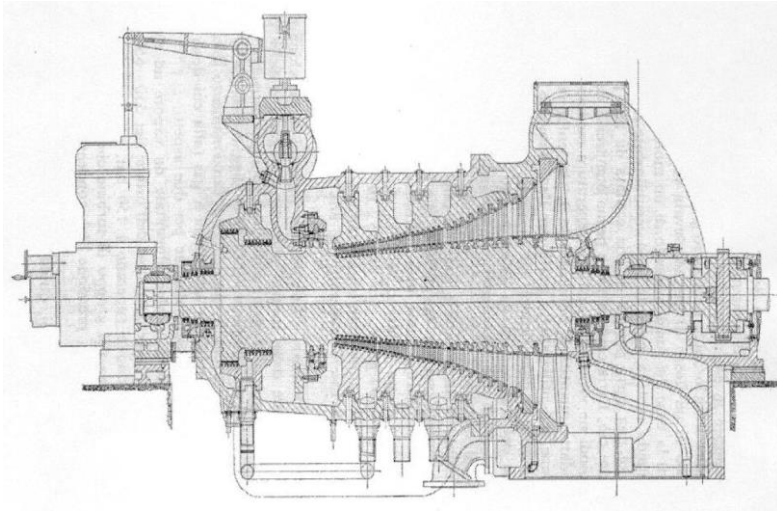


Elica marina (macchina idraulica operatrice dinamica).

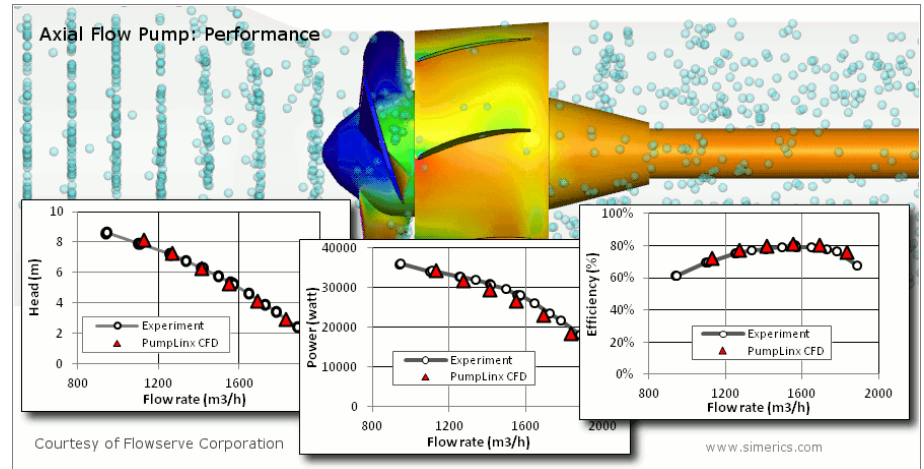


Elica aerea (macchina termica operatrice dinamica).

# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE

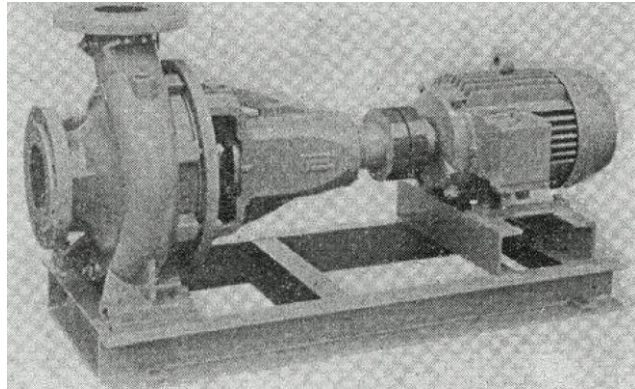


Sezione longitudinale di una turbina a vapore assiale (turbomacchina assiale termica motrice).

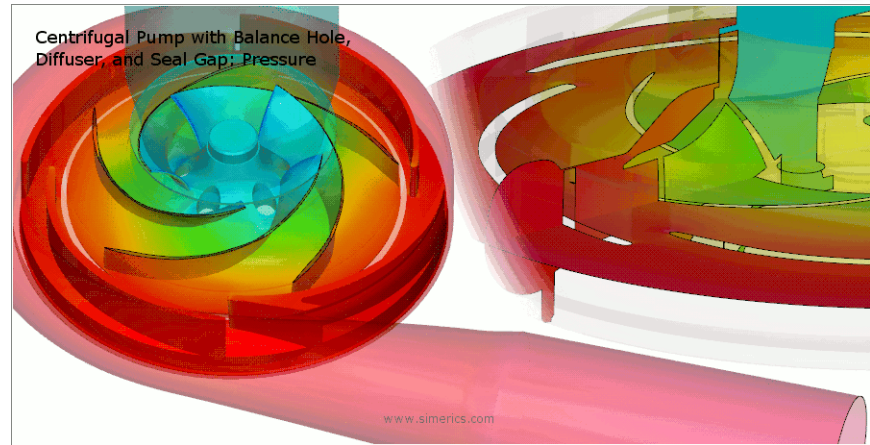
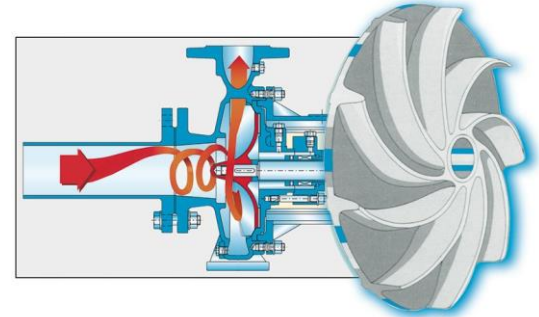
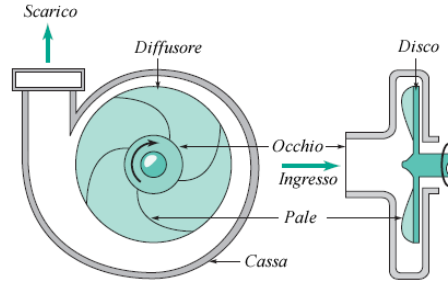


Pompa assiale (turbomacchina assiale idraulica operatrice).

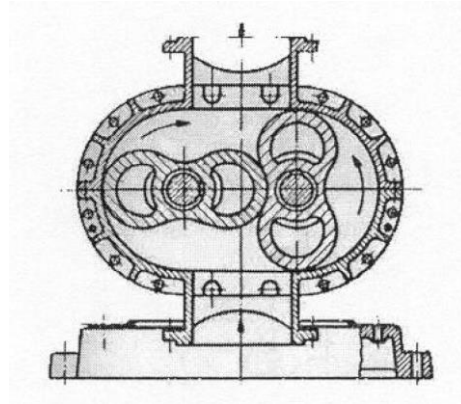
# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE



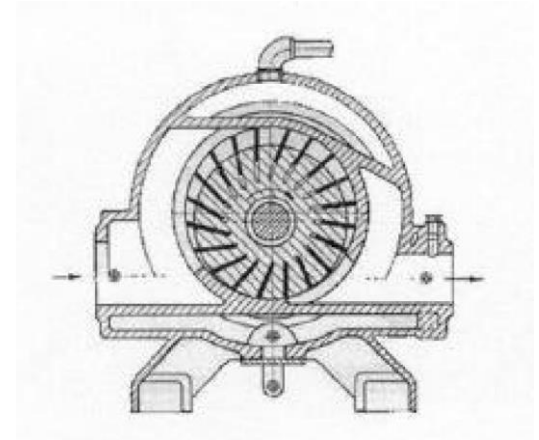
Pompa centrifuga ad asse orizzontale (turbomacchina radiale idraulica operatrice).



# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE

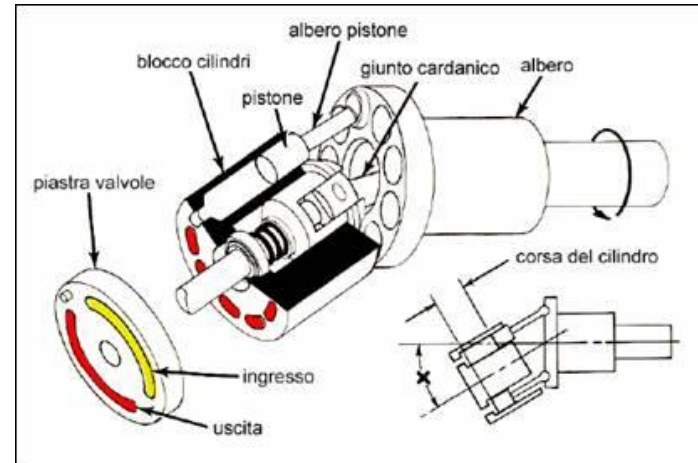
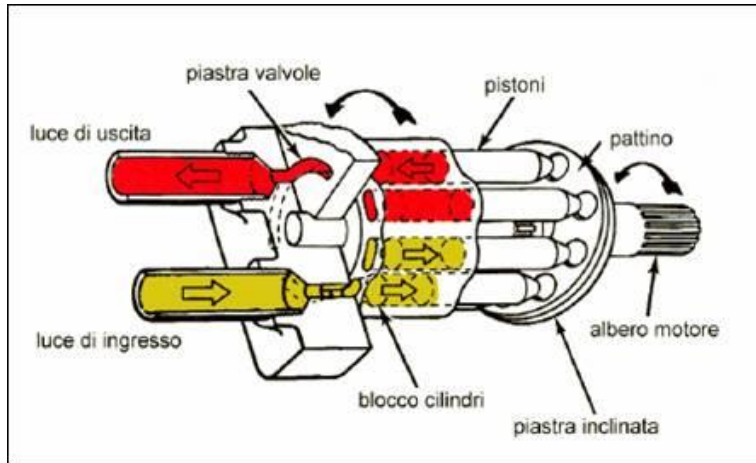


Sezione trasversale di un compressore volumetrico rotativo tipo Roots (macchina volumetrica rotativa termica operatrice)



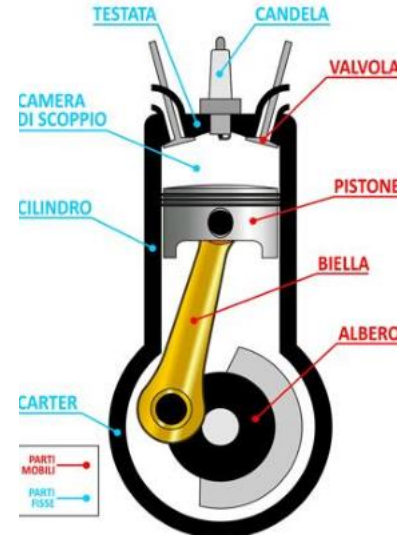
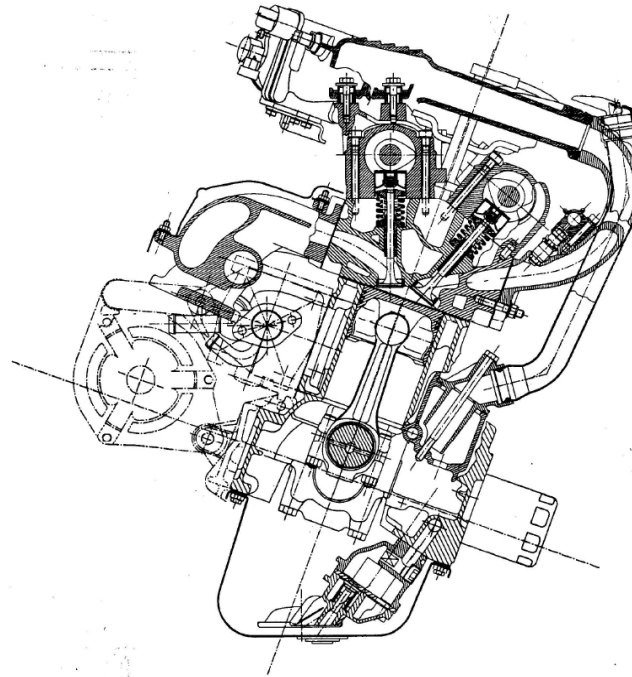
Sezione trasversale di un compressore volumetrico rotativo a palette (macchina volumetrica rotativa termica operatrice).

# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE



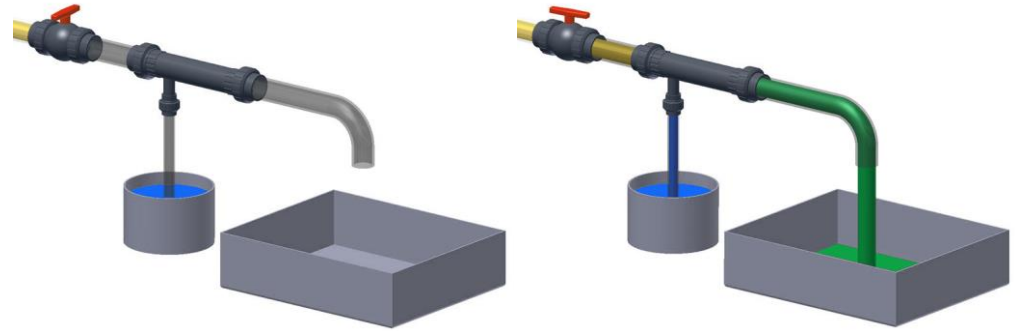
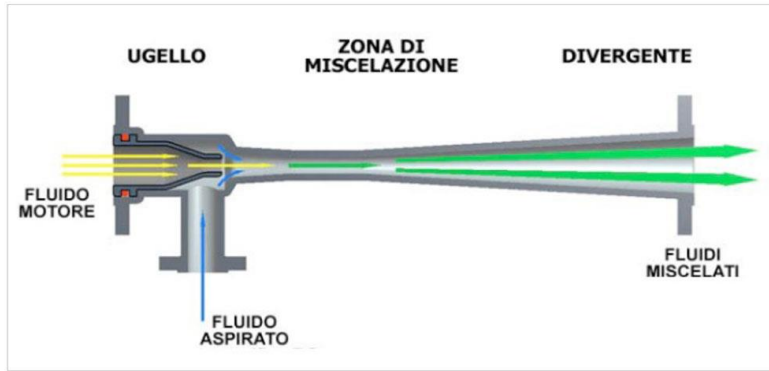
Pompa stantuffi rotanti (macchina volumetrica alternativa idraulica operatrice)

# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE



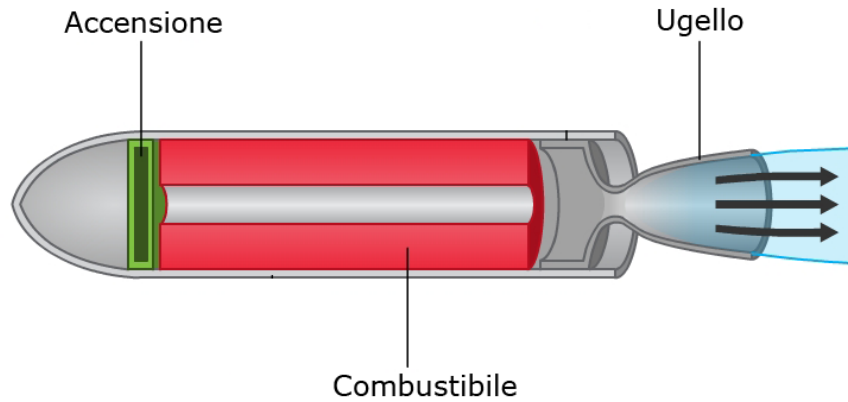
Sezione trasversale di un motore alternativo  
(macchina volumetrica alternativa termica  
motrice).

# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE



Pompa a eiettore: macchina dinamica perché basata sulla forza indotta dalla variazione di quantità di moto, ma caratterizzata dall'assenza di organi mobili, quindi non è una macchina a fluido.

# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE

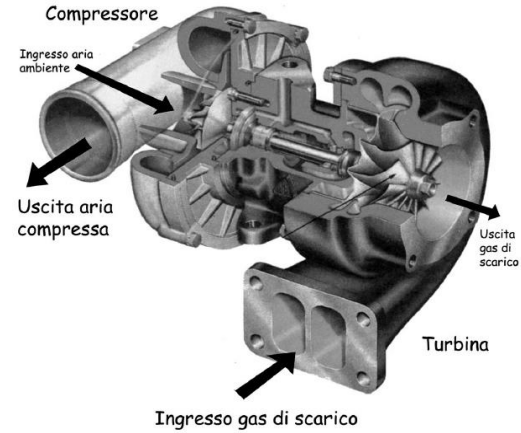
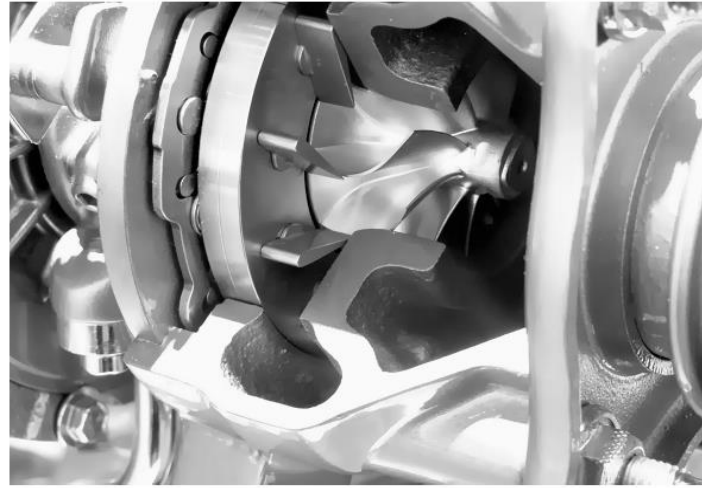
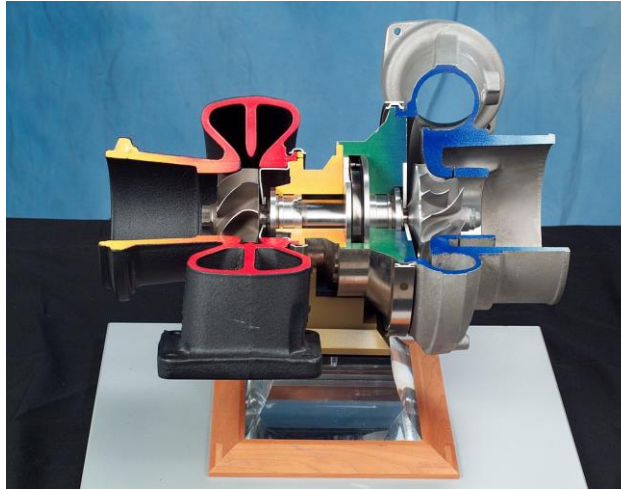


Motore a razzo: macchina dinamica termica motrice, ma non è una macchina a fluido in quanto assenti organi mobili.





# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE

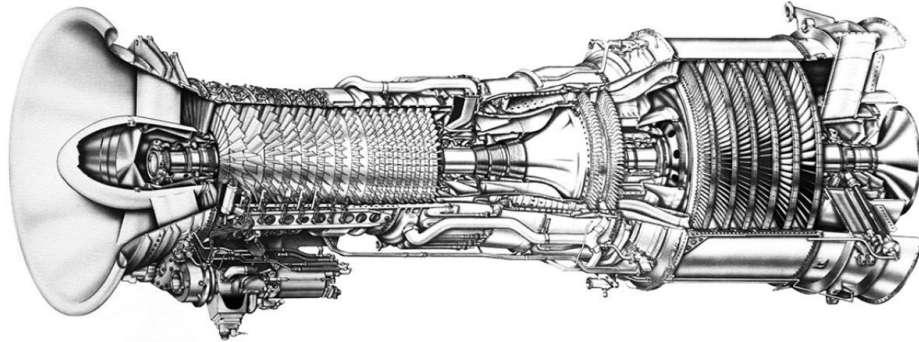


Turbocompressore (turbo-gruppo o turbo o turbocharger).

# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE



Aereo di linea a turbogetto Airbus A 320.

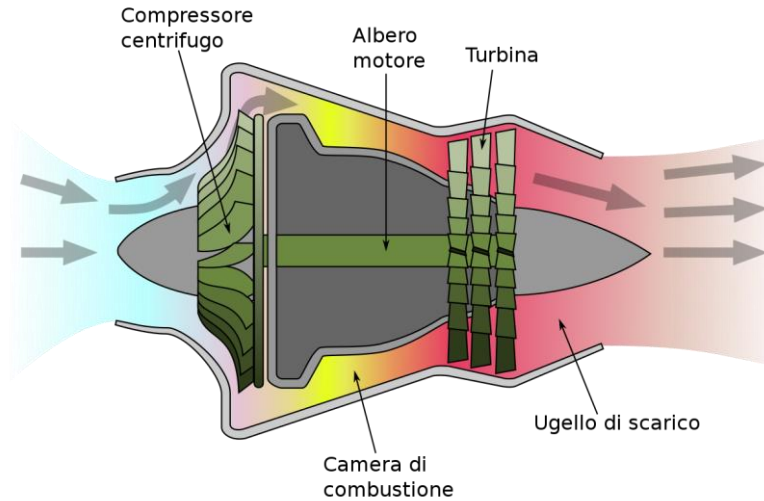


Turbogetto aeronautico (macchina costituita dall'insieme di un compressore, un combustore, una turbina ed un ugello).



Motore turbogetto General Electric J47

# CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE



Schema di un turbogetto.



Compressore e turbina del turbogetto De Havilland Ghost.

# Bibliografia

Micheli D. Dispense del Corso di Macchine e di Macchine Marine.

Cornetti G. Macchine idrauliche. Ed. Il capitello (2015)

Vincenzo Dossena, Giancarlo Ferrari, Paolo Gaetani, Gianluca Montenegro, Angelo Onorati, Giacomo Persico.  
Macchine a fluido. CittàStudi Edizioni (2015)

Seppo A. Korpela. Principles of Turbomachinery. Ed. Wiley (2019)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TRIESTE



Dipartimento di  
**Ingegneria  
e Architettura**