

POLITECNICO DI TORINO



II Facoltà di Ingegneria
- Vercelli -

LE CARATTERISTICHE FUNZIONALI E I PROBLEMI DI ESERCIZIO DELLE MACCHINE IDRAULICHE

Corso di
Infrastrutture Idrauliche I



LE CARATTERISTICHE FUNZIONALI E I PROBLEMI DI ESERCIZIO DELLE MACCHINE IDRAULICHE

Argomenti trattati:

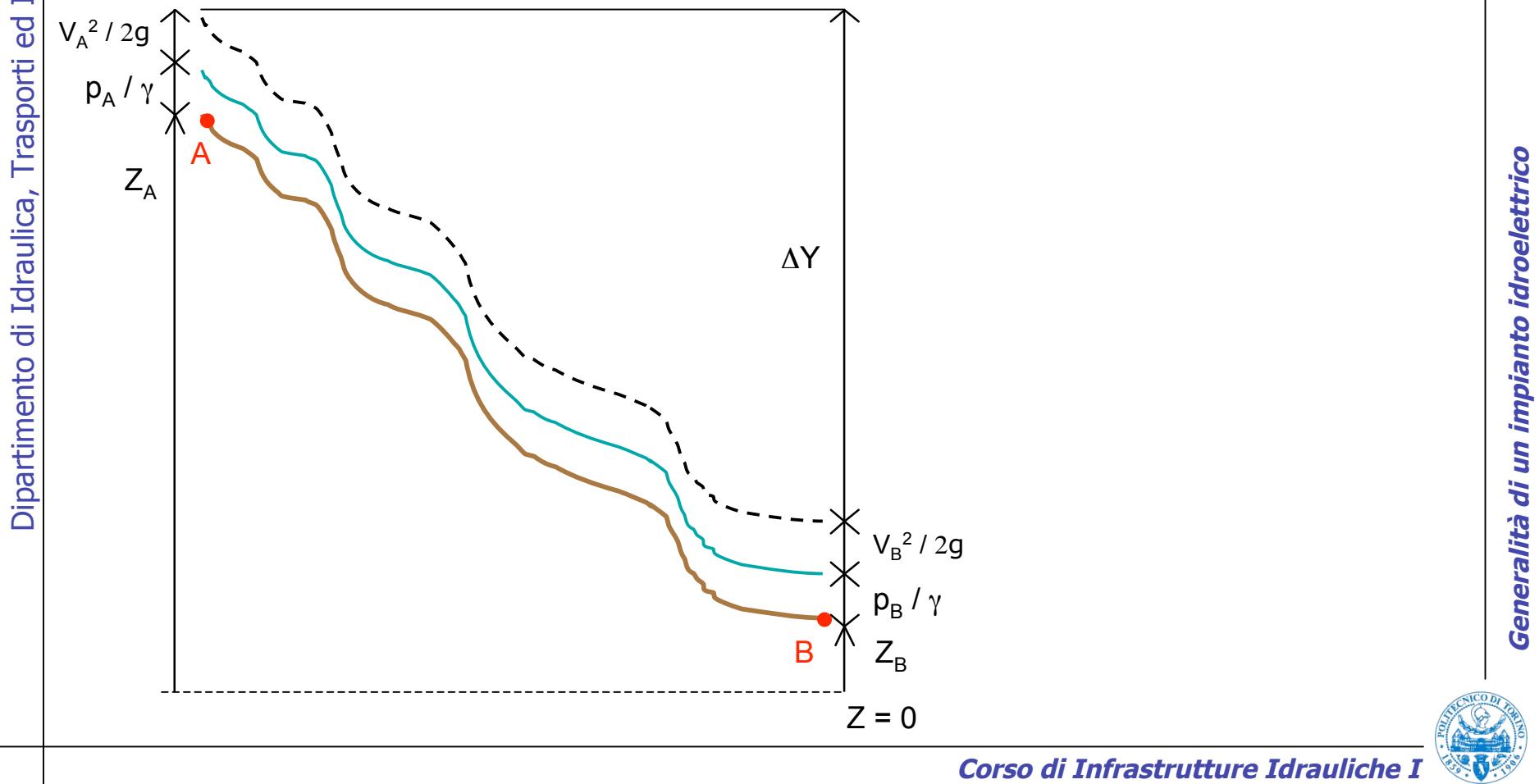
- 1 - Generalità di un impianto idroelettrico.
- 2 - Cenni descrittivi delle turbine idrauliche.
- 3 - L'equazione fondamentale delle turbine idrauliche e sue conseguenze.
- 4 - La similitudine delle turbine.
- 5 - Le curve caratteristiche di funzionamento delle turbine idrauliche.
- 6 - Il tubo aspiratore-diffusore



1 - GENERALITA' DI UN IMPIANTO IDROELETTRICO

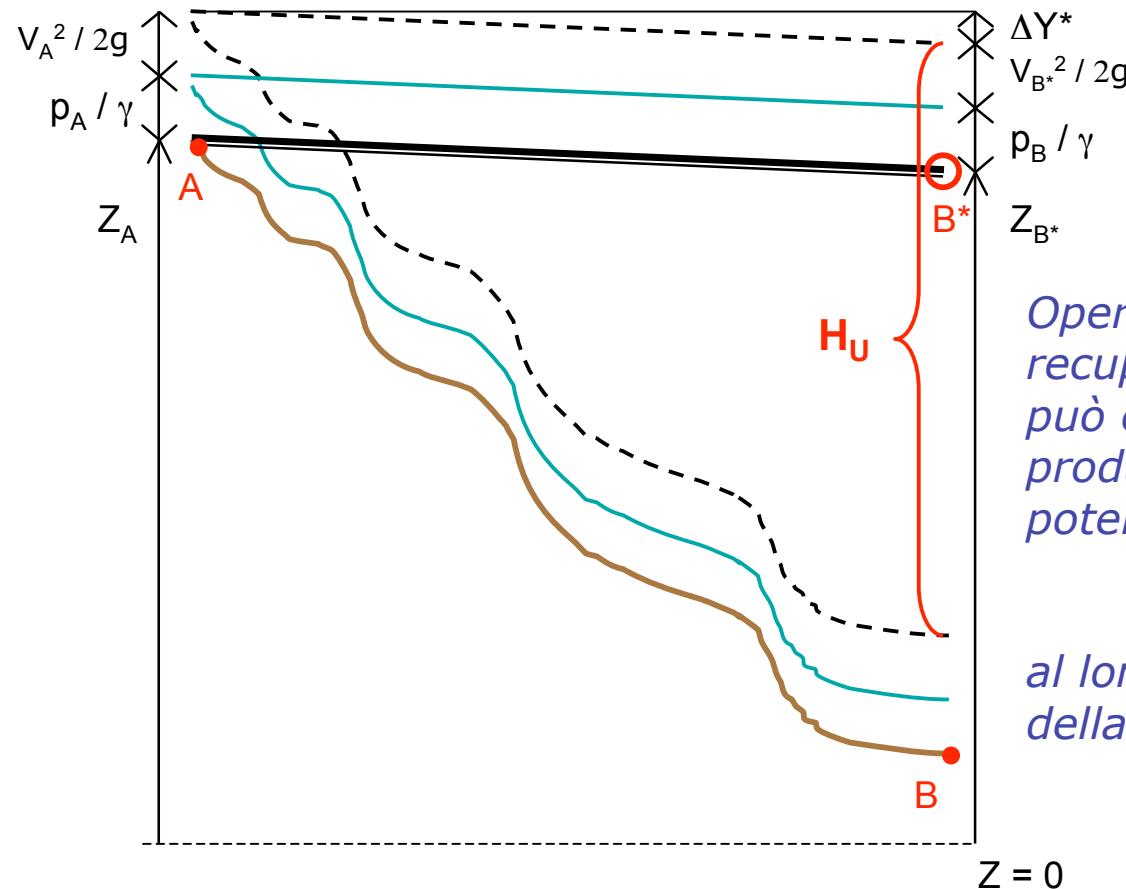
Teorema di Bernoulli tra 2 punti A e B di un corso d'acqua naturale:

$$Z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + \Delta Y$$



Introduco una condotta artificiale in sostituzione dell'alveo naturale in modo da ridurre le perdite:

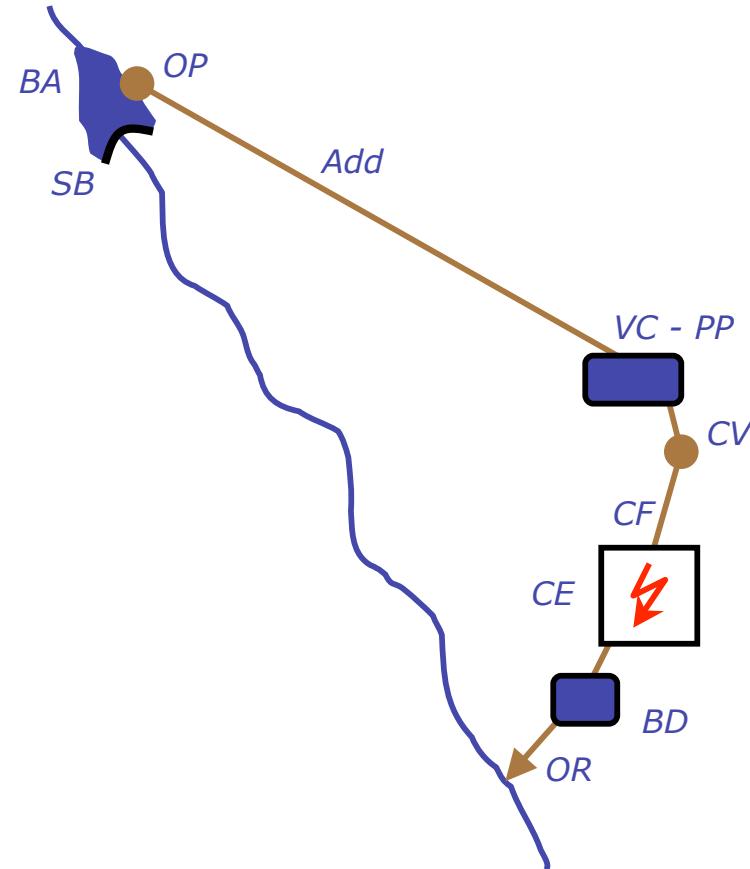
$$Z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_{B^*} + \frac{p_{B^*}}{\gamma} + \frac{V_{B^*}^2}{2g} + \Delta Y^*$$



Operando in questo modo si recupera un salto utile H_U che può essere utilizzato per produrre energia, sfruttando la potenza della corrente

$$P = \gamma \cdot Q \cdot H_U$$

al lordo del rendimento interno della macchina motrice.



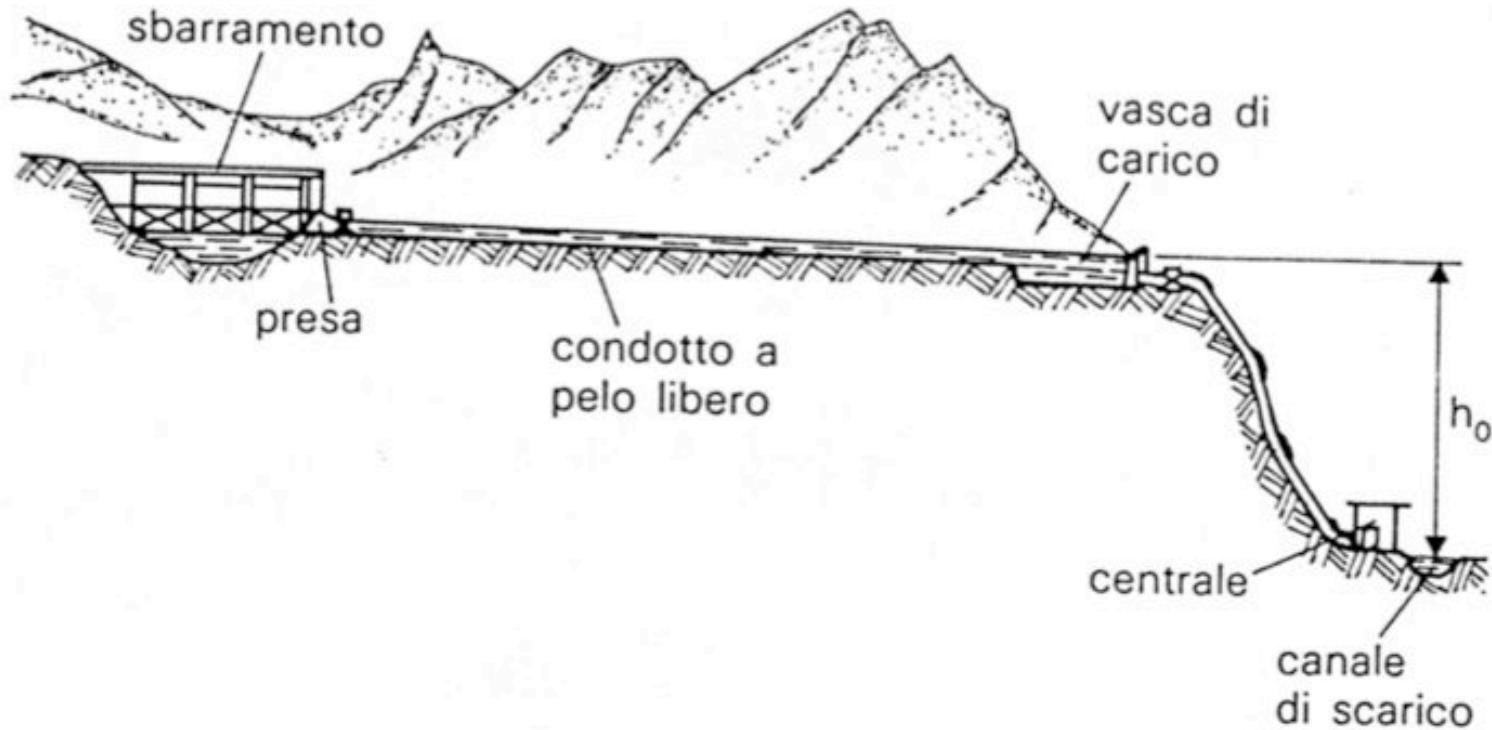
Elementi costituenti:

SB: sbarramento (diga, traversa,...)
BA: bacino di accumulo
OP: opera di presa
Add: condotta di adduzione
VC: vasca di carico
PP: pozzo piezometrico
CV: camera delle valvole
CF: condotta forzata
CE: centrale di produzione
BD: bacino di demodulazione
OR: opere di restituzione

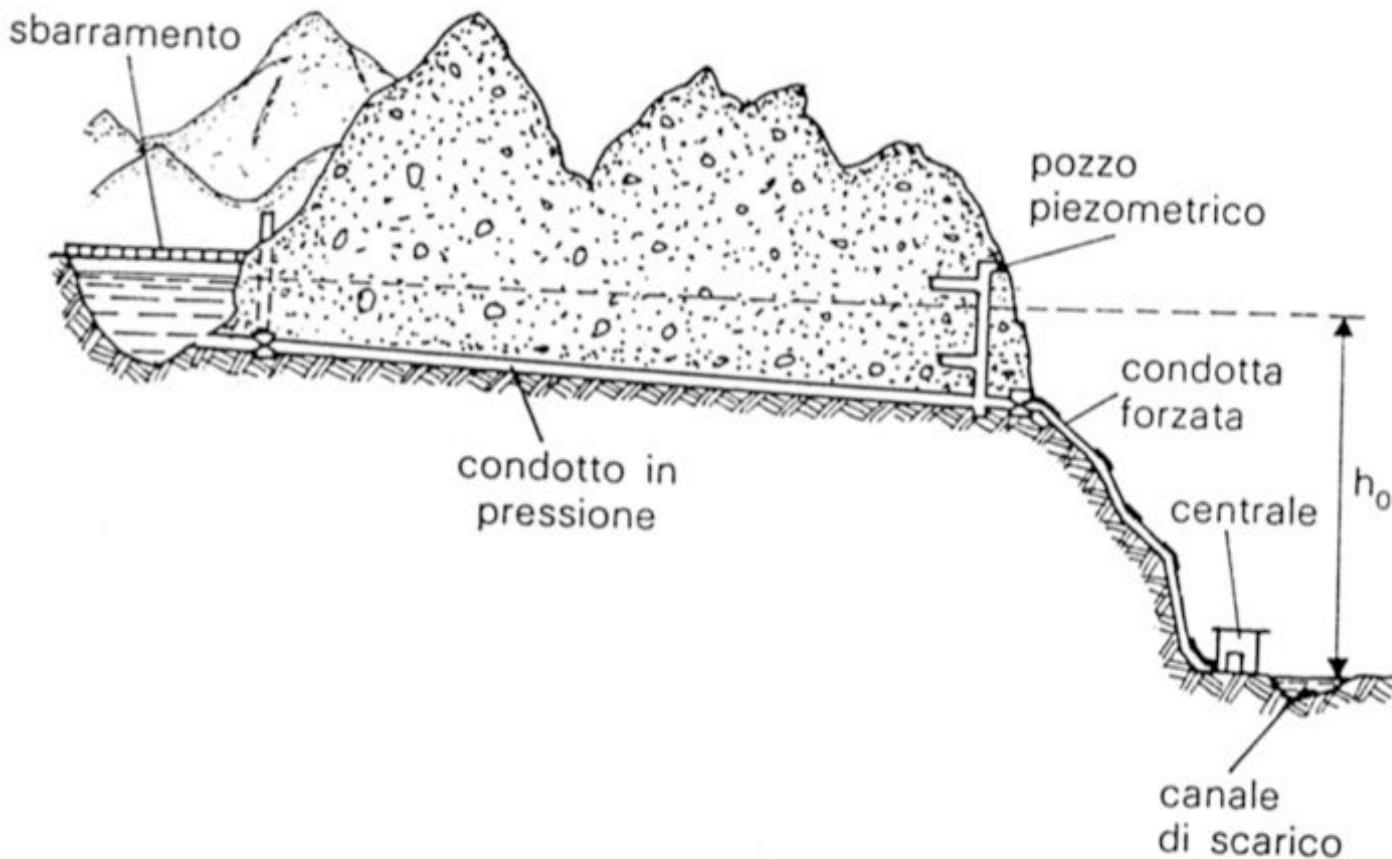
Opere accessorie:

Viabilità
Altre opere di servizio
Sistemazioni di versante
Sistemazioni fluviali

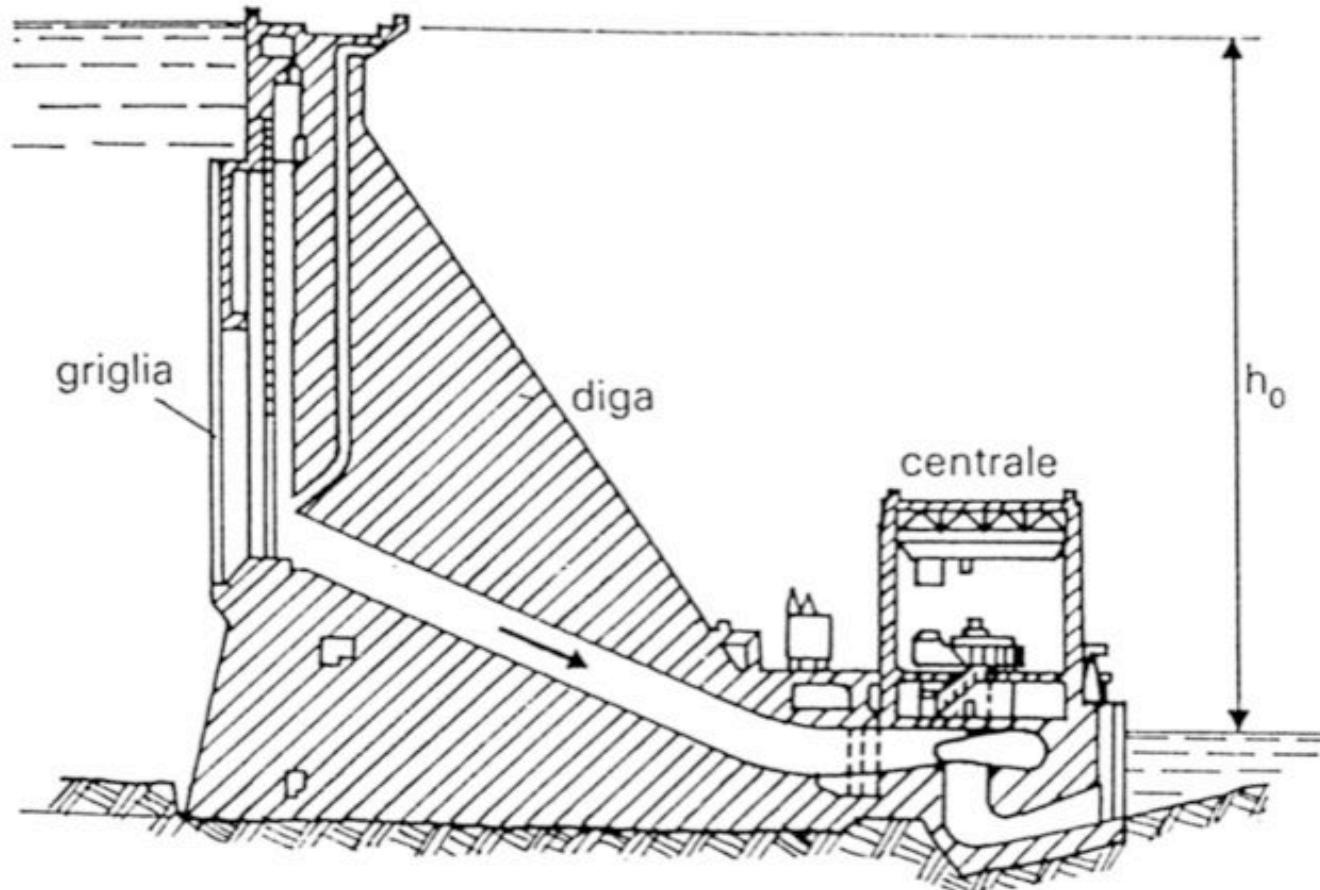
*Schemi di possibili impianti idroelettrici:
impianto con derivazione a pelo libero*



*Schemi di possibili impianti idroelettrici:
impianto con condotte in pressione*



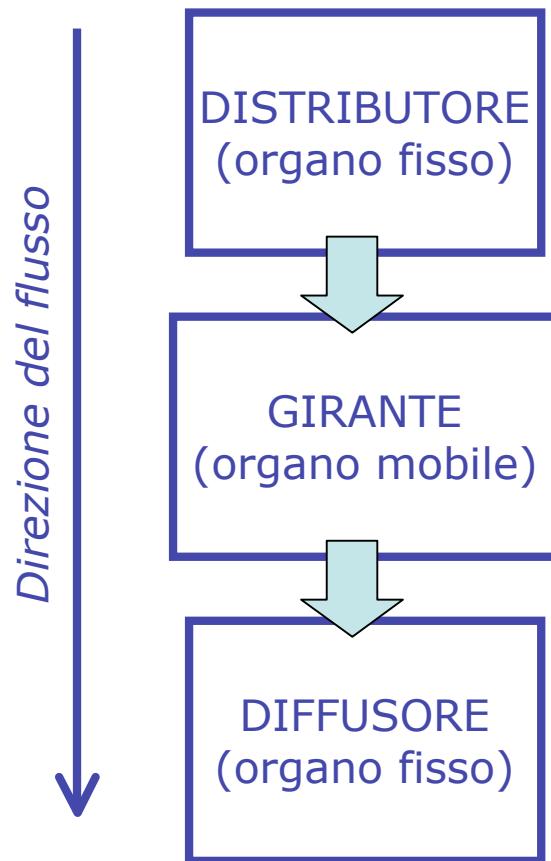
*Schemi di possibili impianti idroelettrici:
impianto a valle della diga di ritenuta*



Generalità di un impianto idroelettrico

2 - CENNI DESCRITTIVI DELLE TURBINE IDRAULICHE

Turbina idraulica: macchina motrice che trasforma l'energia cinetica e potenziale posseduta dall'acqua (considerata un *fluido incomprimibile*) principalmente in energia di tipo meccanico all'albero motore.

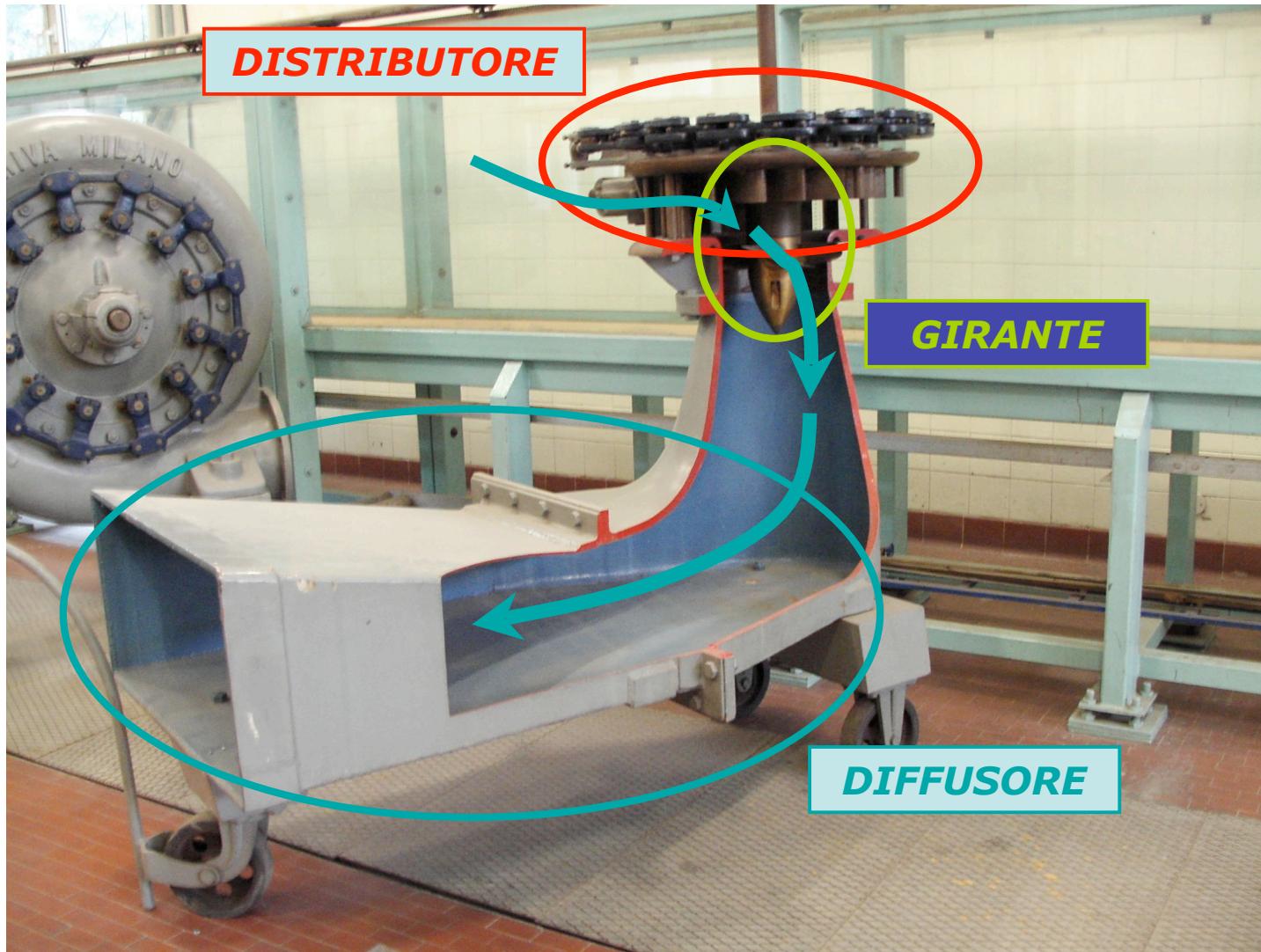


Distributore: indirizza la portata in arrivo alla girante imprimendole la corretta direzione; regola la portata secondo la potenza richiesta dalla macchina; provoca una trasformazione reciproca fra il termine cinetico e potenziale.

Girante: permette la conversione della potenza propria della corrente liquida in potenza "utile" all'albero motore.

Diffusore: oltre a collegare la macchina al canale di scarico, in alcuni tipi di turbine (turbine a reazione) permette di recuperare l'energia cinetica residua dell'acqua che esce dalla girante.

Turbina di tipo Kaplan



Cenni descrittivi delle turbine idrauliche



Tipologie di turbine: in base al grado di trasformazione dell'energia potenziale in energia cinetica, che avviene nel distributore, si ha la prima classificazione delle turbine.

*Quando la trasformazione da potenziale a cinetica avviene nel distributore in modo completo, la turbina si dice ad **azione**; nel caso in cui la trasformazione non sia completa la turbina si dice a **reazione**.*

*Per le turbine ad **azione**, la velocità V_0 d'uscita dal distributore è la velocità torricelliana*

$$V_0 = \sqrt{2g \cdot H_U}$$

e in tutto il percorso attraverso la girante l'acqua si trova alla pressione atmosferica.

*Per le turbine a **reazione**, la velocità V_0 d'uscita dal distributore è inferiore a quella precedente, presentando un valore*

$$V_0 = k_{V_0} \cdot \sqrt{2g \cdot H_U}$$

con $k_{V_0} < 1$.

All'ingresso della girante l'acqua conserva ancora una pressione εH_U , con $\varepsilon > 0$.





Trascurate le perdite di carico nel distributore, si esprime la costanza del carico effettivo tra la sezione precedente e successiva al distributore:

$$H_U = \frac{V_0^2}{2g} + \varepsilon \cdot H_U$$

da cui risulta

$$V_0 = \sqrt{2g \cdot (1 - \varepsilon) \cdot H_0}$$

Si ricavano così le seguenti definizioni:

$$k_{V_0} = \sqrt{(1 - \varepsilon)} \quad \text{coefficiente di velocità o velocità specifica}$$

$$\varepsilon = 1 - k_{V_0}^2 \quad \text{grado di reazione della macchina}$$

con le seguenti distinzioni

-Turbine ad azione..... $\varepsilon \approx 0$ $k_{V_0} \approx 1$

-Turbine a reazione

-A basso grado..... $\varepsilon \approx 0,30$ $k_{V_0} \approx 0,85$

-A medio grado..... $\varepsilon \approx 0,50$ $k_{V_0} \approx 0,70$

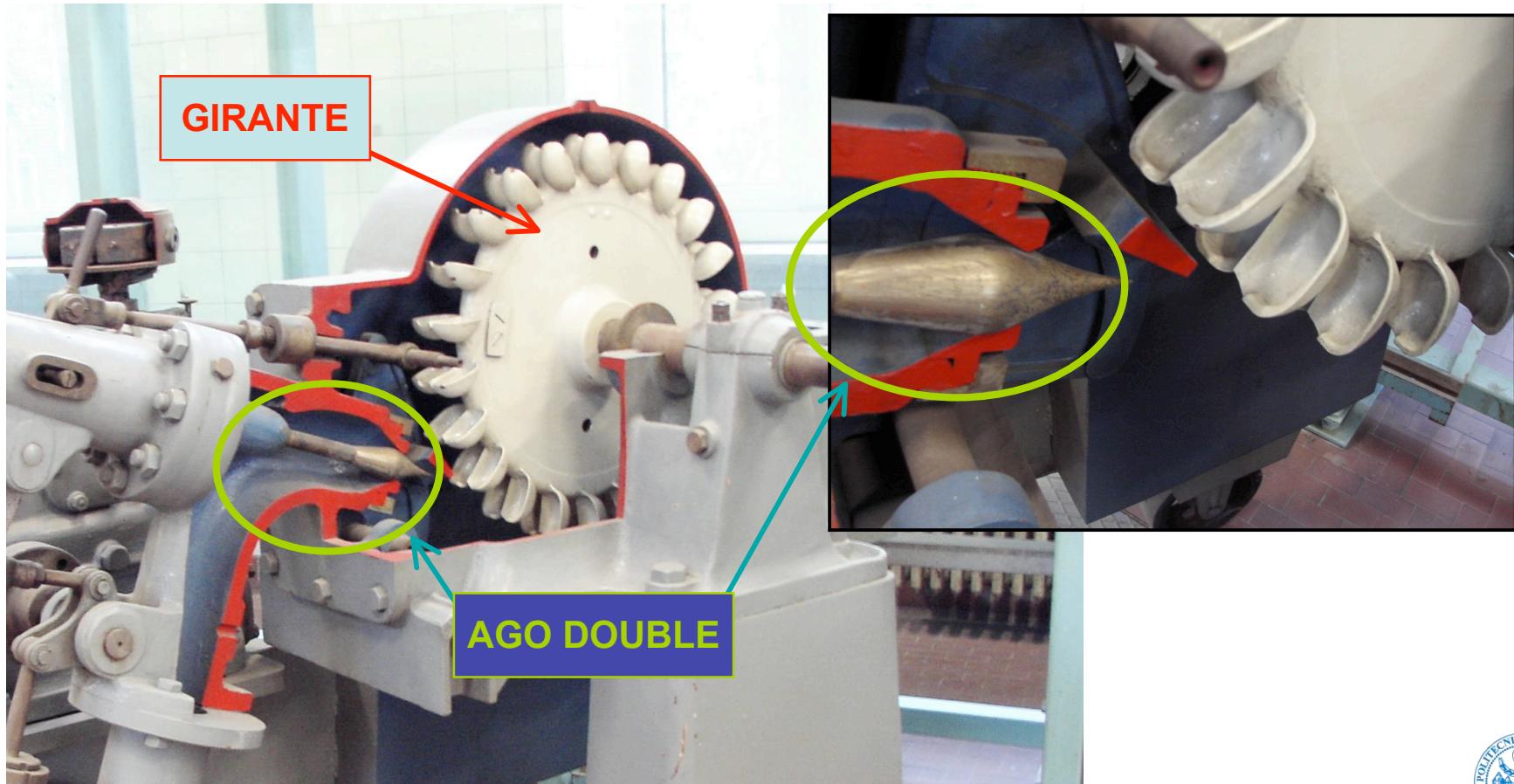
-Ad alto grado..... $\varepsilon \approx 0,70$ $k_{V_0} \approx 0,55$



Turbine ad azione: la turbina di tipo Pelton

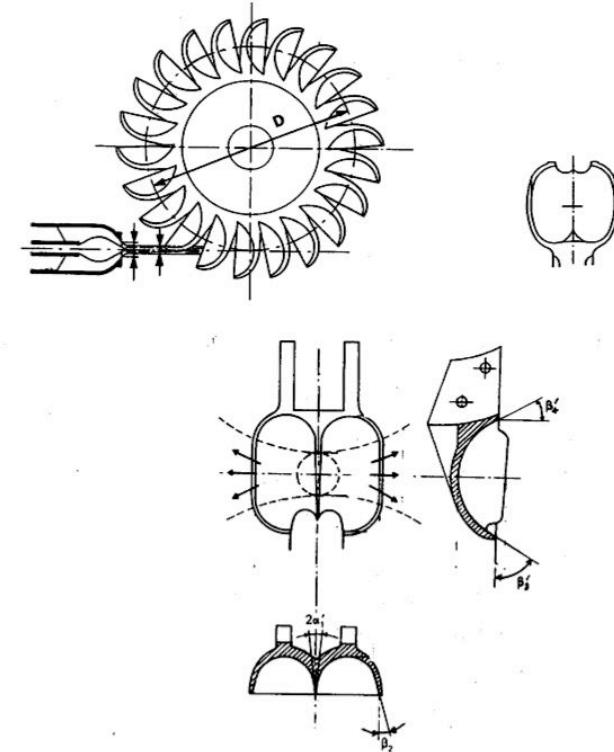
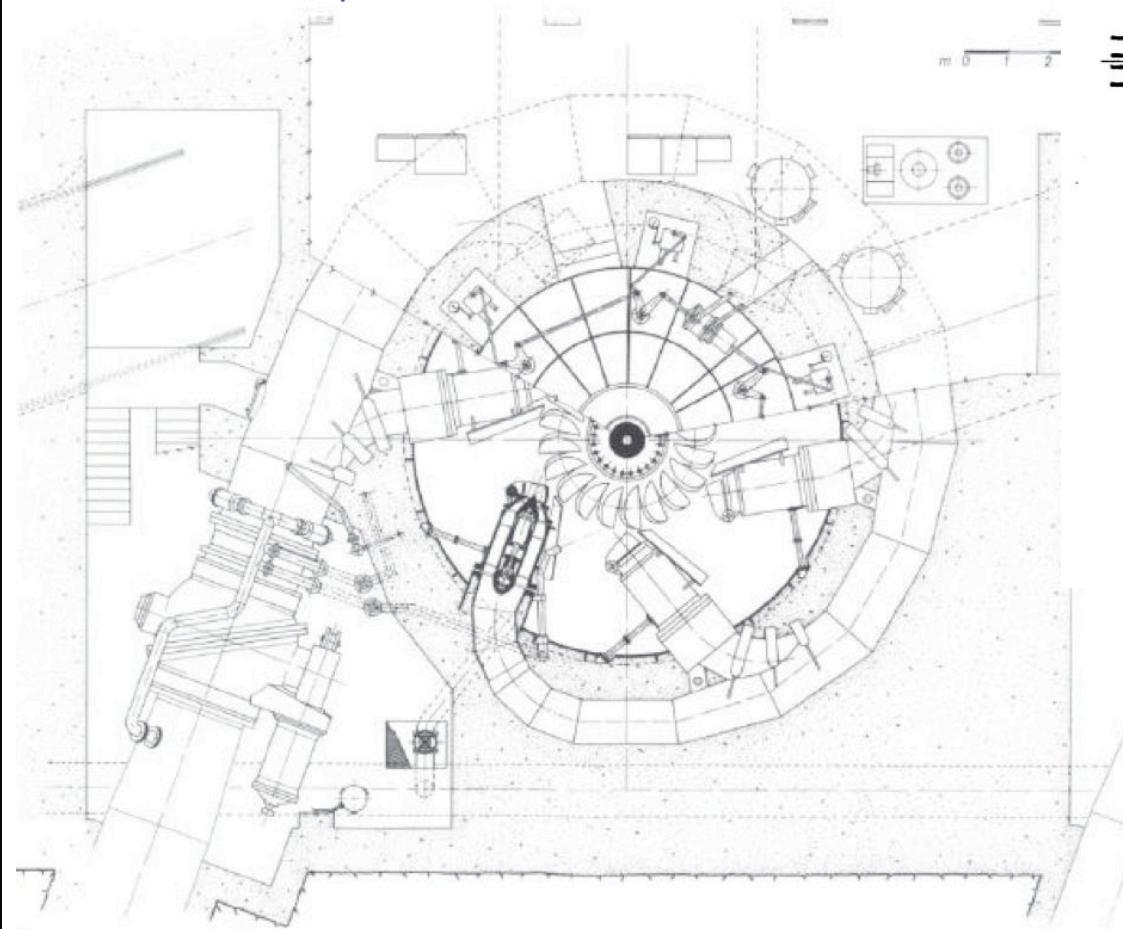
Caratteristiche principali:

- Utilizzata per elevate cadute e ridotte portate;
- Fluido ad alta pressione confinato in ambienti di piccole dimensioni
- Girante operante a pressione ambiente
- Trasformazione di tutto il salto disponibile nel distributore



Turbina di tipo Pelton

Distributore a spirale

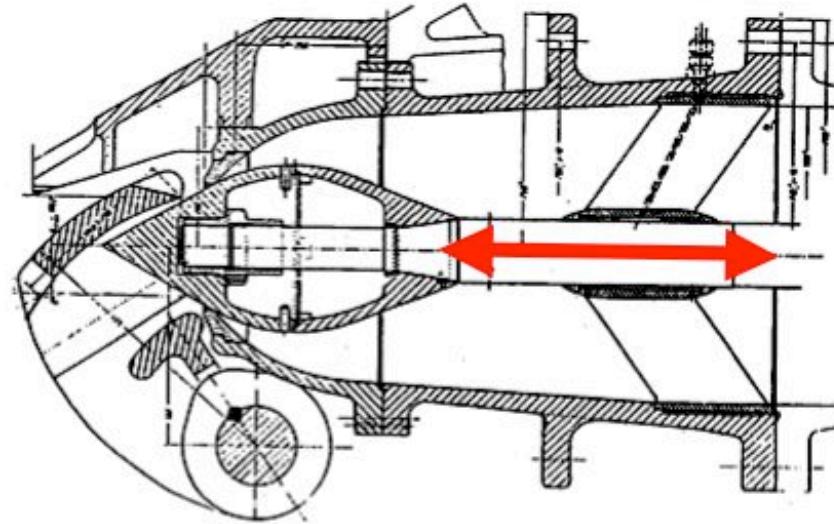


Forma della girante.
Può essere disposta sia
orizzontalmente che
verticalmente

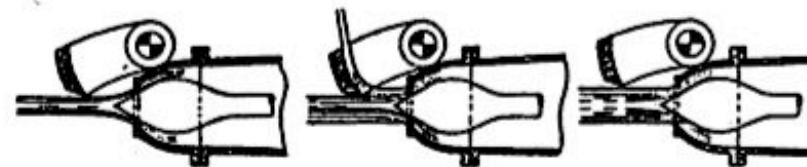
Turbina di tipo Pelton

Ago Double:

La regolazione della portata avviene variando assialmente la sua posizione.



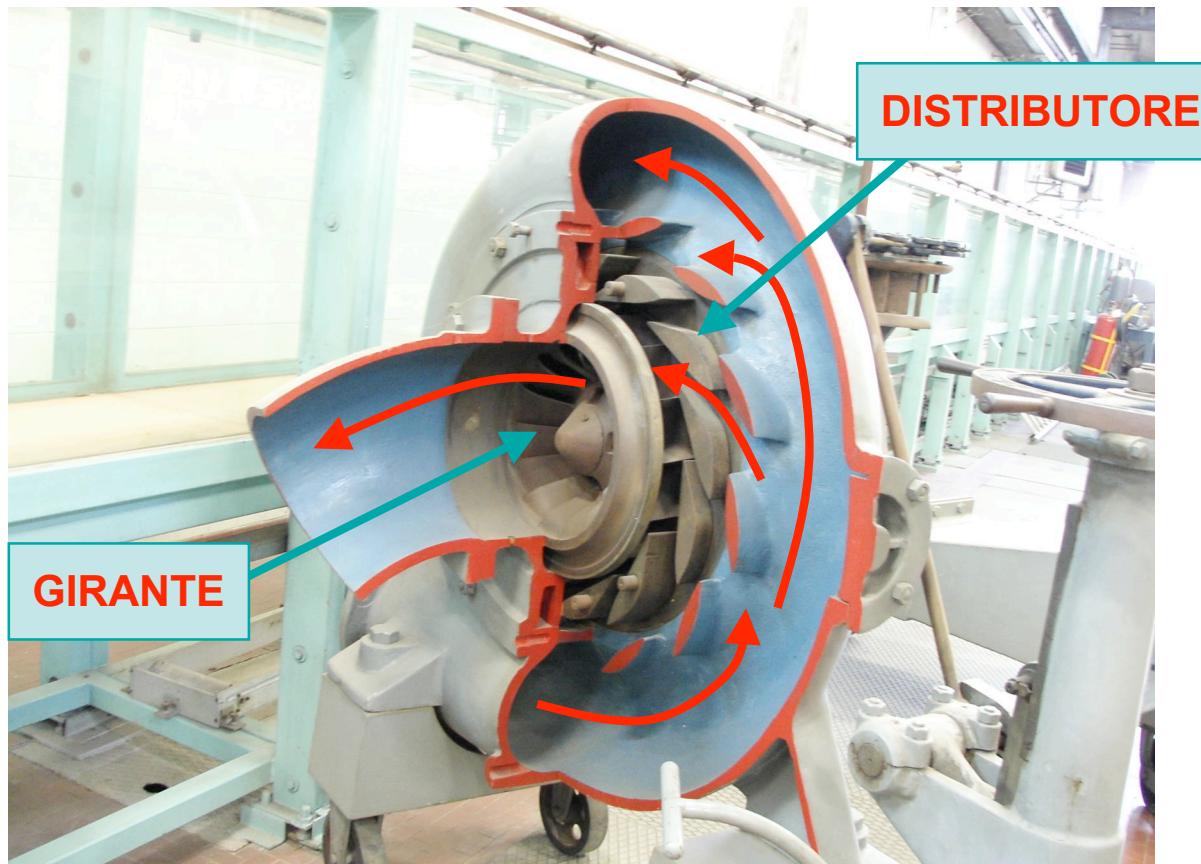
La regolazione improvvisa della portata avviene invece tramite il tegolo deviatore che devia il getto dell'acqua impedendo che questo colpisca la ruota.

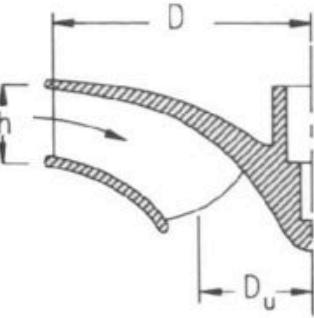


Turbine a reazione: la turbina di tipo Francis

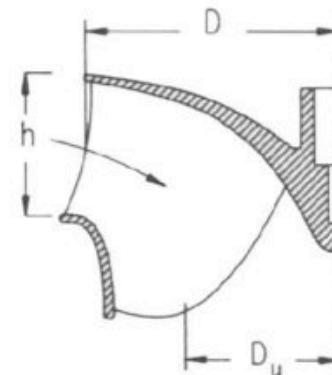
Caratteristiche principali:

- Utilizzata per elevate cadute (fino a circa 500 metri);
- Sono caratterizzate da un 'ingresso dell'acqua nella girante in direzione radiale e da uno scarico assiale;
- Lo sviluppo asso-radiale ed il loro grado di reazione è variabile.

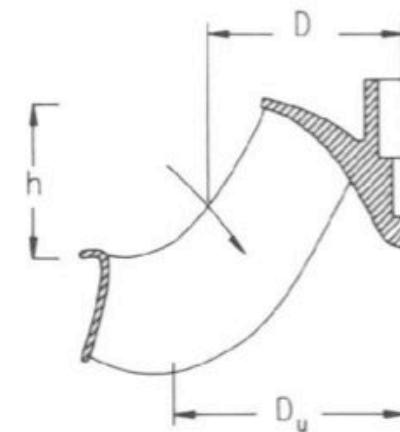




Turbina
LENTA/NORMALE
 $\epsilon = 0,30 - 0,50$
 $H = 200 - 300 \text{ m}$



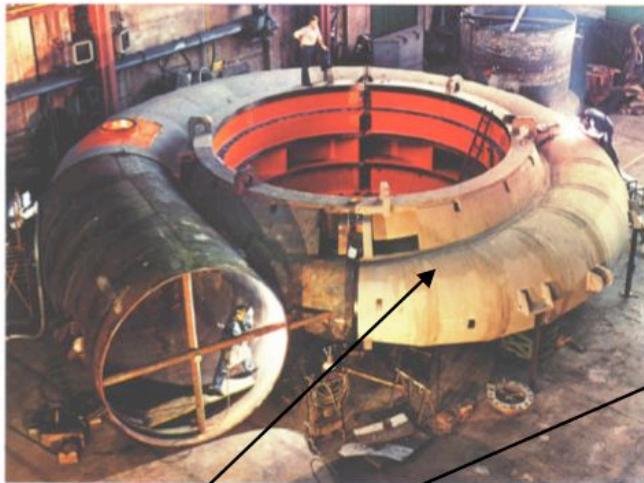
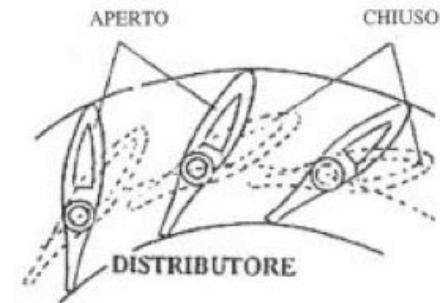
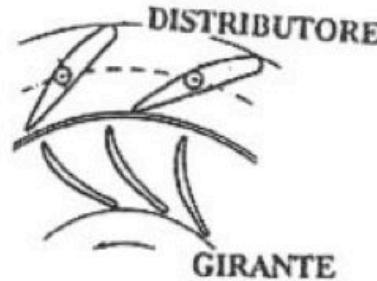
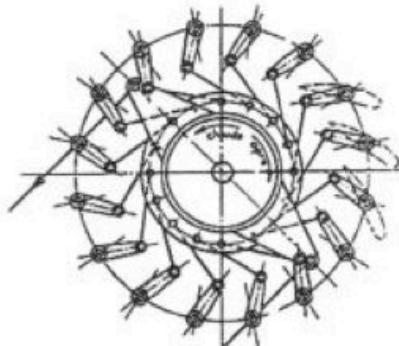
Turbina
VELOCE
 $\epsilon = 0,50 - 0,60$
 $H = 200 - 60 \text{ m}$



Turbina
ULTRA VELoce
 $\epsilon = 0,60 - 0,65$
 $H = 60 - 20 \text{ m}$

Turbina di tipo Francis

La regolazione si effettua attraverso l'anello di Fink. Questo permette di variare la sezione di gola delle pale del distributore.



Voluta
Girante
Palettature regolabili



Turbine a reazione: la turbina di tipo Kaplan

Caratteristiche principali:

- Elevato grado di reazione ($\epsilon = 0,70$);
- Il distributore devia l'acqua in modo che questa interessi la girante in direzione quasi assiale;
- Il numero delle pale è compreso tra 3 e 8. Queste sono quasi sempre regolabili.

