

Università degli studi di Pavia  
Laurea in Ingegneria industriale meccanica



# ITEG

## Integrated Turbine Electric Generator

**Relatore:** Prof. Stefano Farnè

**Laureando:** Alessandro Baston

**Correlatore:** Dott. Vito Lavanga

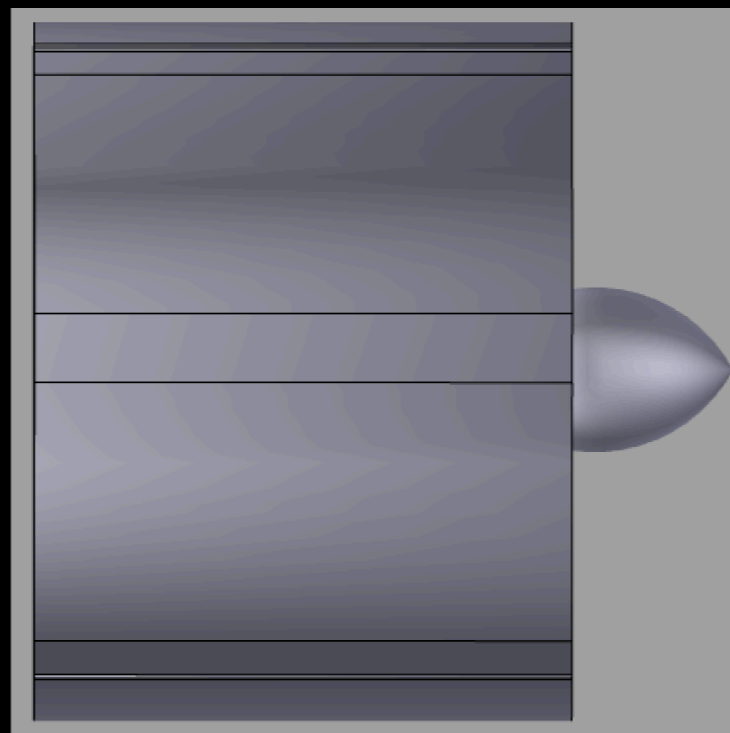
Ottobre 2018

# Cos'è ITEG?

ITEG è un sistema che integra una macchina fluidodinamica ed un motore elettrico in un unico apparecchio.

Ideato dal Prof. Stefano Farnè e dal Dott. Vito Lavanga, è in via di brevetto.

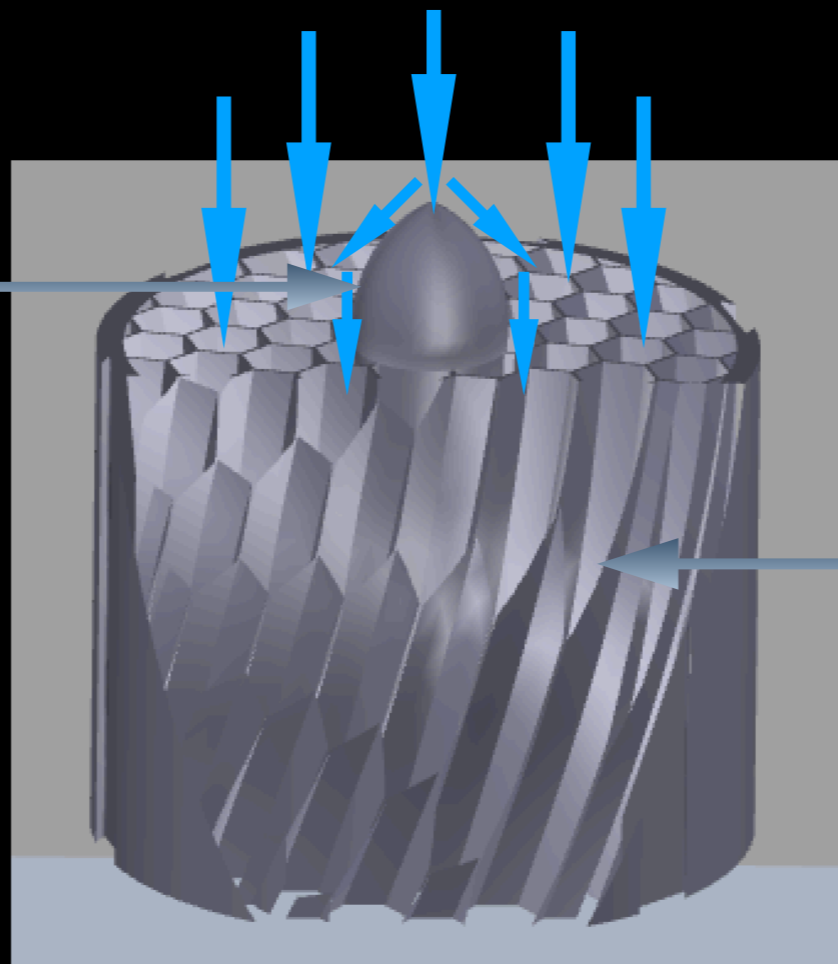
La turbina stessa funge anche da rotore ed è inserita nella tubazione sulla quale viene montato concentricamente lo statore.



Quando la turbina-rotore viene attraversata da un fluido in movimento, la parte iniziale a forma di cono indirizza il flusso all'interno dei condotti che si riempiono e la reazione delle forze tra il fluido in movimento e le pareti delle condotte avvolgenti la fa ruotare.

Il cilindro centrale, al contrario delle condotte, è stagno e serve a mantenerla in posizione assiale sfruttando la spinta di Archimede.

Cilindro centrale e cono di indirizzamento del flusso



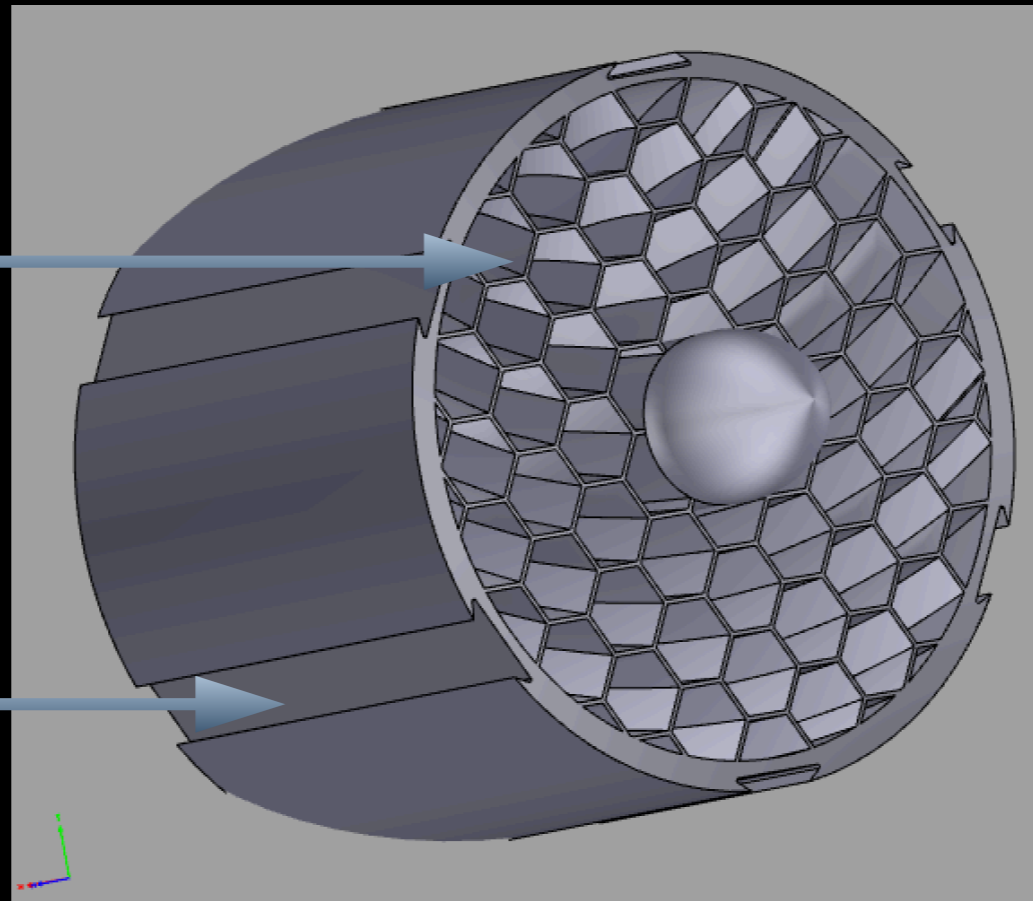
Condotte avvolgenti elicoidalmente attorno al cilindro centrale.

Il particolare profilo della sezione della turbina-rotore consente di diminuire gli interstizi tra una condotta e le adiacenti così che riesca ad intercettare più efficacemente il fluido e ne diminuisce il peso.

Affinché possa fungere anche da rotore, la turbina viene munita di magneti sul perimetro esterno.

Condotti esagonali a nido d'ape della turbina

Sede del magnete permanente



# Analisi

## *Forze*

*Considerato che:*

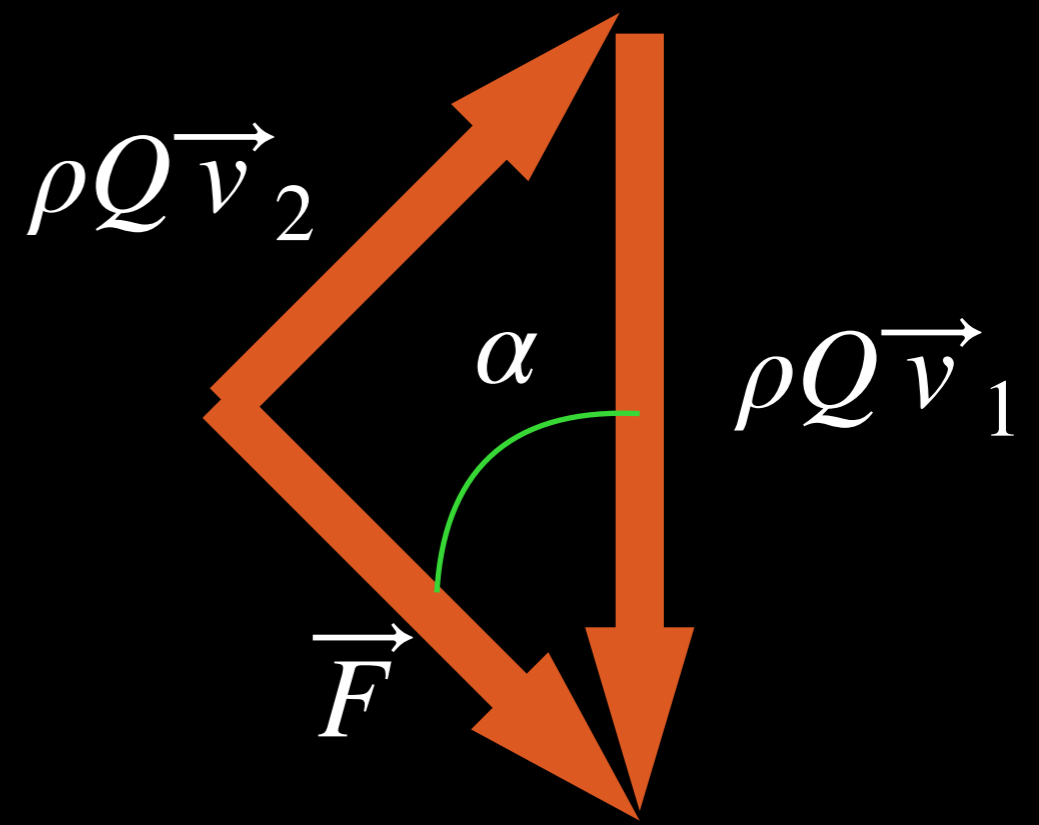
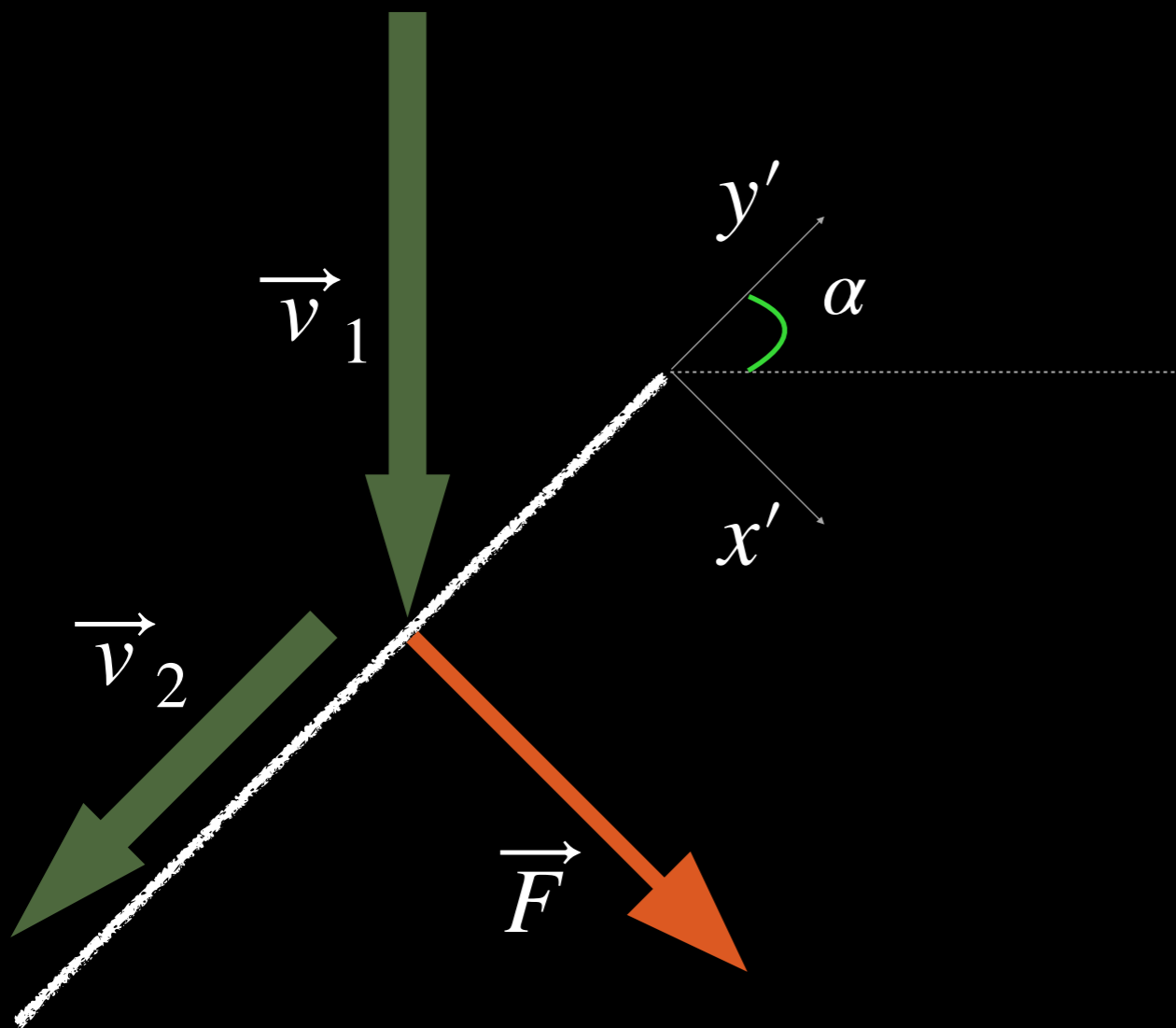
- Il fluido scambia solo lavoro meccanico con la turbina,
- Attrito tra fluido e superficie delle condotte nullo,
- Flusso monodimensionale,
- Pressione costante,
- Parete della condotta ferma.

L'equazione della quantità di moto diventa:

$$\vec{F} = \dot{m}(\vec{v}_1 - \vec{v}_2) = \rho Q(\vec{v}_1 + (-\vec{v}_2))$$

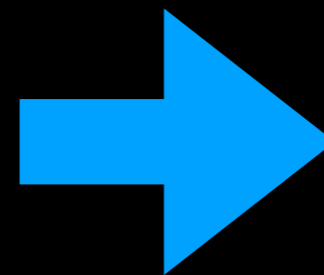
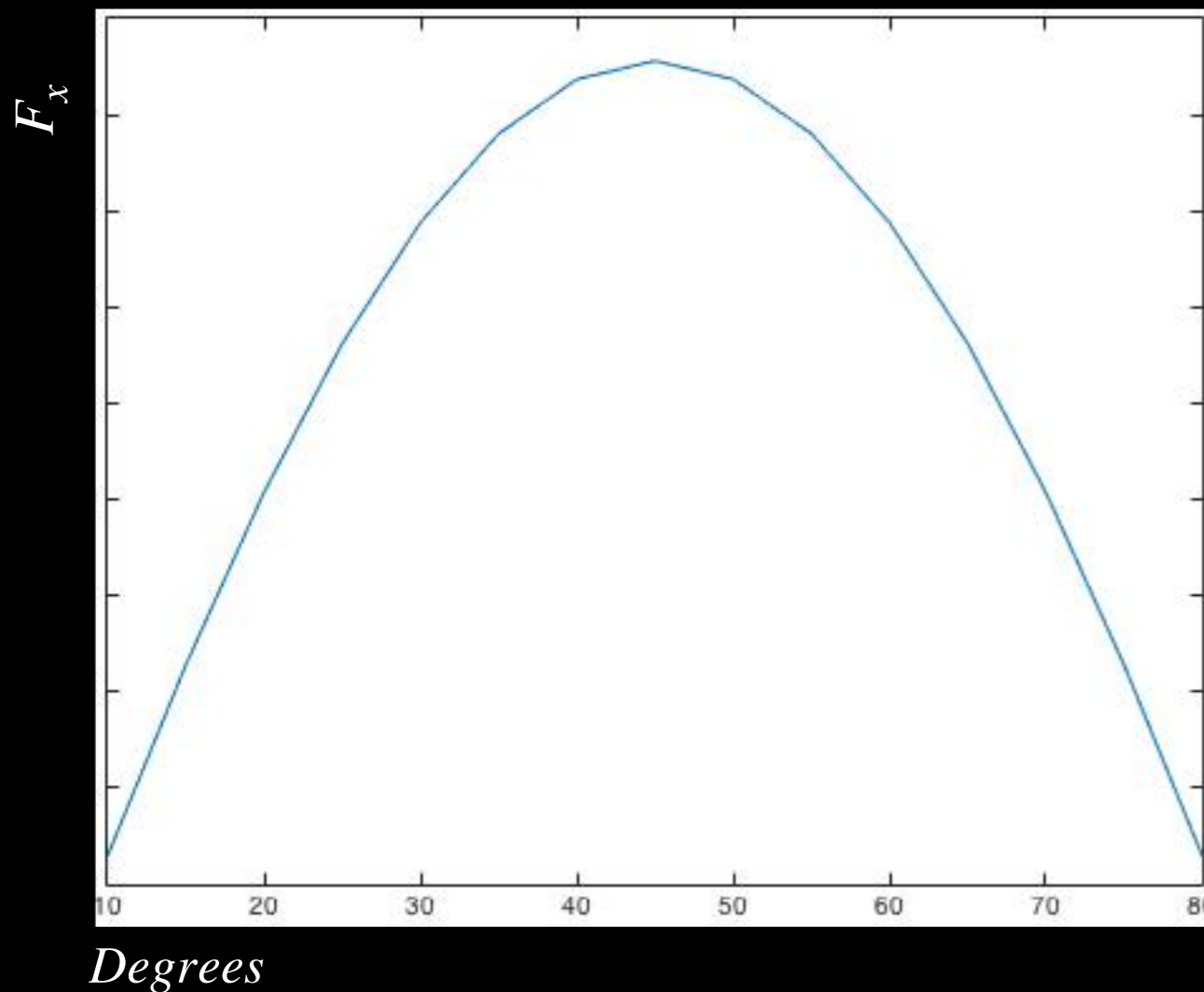
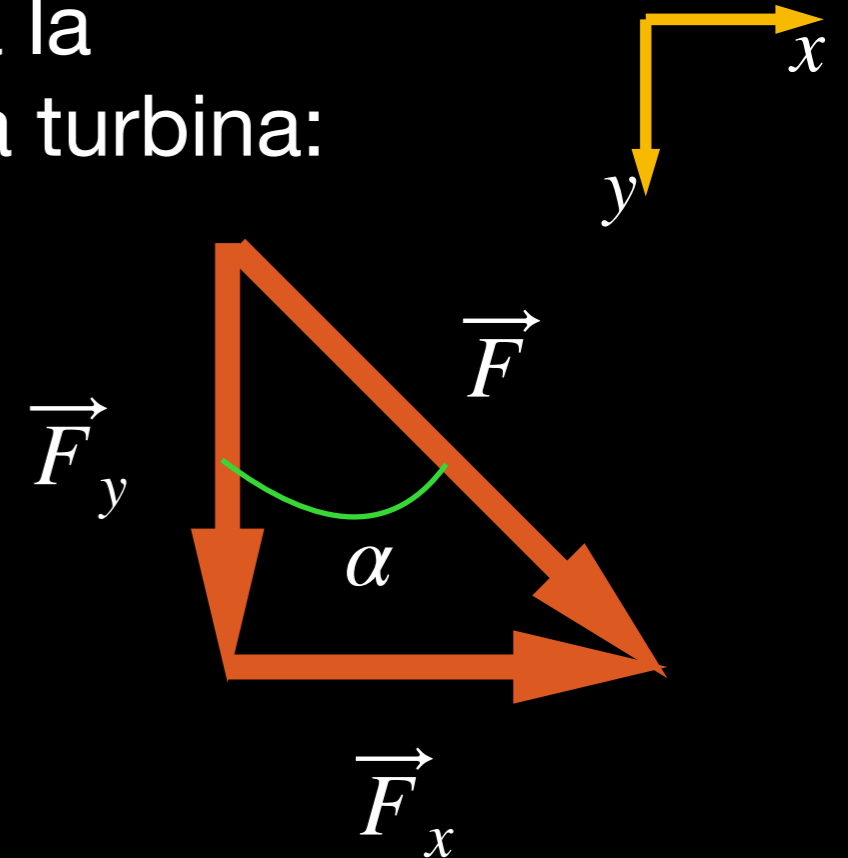
Dalla ipotesi di non considerare gli attriti  $\vec{F}_{y'} = 0$

Quindi  $\vec{F}$  è diretta ortogonale alla parete  $\vec{F} = \vec{F}_{x'} = \rho Q v_1 \cos \alpha$



Scomponendo  $\vec{F}$  nelle direzioni  $x$  ed  $y$ , si trova la componente responsabile della rotazione della turbina:

$$\vec{F}_x = \rho Q v_1 \cos \alpha \sin \alpha$$



$F_x$  massima per

$$\alpha = 45^\circ$$

# Rendimento

Nei sistemi tradizionali, il rendimento globale di un impianto è dato dal prodotto dei singoli rendimenti:

$$\mu_{tot} = \mu_g \mu_{el} \mu_o \mu_t$$

← Rendimento della trasmissione

← Rendimento organico

← Rendimento motore elettrico

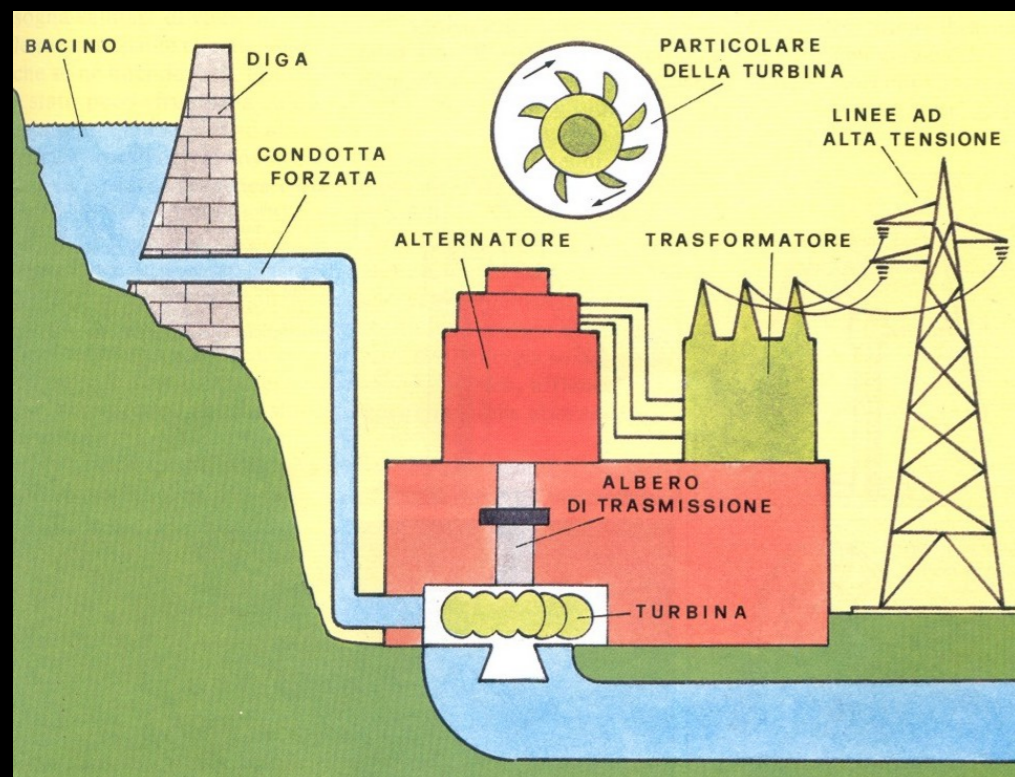
← Rendimento della turbina

$$\mu_g = \mu_m \mu_v \mu_i$$

← Rendimento meccanico

← Rendimento idraulico

← Rendimento volumetrico





# Magneti

## Tipologia

Nel caso del sistema ITEG la scelta del tipo di magneti è influenzata da aspetti costruttivi.

I magneti permanenti al neodimio sono tra i più efficienti in commercio, sono formati da una lega di boro (B), ferro (Fe) e neodimio (Nd).

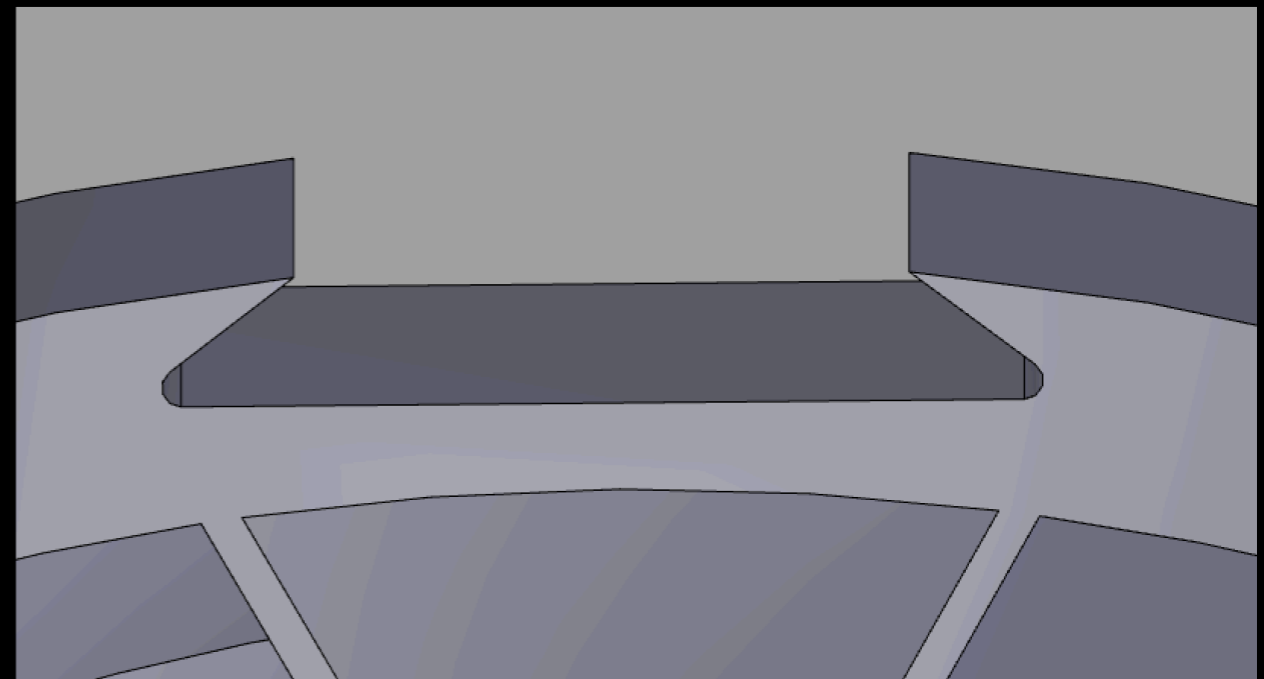
Pregi	Difetti
Alta efficienza	Fragilità
Facile reperibilità sul mercato	Punto di Curie relativamente basso (80°C)

## Fissaggio

Il metodo di fissaggio più in linea con la semplicità dell'ITEG è l'incastro a coda di rondine.

Tale metodo, in certi casi, può non essere sicuro a causa delle dilatazioni termiche. Per ovviare a tale problema si ricorre all'applicazione di uno strato di resina che comporta diversi vantaggi:

- Assicura il fissaggio dei magneti alla turbina,
- Maggiore resilienza agli eventuali urti e stress meccanici,
- Impermeabilizzazione,
- Diminuzione di rugosità,



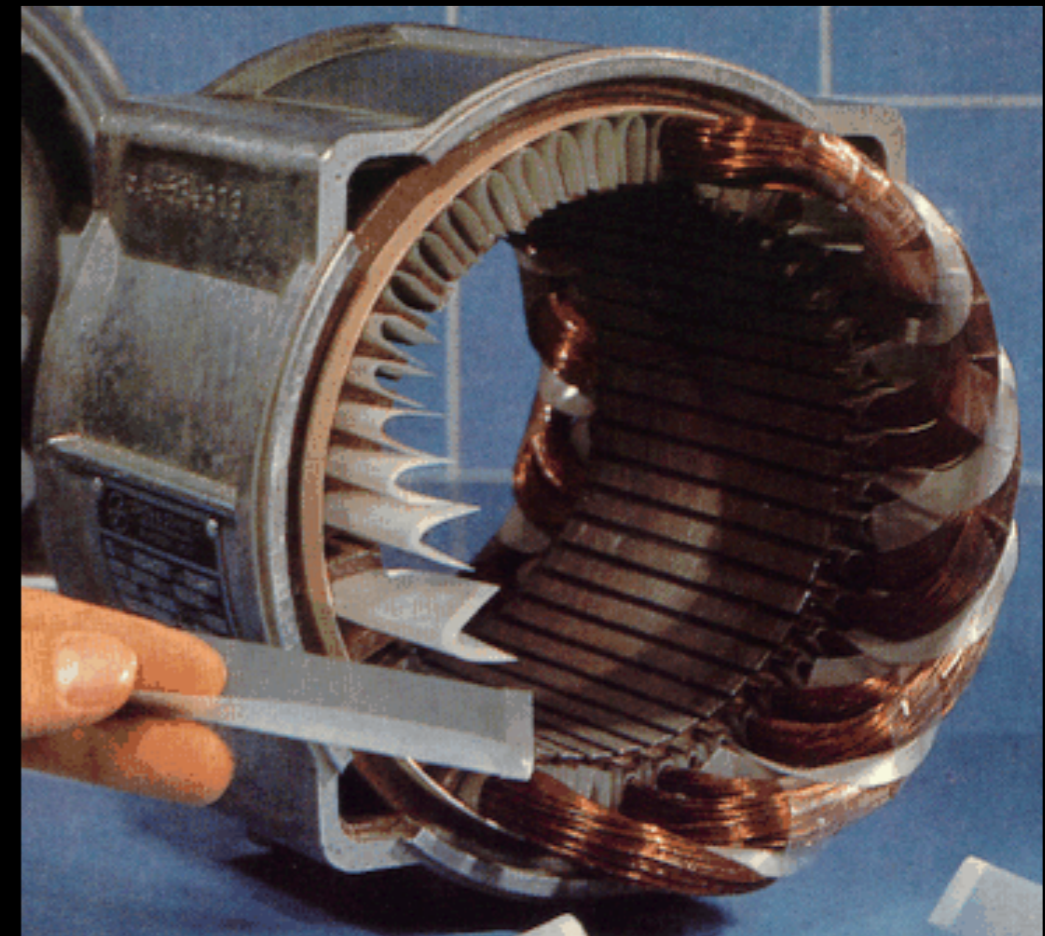
# Statore

Lo statore è la parte fissa e rappresenta il circuito indotto o induttore.

Nel sistema ITEG lo statore è montato sul tratto di tubazione in corrispondenza della turbina rotore.

Esso deve essere isolato dal fluido conduttore di elettricità per evitare cortocircuito.

Al fine di ovviare al problema della generazione di correnti parassite, la tubazione deve essere costituita da un materiale che non interagisca con il campo magnetico rotante della turbina.



# Possibili impieghi

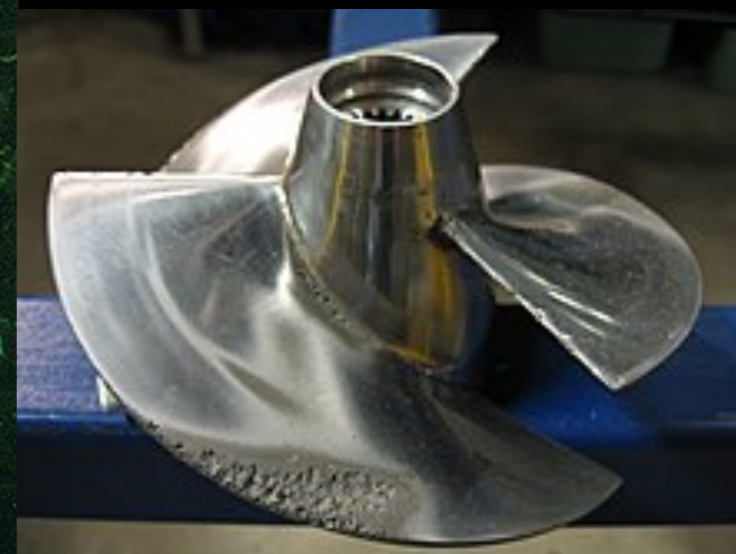
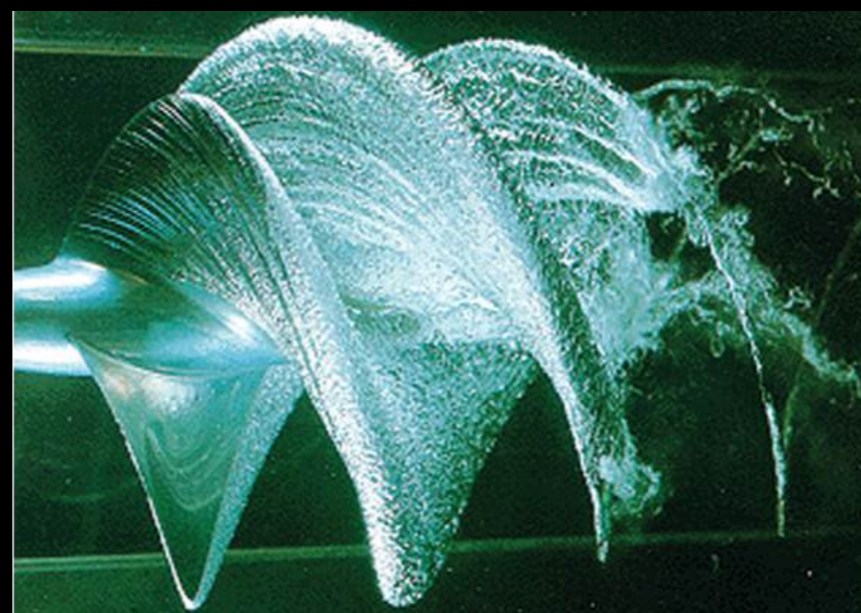
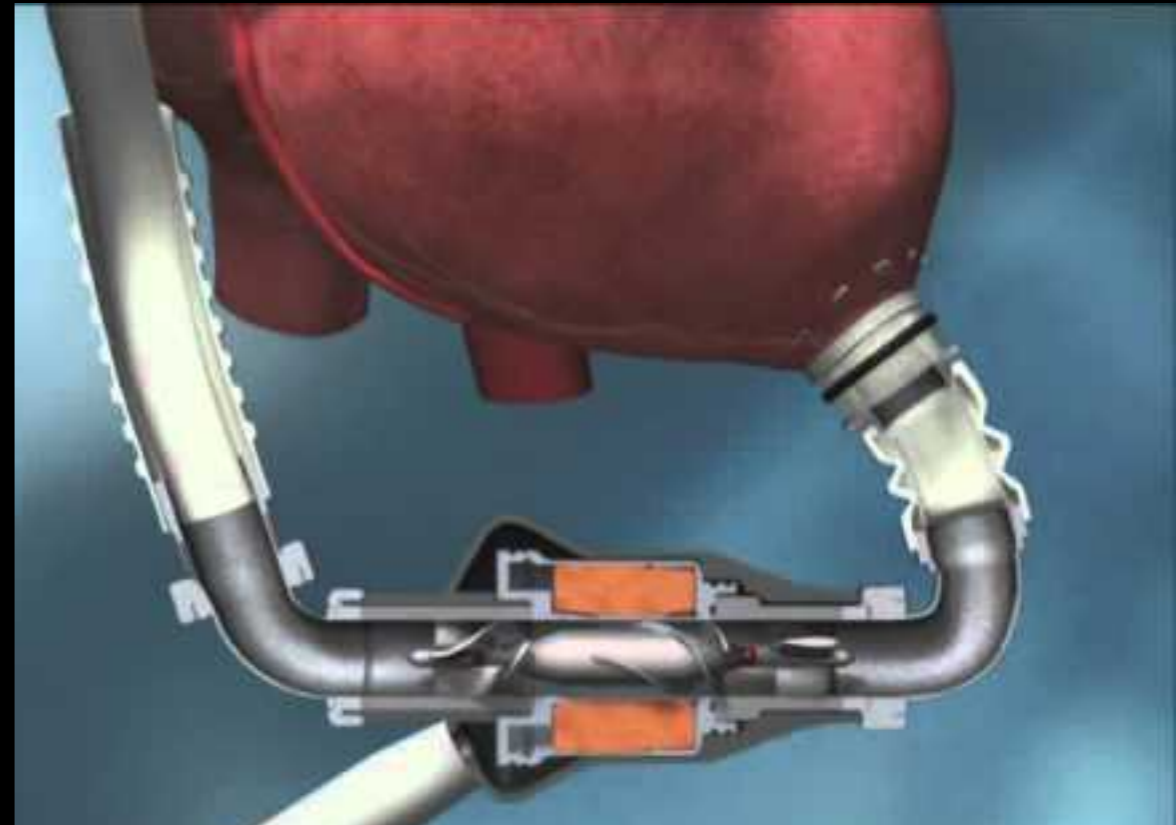
## Pompa

Le pompe sono macchine operanti con fluidi incomprimibili.

Dando corrente allo statore, l'ITEG trasforma l'energia elettrica in energia fluidodinamica.

Esso rientra nella famiglia delle “*Pump As Turbine*” (PAT), pompe reversibile a turbine e viceversa.

Va posta particolare attenzione al fenomeno della cavitazione.



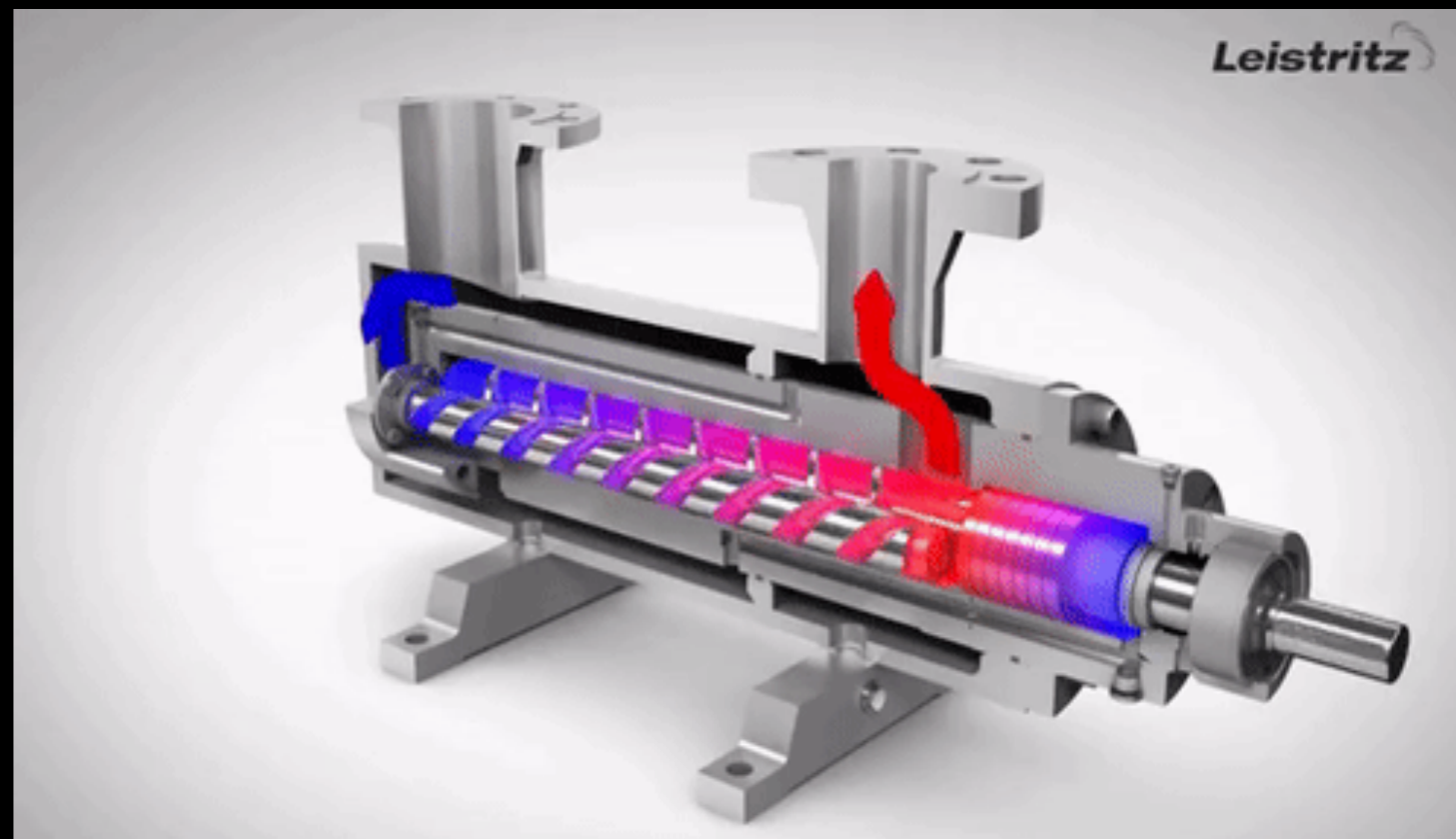
# Compressore

I compressori sono macchine operanti con fluidi comprimibili (gas).

Una progressiva diminuzione della sezione delle condotte, attua la trasformazione di energia da elettrica ad energia potenziale di pressione del gas:

Il fluido entra con una certa densità occupando tutto lo spazio e, procedendo all'interno delle condotte, il volume a disposizione diminuisce così che il fluido cambi la propria densità.

Per questo tipo di applicazione non è possibile sfruttare la spinta di Archimede, per cui il compressore-rotore deve essere calettato ad un albero di sostegno.



# Conclusioni

- L'estrema semplicità costruttiva,
- L'esigua richiesta di manutenzione,
- La moltitudine di possibili applicazioni,
- L'ottimo rendimento,
- La convenienza economica,
- La persistente necessità di nuove tecnologie e la continua espansione del campo delle macchine fluidodinamiche,

Sono alcuni degli aspetti che assicurano un futuro prospero al sistema

# ITEG

**Grazie a tutti per  
l'attenzione.**