

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria dell'energia

Relazione per la prova finale

Panoramica sugli impianti idroelettrici di piccola taglia, sulle specificità e sui campi di funzionamento delle microturbine

Tutor universitario: Prof. Stoppato Anna

Laureando: Gasperin Lorenzo

Padova, 19/07/2022

I motivi che hanno portato alla scelta di questo argomento sono principalmente due:

La necessità di studiare e rinnovare le tecnologie per la produzione di energia
rinnovabile

La caratteristica tipica di questi impianti di adattarsi all'sito di installazione diminuendo
così gli impatti ambientali dovuti alla costruzione e al funzionamento degli stessi.

Categorizzazione:

-Potenza installata

Nessuna definizione unanimemente condivisa, ogni paese adotta una soglia propria.

Le indicazioni più seguite sono quelle del UNIDO, che indica i 10 MW come valore massimo per gli impianti di piccola taglia.

In Italia non c'è una denominazione definita, ma sotto la soglia dei 3 MW sono presenti delle agevolazioni sulla vendita dell'energia elettrica.

-Entità del salto

L'entità del salti idrico determina molte caratteristiche progettuali dell'impianto, inoltre è un parametro estremamente importante per la scelta della turbina.

Una possibile divisione può essere:

-impianti ad alto salto	$H > 100 \text{ m}$
-impianti a medio salto	$30 \text{ m} < H < 100 \text{ m}$
-impianti a basso salto	$H < 30 \text{ m}$

Categorizzazione:

-Entità dell'accumulo possibile

Impianti ad acqua fluente:

Non è presente alcun sistema di accumulo, la produzione dell'impianto è strettamente legata al regime idrogeologico del corso d'acqua.

Caratterizzati da opere relativamente modeste e minimi impatti ambientali.

Possibilità di una gestione quasi completamente automatizzata.



Categorizzazione:

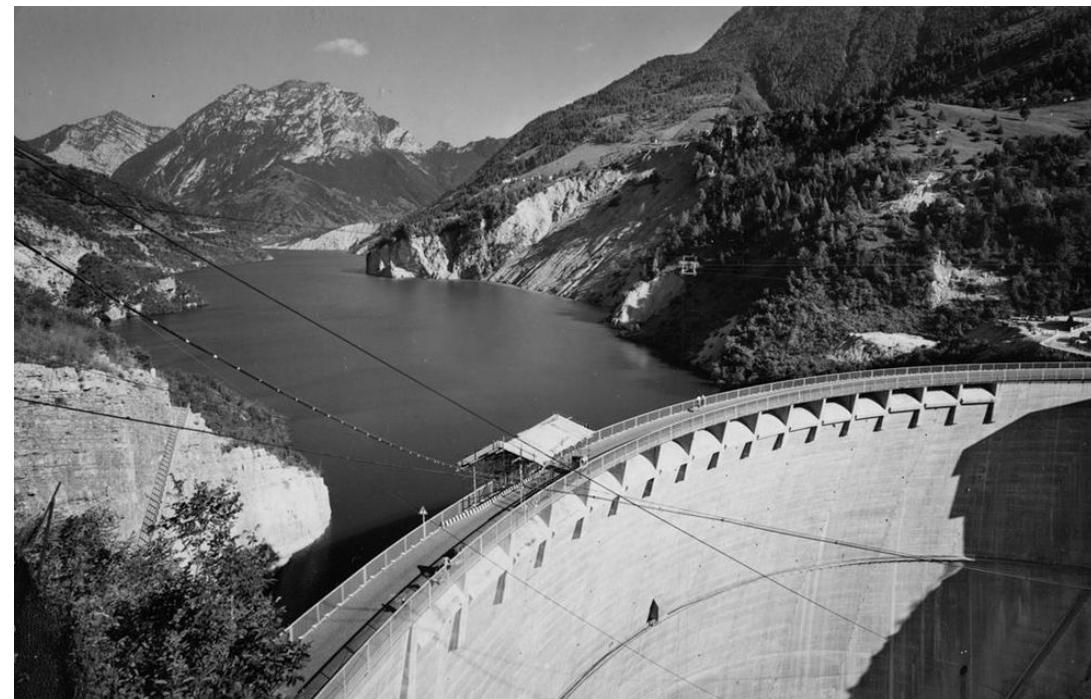
-Entità dell'accumulo possibile

Impianti a deflusso regolato:

Hanno la possibilità di accumulare grandi quantità d'acqua, potendo così fare fronte a variazioni del regime idrogeologico del corso d'acqua.

Caratterizzati da opere molto impattanti e costose.

Si rende necessario un sistema di sorveglianza più complesso e la presenza di personale.

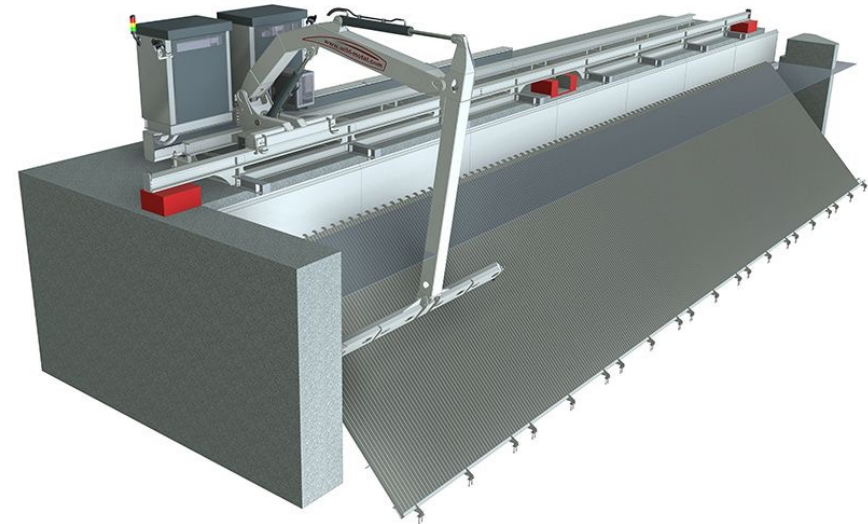


PARTICOLARITÀ PROGETTUALI E DI GESTIONE

Essendo caratterizzati da una modesta produzione, è necessario che la loro progettazione non si concentri solamente sulla massimizzazione del rendimento e della produttività, ma punti al miglior sfruttamento possibile della risorsa presente.

Si tende quindi a minimizzare il più possibile gli impatti ambientali e sociali del progetto, tenendo in considerazione anche i costi. Ciò anche a costo di una diminuzione del rendimento.

Da punto di vista gestionale si massimizza, ove possibile, l'automazione, semplificando al massimo le operazioni di verifica e diminuendo le mansioni necessariamente svolte da personale umano.



POSSIBILI SITI D'INSTALLAZIONE

In ragione della loro grande varietà di configurazioni, questi impianti sono installabili in siti molto diversi tra loro:

- Costruzione di un nuovo impianto, in presenza di alti salti con scarsa portata o salti minimi con portate importanti.
- installazione di turbine in canali irrigui oppure in condotte di fornitura di acqua potabile.
- In concomitanza di barriere, bacini o qualsiasi altra struttura già esistente



Le turbine idrauliche

Categorizzazione:

Prima categorizzazione in base al range di salto e portata elaborabili.

Un'altra categorizzazione si basa sul principio di funzionamento:

- Macchine ad azione

 - Lavorano a pressione atmosferica

 - Maggiore facilità nella regolazione grazie all'utilizzo del tergolo deviatore

 - Perdite di energia utile dovute al livello della girante oppure alla velocità in uscita

- Macchine a reazione

 - Lavorano in pressione

 - Regolazione particolarmente critica per la possibilità del colpo d'ariete

 - Possibile cavitazione a valle della turbina

 - Perdite di energia molto minori

Le turbine idrauliche

Differenze tra turbine tradizionali e microturbine:

È errato pensare ad una microturbina come ad una turbina tradizionale miniaturizzata.

Si tende a semplificare la geometria per ottenere lavorazioni meno costose, anche a costo di una riduzione del rendimento, per esempio:

- Per le turbine Pelton si utilizzano geometrie dei cucchiai molto più semplici, per esempio a gabbia cilindrica
- Per le turbine Francis è possibile eliminare il predistributore oppure utilizzarne uno a pale piane. In particolari casi è possibile utilizzare la girante di una pompa centrifuga, diminuendo così di molto i costi.
- Nel caso di turbine ad elica si diminuisce la svergolatura oppure si utilizzano palettature rotoriche o statoriche fisse.

Scelta della velocità di rotazione

Tradizionalmente la velocità di rotazione della turbine è strettamente determinata dal numero di giri per minuto imposti dal generatore. Ciò non sempre porta ad uno sfruttamento ottimale della risorsa idrica presente.

È possibile, sfruttando l'elettronica di potenza, svincolare questi due parametri l'uno dall'altro:

- Si utilizza un generatore sincrono eccitato a 50 Hz che segue la rotazione ottimale per la turbina, la potenza generata viene fatta passare attraverso uno stadio di conversione per essere riportata ai valori di rete.

- Si utilizza un generatore sincrono eccitato attraverso uno stadio di conversione, in modo tale da generare la potenza in condizioni di rete desiderate e mantenere la velocità ottimale per la turbina.

Microturbine ad azione

Le turbine Turgo:

Il loro funzionamento si avvicina molto a quello delle Pelton, ma in questo caso l'ugello non è posizionato sul piano radiale della girante. In questo modo il getto investe più pale contemporaneamente, aumentando la portata elaborata ma diminuendo leggermente il rendimento. È anche possibile utilizzare acqua relativamente melmosa senza compromettere il funzionamento.

Sono utilizzate per alti alti, con massimi minori di quelli delle Pelton (250/300 m)

Il rendimento massimo risulta minore di quello delle Pelton, e i valore rimangono stabili fino al 20% della portata nominale.



Microturbine ad azione

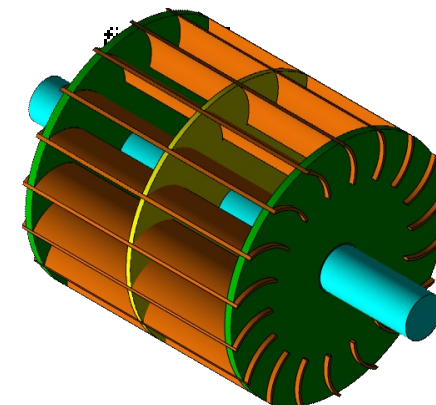
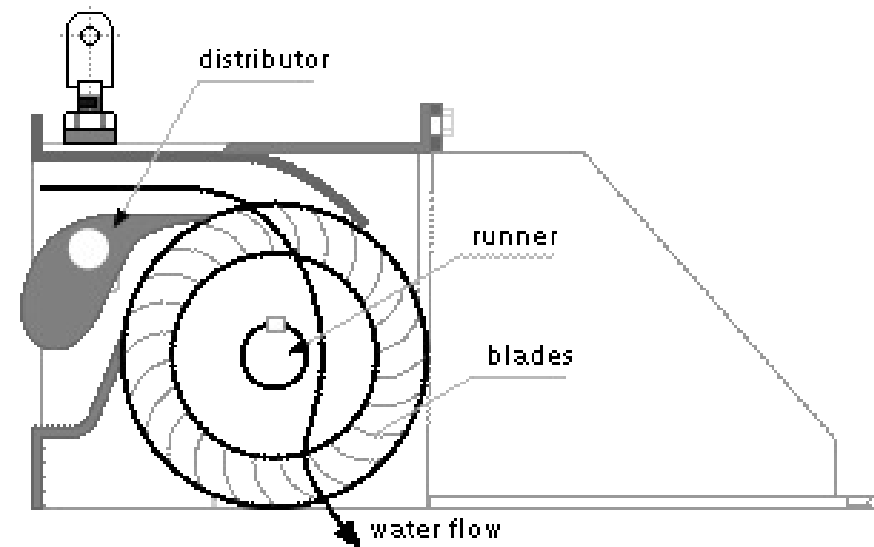
Le turbine Cross-flow:

Sono caratterizzate da una maggiore facilità costruttiva e quindi minor costo, ma vengono utilizzate per potenze ridotte per cui sono poco conosciute.

Essendo macchine ad ingresso radiale, il fluido attraversa due volte il rotore prima di essere espulso. La struttura è sottoposta a importanti sforzi meccanici che possono portare a problemi di affidabilità.

Possono elaborare una vasta gamma di portate, ma hanno limiti al salto massimo di circa 200 m dovuti agli sforzi impressi sulla girante.

Il rendimento ha valori massimi modesti, ma si mantiene anche con grosse variazioni di portata, fino al 10% della nominale.



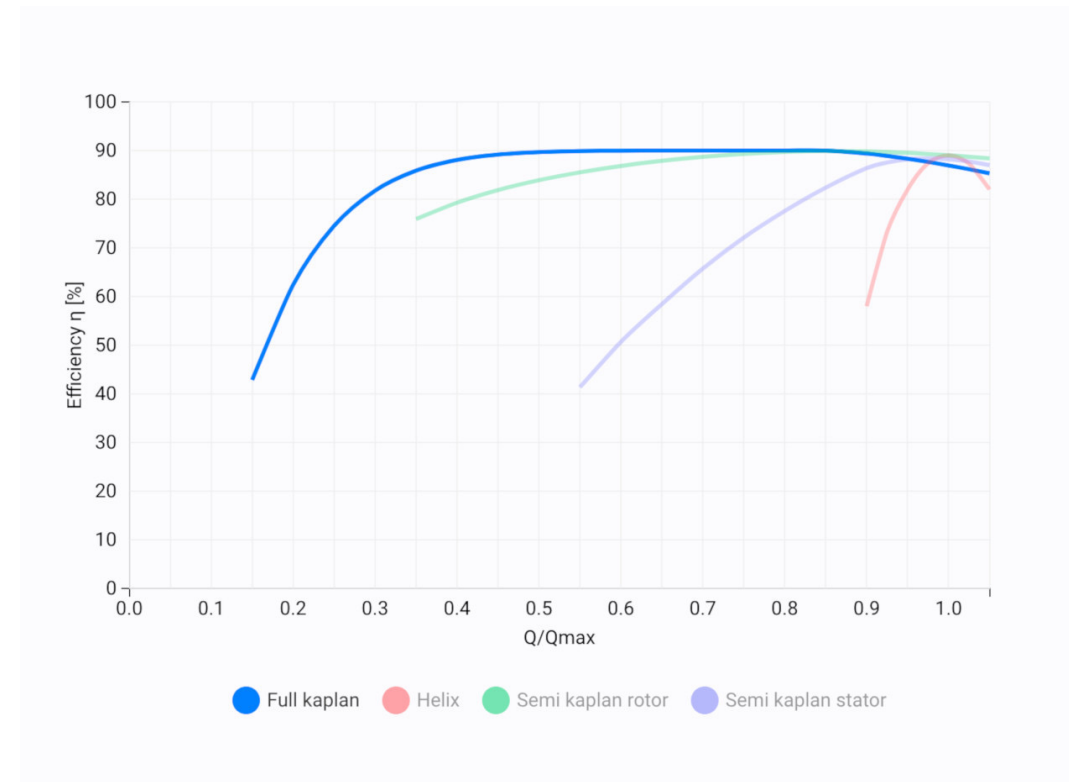
Microturbine a reazione

Le turbine a elica:

Con il termine turbine ad elica si definisce un'intera famiglia di macchine a flusso assiale, caratterizzate dalla particolare forma della pala detta svergolata. Per migliorare il funzionamento a regime parziale si possono trovare modelli con angoli variabili della palettatura rotorica, di quella statorica, oppure in alcuni casi di entrambe.

Sono particolarmente adatte ad operare con bassi salti e portate molto elevate.

Hanno un buon rendimento massimo ed un comportamento a regime parziale che migliora considerevolmente con la doppia regolazione.



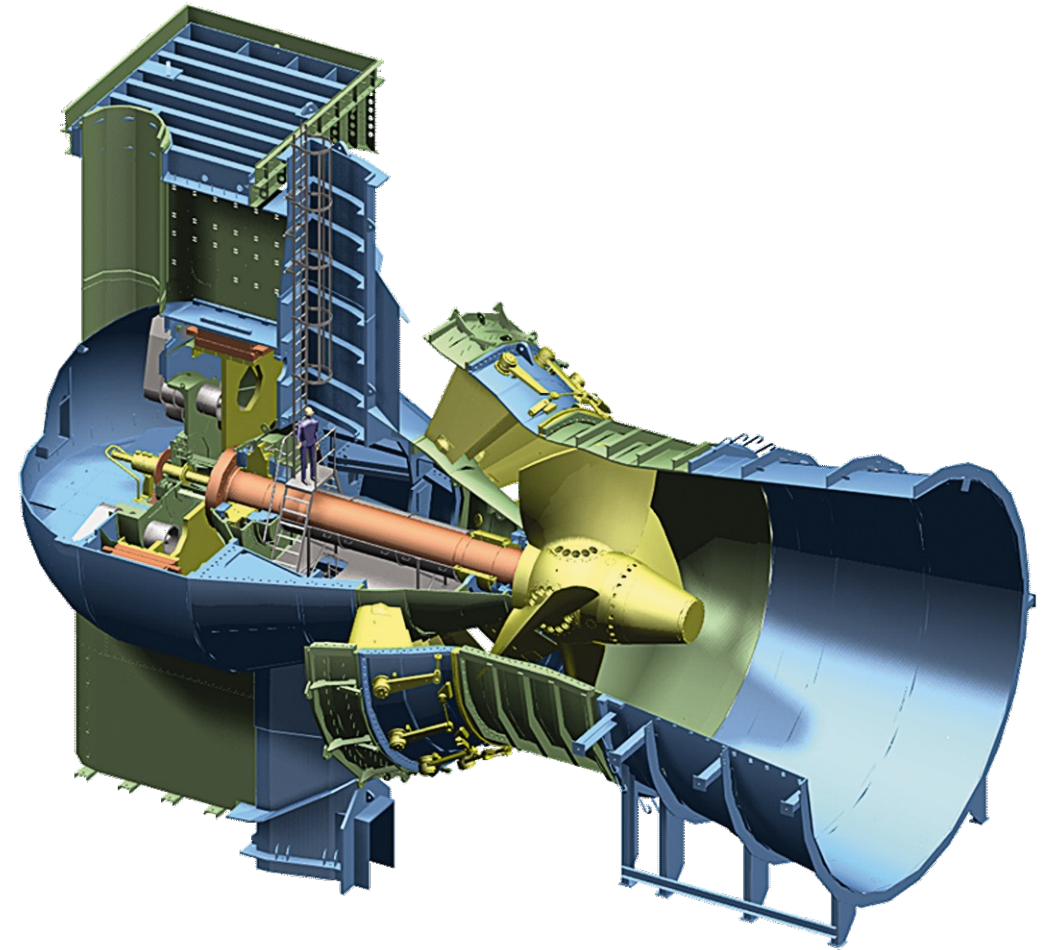
Microturbine a reazione

Le turbine a elica:

Queste macchine sono particolarmente sensibili alle perdite dovute al turbolenze e cambi di direzione improvvisi a monte della macchina. Per diminuire questi aspetti si utilizzano le turbine intubate, che stabilizzano notevolmente il flusso fluido

Un'altra problematica è la connessione con il generatore attraverso l'albero di trasmissione, che inevitabilmente attraversa il fluido. Inoltre si avrà necessariamente una deviazione brusca delle condutture per fare spazio all'alloggiamento della macchina elettrica.

Per risolvere questo problema si utilizzano le turbine a bulbo, in cui tutte le strumentazioni elettriche vengono posizionate all'interno di una camera stagna collegata direttamente alla turbina.



Microturbine a reazione

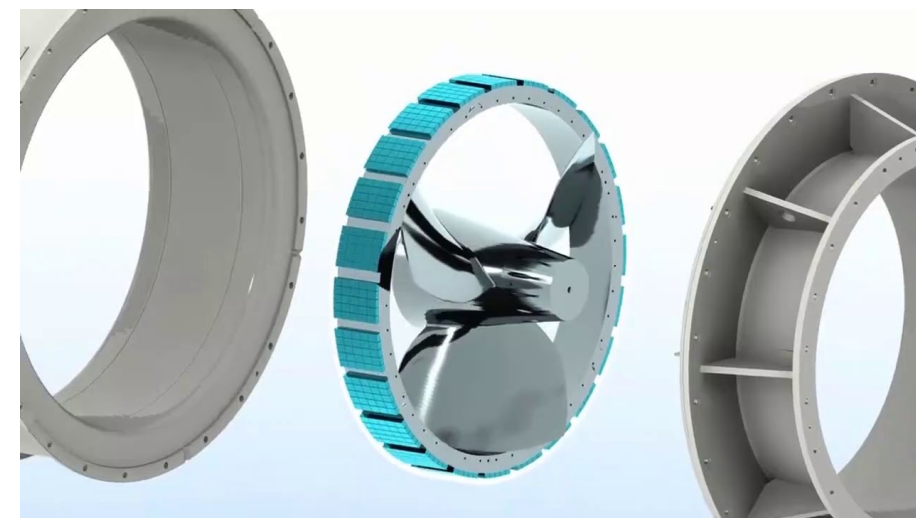
Turbine Straflo:

Queste turbine sono turbine ad elica, studiate per minimizzare il più possibile le variazioni di direzione imposte al flusso.

Invece dell'utilizzo del sistema a bulbo, si monta lo statore della macchina elettrica sulla struttura di contenimento della turbina, mentre il rotore viene fissato direttamente alla girante.

Il loro campo di funzionamento è estremamente simile a quello delle turbine ad elica.

Per migliorarne ulteriormente il comportamento solitamente queste turbine vengono intubate.



Macchine a gravità: le viti idrauliche

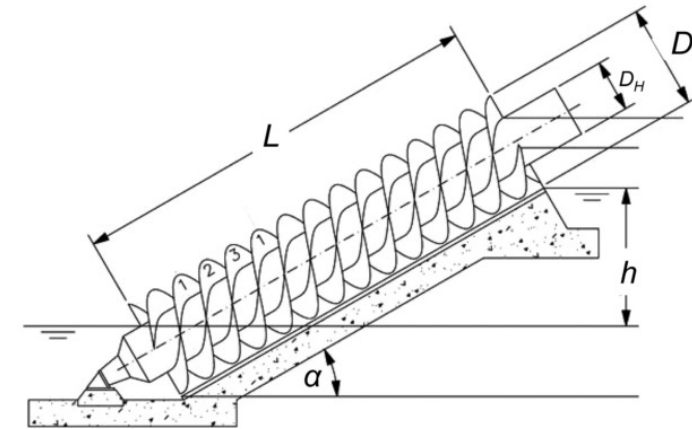
Sono dei particolari convertitori elettromeccanici nei quali l'acqua contenuta nelle camere della vita, per effetto dell'attrazione gravitazionale, genera un momento che mette in rotazione la macchina.

Il campo di applicazione delle viti idrauliche è molto modesto, ma non è coperto da nessun'altra turbina. Il salto massimo elaborabile si attesta sulla decina di metri mentre la portata massima può raggiungere anche qualche metro cubo al secondo.

Il valore di rendimento può raggiungere il 90% e rimane praticamente inalterato al variare della portata.

Caratteristiche fondamentale è la quasi assenza di strumentazione di controllo, in quanto non c'è un valore minimo o massimo di portata elaborabile senza incorrere in guasti. È possibile anche eliminare quasi totalmente griglie e dissabbiatori.

Necessitano di minime opere civili e hanno impatti ambientali quasi nulli, in quanto totalmente interrabili e caratterizzate da basse emissioni sonore

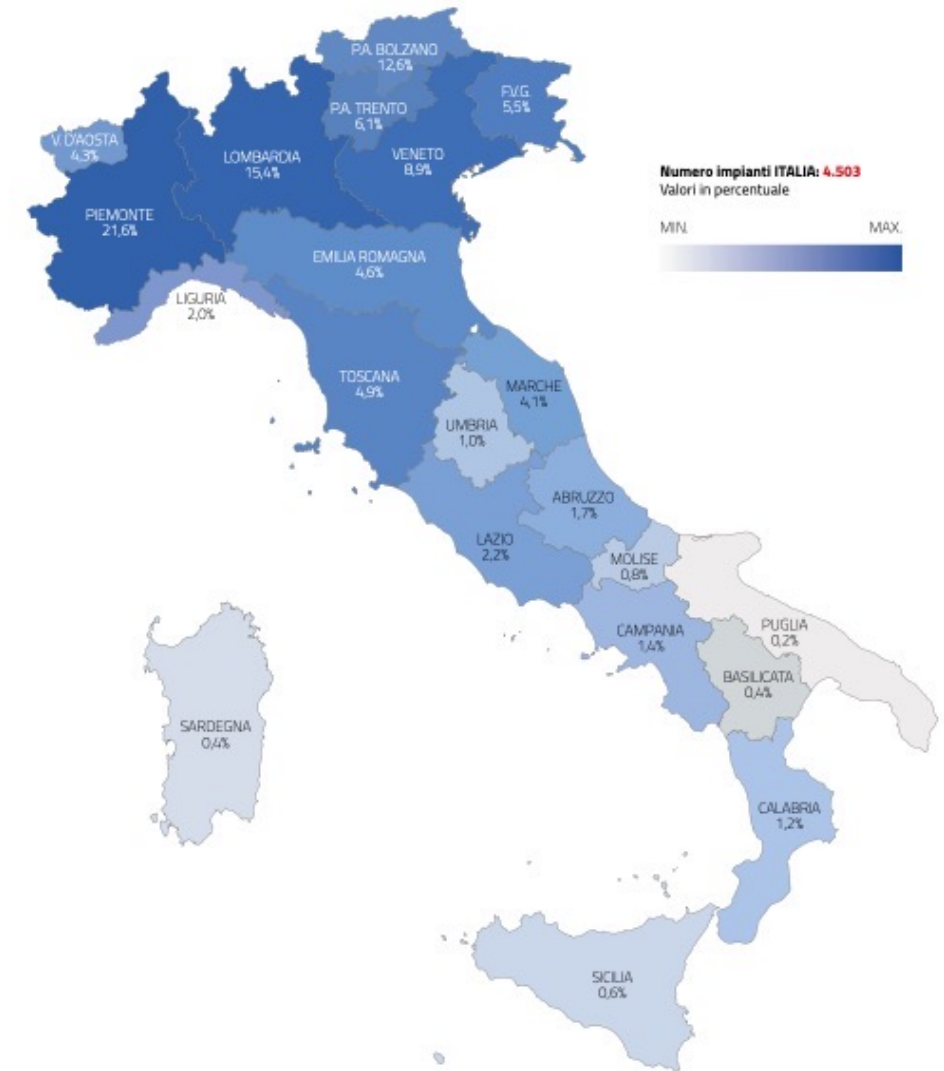


Potenziale idroelettrico e situazione attuale

Secondo diversi studi il potenziale idroelettrico italiano è di 68 TWh, al 2020 la produzione si è però attestata a 47,6 TWh. Questa discrepanza è dovuta al non sfruttamento di diversi siti, per problemi autorizzativi o ambientali.

Nonostante i siti più produttivi siano già stati sfruttati nel secolo scorso, negli ultimi anni il numero di impianti idroelettrici è raddoppiato arrivando a 4500. La quasi totalità di questi nuovi impianti rientra nella definizione di piccolo idroelettrico

In particolare la maggior parte degli impianti recenti è ad acqua fluente, categoria che produce quasi la metà dell'energia idroelettrica totale, mentre gli impianti a serbatoio hanno subito una crescita minore e quelli a bacino hanno visto una diminuzione nel numero



Fonte: elaborazioni GSE su dati Terna

Possibilità di miglioramento

Oltre alla costruzione di nuovi siti produttivi, un importante incremento di produzione può avvenire tramite l'ammodernamento di impianti già esistenti. L'età media nazionale degli impianti è di 40 anni, e sale a 70 per impianti di grosse dimensioni, ciò vuol dire che con interventi di rinnovamento del parco idroelettrico è possibile aumentare la produzione di più di 4 TWh annui.

C'è anche la possibilità di inserimento di turbine idrauliche in acquedotto, come già visto nel primo capitolo, oppure di sfruttamento di barriere idriche già esistenti per scopi differenti. Una stima della produzione di queste soluzioni si assesta sugli 8 TWh.

Un ulteriore occasione per aumentare la produzione è quella di implementare maggiormente i sistemi di pompaggio, utilizzando anche in questo caso bacini o impianti preesistenti.



Sfide tecnologiche

Nonostante sia una tecnologia matura e largamente utilizzata , sono sempre in atto nuove ricerche per migliorare le soluzioni progettuali e le tecnologie.

In particolare, la ricerca in Europa sull'argomento ha raggiunto il miliardo di euro di investimenti, presentando così un numero di brevetti 5 volte superiore a quello di Cina o USA

I campi in cui la ricerca si concentra sono molteplici, e spaziando dalla diminuzione degli impatti ambientali all'integrazione dell'idroelettrico con altre fonti rinnovabili.

Sfide tecnologiche

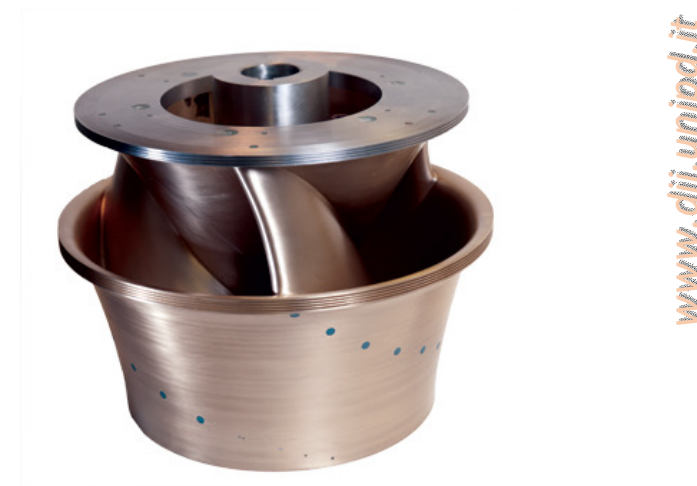
Minimizzazione dell'impatto ambientale:

Sono possibili, in fase di progettazione o realizzazione, diversi accorgimenti per diminuire l'impatto visivo o acustico di un determinato impianto.

Un'altra importante fonte di inquinamento era determinata dalle trafile di olio lubrificante, ma grazie ad una recente tecnologia esso è stato sostituito da normale acqua.

Un altro importante campo di ricerca è caratterizzato dalla salvaguardia della fauna ittica, che oltre a diminuire la mortalità degli impianti, potrebbe addirittura rendere superfluo il deflusso ecologico.

Si sono sviluppate in questo ambito diverse giranti: le Alden, le *very low head (LHV)* e le Dive.



Sfide tecnologiche

Implementazione di tecnologie complementari:

Il caso più diffuso è quello dell'utilizzo di particolari algoritmi per massimizzare la produttività dell'impianto, che tenendo conto dei periodi di produzione e delle necessità dell'impianto comandano direttamente i sistemi di controllo.

Un'altra simbiosi molto studiata è quella col fotovoltaico. Infatti posizionando i pannelli in particolare supporti galleggianti, è possibile sfruttare la superficie degli invasi già esistenti. Inoltre si diminuisce la quantità di acqua persa per evaporazione e si migliora il raffreddamento dei moduli, che porta ad un aumento di produzione.



Ruolo dell'idroelettrico nella transizione energetica

L'idroelettrico presenta il rapporto tra energia prodotta e potenza installata maggiore, 2,5 TWh/GW, rispetto alle altre FER. Ciò significa che, a parità di potenza, l'idroelettrico garantisce una produzione più continua e uniforme rispetto alle altre fonti rinnovabili.

In realtà ciò dipende dalla diversa natura degli impianti: infatti mentre per gli impianti ad acqua fluente la produzione segue necessariamente la disponibilità stagionale, ma giornalmente presenta poche variazioni, gli impianti a deflusso regolato possono essere gestiti in modo più flessibile.

La continuità di produzione è una caratteristica poco comune delle fonti rinnovabili, e per questo estremamente preziosa. Gli impianti ad acqua fluente possono essere così utilizzati per una produzione di base.

Al contrario gli impianti a deflusso regolato si prestano in maniera eccellente, grazie al brevissimo tempo necessario per la messa in funzione, a seguire i picchi di richiesta e, utilizzando i sistemi di pompaggio, a mitigare l'eventuale sovrapproduzione.

L'idroelettrico quindi può, e dovrebbe, essere sfruttato in modo capillare per la produzione di energia rinnovabile.

Grazie alla sue elasticità di installazione e di produzione rappresenta un utile risorsa per la transizione energetica.

Se correttamente progettato e gestito, permette la produzione di energia in luoghi sensibili senza per questo modificarne l'ambiente, salvaguardando anche la fauna ittica.