

# L'INFORMATORE AGRARIO

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



Edizioni L'Informatore Agrario

Tutti i diritti riservati, a norma della Legge sul Diritto d'Autore e le sue successive modificazioni. Ogni utilizzo di quest'opera per usi diversi da quello personale e privato è tassativamente vietato. Edizioni L'Informatore Agrario S.p.A. non potrà comunque essere ritenuta responsabile per eventuali malfunzionamenti e/o danni di qualsiasi natura connessi all'uso dell'opera.

• IN ALTERNATIVA ALLA TURBINA NEL MINI IDROELETTRICO

# Coclea idraulica, cos'è e come funziona

Dimensionata sulle misure di salto e portata, la coclea idraulica presenta l'indiscutibile vantaggio di richiedere un investimento iniziale minore rispetto a un impianto con turbina. Il rendimento energetico, inoltre, resta elevato anche con portate molto ridotte



di Donatella Banzato,  
Alessandro Ragazzoni

**N**ell'ambito delle energie rinnovabili, aumenta sempre più l'interesse per l'idroelettrico di piccola scala, considerando anche la grande disponibilità idrica che il nostro Paese può offrire nelle aree di media e bassa collina.

Tra i sistemi di produzione di energia si definiscono micro-impianti idroelettrici quelli che possono fornire un picco di energia al di sotto dei 100 kW di potenza; il pregio di tale tipologia non consiste tanto nel contributo energetico che può fornire al fabbisogno elettrico nazionale, quanto piuttosto nella valorizzazione della risorsa idrica a livello locale. Gli im-

pianti micro-idroelettrico rappresentano una modalità di sfruttamento di una fonte energetica rinnovabile, che altrimenti andrebbe dispersa, con un impatto ambientale molto ridotto per le caratteristiche progettuali degli impianti.

La fonte idroelettrica è interessante da un punto di vista sia tecnico sia economico, posta a confronto con le forme convenzionali di produzione di energia elettrica.

La variabilità dei costi di investimento è una caratteristica sia dei grandi sia dei piccoli impianti, in quanto è legata all'entità delle opere civili necessarie alla realizzazione dello sbarramento e delle opere di adduzione.

Un impianto è costituito infatti principalmente da due parti:

- componenti civili e idrauliche (tra cui opere di presa, di convogliamento e di restituzione delle acque, ecc.);
- opere elettromeccaniche (turbina o coclea, alternatore, quadri elettrici, sistemi di comando, ecc.).

La presenza di componenti diverse e la loro complessità costruttiva e di dimensionamento variano essenzialmente in funzione della potenza dell'impianto e del corso d'acqua interessato.

Principalmente il flusso di acqua disponibile dipende dalla portata utile e dal salto idraulico (cioè la differenza tra il livello dell'acqua a monte e a valle di uno sbarramento o di un'altra opera idraulica).

Nel presente contributo saranno presentati gli aspetti tecnici dei principali impianti che possono sfruttare l'energia dell'acqua, per dettagliare, infine, pregi e difetti della coclea idraulica a cui verrà dedicata maggiore attenzione.

## Macchine per il micro-idroelettrico

La potenza di un impianto viene determinata in base alla portata e al salto, a tal proposito i vantaggi nella realizzazione di impianti micro-idroelettrici stanno nello sfruttamento di portate contenute e salti modesti.

Inoltre, a parità di salto e di portata, la potenza ottenibile da un impianto dipende dal rendimento globale di trasformazione: per un calcolo di prima approssimazione della resa di un micro-impianto viene consigliato di fare riferimento a un rendimento globale inferiore a quello che usualmente si adotta nelle grandi taglie, assumendo una forbice di valori compresa tra 0,7 e 0,9 (fatto 1 il rendimento massimo). Come si vedrà in seguito, la scelta tra turbina e coclea idraulica è influenzata dalla conoscenza dei dati fisici del corso d'acqua visti precedentemente: salto, portata d'acqua disponibili e continuità del flusso.

## CENNI DI FISICA

## La forza dell'acqua

Gli impianti idroelettrici trasformano l'energia potenziale e cinetica dell'acqua, in caduta da una certa altezza, in energia meccanica per mezzo di speciali impianti (turbine e/o coclee) che vengono messe in movimento dalla massa d'acqua. A sua volta la potenza meccanica può essere impiegata per produrre energia elettrica collegando l'asse della turbina e/o della coclea, tramite opportuni riduttori, a un generatore.

La potenza effettivamente ottenibile da un impianto idraulico si esprime secondo la seguente formula:

$$P = \eta \times g \times Q \times H$$

dove:

**P** = potenza espressa in kW;

**$\eta$**  = rendimento globale dell'impianto (espresso in percentuale);

**g** = accelerazione di gravità espressa in  $m/s^2$  (pari a  $9,8 m/s^2$ );

**Q** = portata d'acqua espressa in  $m^3/s$ ;

**H** = caduta, o salto, espresso in metri.

Come si evince dalla formula, la produzione di energia dipende da 2 fattori principali, la caduta (detta anche salto)

e la portata d'acqua.

La caduta o salto (**H**) rappresenta il dislivello esistente fra la quota a cui è disponibile la risorsa idrica da sfruttare e il livello a cui la stessa viene restituita dopo il passaggio attraverso la macchina.

Viene definita portata (**Q**) il volume di acqua che attraversa una determinata sezione del corso d'acqua nell'unità di tempo, la quale può essere espressa sia in  $m^3/s$  sia in L/s. È da tener presente che la portata è un elemento estremamente variabile, infatti può dipendere dalla grandezza del bacino, dalla permeabilità del suolo, dalla vegetazione e, soprattutto, dai fattori climatici che generano gli apporti positivi (con le precipitazioni) e negativi (l'evaporazione, l'evapotraspirazione, ecc.).

Un altro parametro importante nel calcolo della potenza ottenibile da un impianto è il rendimento globale ( **$\eta$** ) con il quale si intende definire la percentuale di potenza che può essere effettivamente ottenuta rispetto al potenziale tecnico. Tale coefficiente viene utilizzato per tener conto delle inevitabili perdite di trasformazione. •

Prima di descrivere il funzionamento della coclea idraulica, vengono di seguito riportate le possibili scelte per la realizzazione di impianti idroelettrici con le relative caratteristiche; questo permetterà

successivamente di raffrontare il rendimento della coclea con tali sistemi, per poterne elencare, infine, pregi e difetti.

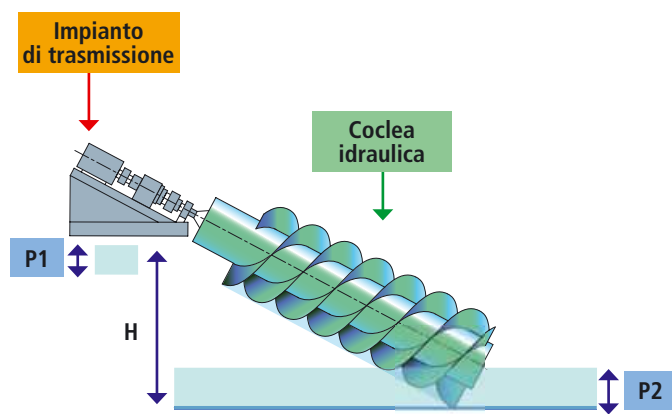
La ruota idraulica (o mulino) è una macchina idonea a trasformare l'ener-

gia potenziale o cinetica di piccoli corsi d'acqua in energia meccanica in forma di moto rotatorio. Si può affermare che queste sono state le prime «turbine» utilizzate per la produzione di energia grazie ai corsi d'acqua.

I sistemi di utilizzo sono principalmente tre a seconda del dislivello utilizzabile.

**Ruota a cassetta.** Viene sfruttato il peso dell'acqua e non la sua velocità o la spinta: in questo sistema l'acqua viene temporaneamente immagazzinata in piccoli contenitori, le cassette appunto, sulla parte superiore della ruota e svuotate al compimento del semigiro inferiore. Non sono necessari grandi volumi d'acqua per il suo funzionamento, ma è necessario un dislivello almeno di poco superiore al diametro della ruota che deve essere di grandi dimensioni. L'impianto richiede, inoltre, una tecnologia raffinata nella regolazione e nel convogliamento dell'acqua, come pure nella costruzione della ruota. Questo sistema è ormai quasi completamente in disuso in quanto altre turbine sono più efficienti ed economiche quando si ha a disposizione un salto.

**Turbina Kaplan.** È una turbina idraulica a reazione che sfrutta piccoli dislivelli, fino a qualche decina di metri, ma con grandi portate, superiori a qualche decina di metri cubi. Costruttivamente è una vera e propria elica, dove le pale si possono orientare al variare della portata d'acqua, permettendo di mantenere alto il rendimento fino al 70-80% di quella nominale. L'acqua giunge sulla turbina grazie a un condotto a for-



P1 e P2 rappresentano l'energia potenziale in due differenti punti di un corso d'acqua; H è l'energia potenziale utilizzata dall'impianto ed è pari a P1-P2.

Fonte: nostra elaborazione.

**FIGURA 1 - Schema del funzionamento di un impianto micro-idroelettrico con coclea idraulica**

L'acqua scende lungo la coclea e la forza di gravità che agisce sull'acqua durante la caduta esercita un movimento torcente sull'albero di trasmissione che produce così energia meccanica, poi trasformata in elettrica



ma di chiocciola che alimenta tutta la circonferenza, poi attraversa un distributore che dà al fluido una rotazione vorticoso, essenziale per imprimere il moto alla girante.

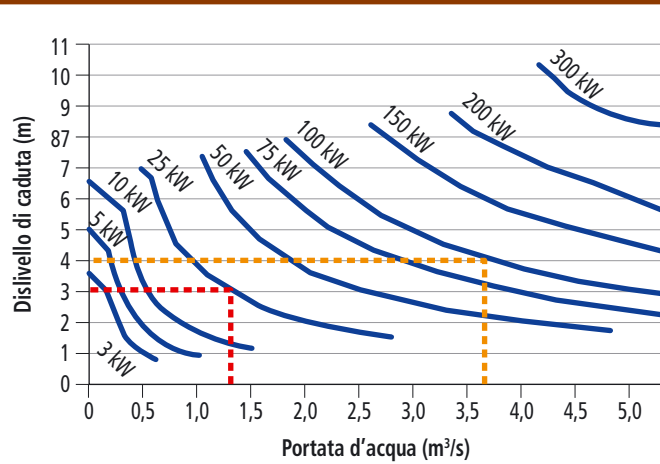
**Turbine Francis.** Sono turbine a reazione a flusso radiale con distributore a pale regolabili e girante a pale fisse, molto utilizzate per i medi salti (vengono usate per salti compresi nell'intervallo 10-350 m) e portate da 2-3 m<sup>3</sup>/s fino a 40-50 m<sup>3</sup>/s. Nelle turbine Francis veloci, l'alimentazione è sempre radiale, mentre lo scarico dell'acqua è solitamente assiale; in queste turbine l'acqua si muove come in una condotta in pressione poiché, attraverso il distributore (organo fisso), perviene alla ruota (organo mobile) alla quale cede la sua energia, senza entrare in nessun momento in contatto con l'atmosfera. Si osserva che quando le portate del corso d'acqua crescono è necessario realizzare giranti più grandi, con una sezione di maggiore dimensione. Questa geometria limita ancora di più la possibilità di regolazione dell'impianto.

### La coclea idraulica

La vite di Archimede, detta anche coclea (figura 1), è un dispositivo elementare usato inizialmente per sollevare liquidi e solidi. La macchina nella sua funzione originale è composta da una grossa vite posta all'interno di un tubo. La parte inferiore del tubo viene immersa nell'acqua (o in ciò che deve sollevare), dopodiché, ponendo in rotazione la vite, ogni passo raccoglie un certo quantitativo di liquido, che viene sollevato lungo la spirale fino a uscire dalla parte superiore, e successivamente scaricata in un bacino di accumulo; l'energia per la rotazione può essere fornita in vari modi.

Grazie all'applicazione del principio inverso, l'energia potenziale viene utilizzata per la produzione di energia elettrica.

La coclea idraulica lavora grazie alla forza di gravità: l'acqua scende all'inter-



**GRAFICO 1 - Potenza elettrica ottenibile con coclea idraulica al variare del salto idraulico e della portata**

Le curve di potenza elettrica possono essere lette in due modi: ipotizzando un salto di 3 m e una portata media di 1,4 m<sup>3</sup>/s si possono ottenere 25 kW di potenza (linea tratteggiata rossa); ipotizzando un impianto da 100 kW è necessario avere un salto di 4 m e una portata media di 3,7 m<sup>3</sup>/s (linea tratteggiata gialla).

no delle camere dal livello più alto fino al livello più basso, con un movimento relativamente lento. La forza di gravità, che in questo modo agisce sull'acqua durante la caduta, esercita un movimento torcente sull'albero di trasmissione che produce così energia meccanica che viene poi trasformata in elettrica (foto 1).

La portata e il salto disponibili vengono tenuti in considerazione in fase progettuale per decidere le dimensioni e la potenza generabile con la coclea: in base alla portata, infatti, vengono calcolati il numero di giri, l'angolo di incidenza e il diametro della vite; con-

siderando, poi, l'angolo di incidenza e l'altezza del salto viene calcolata la lunghezza della vite.

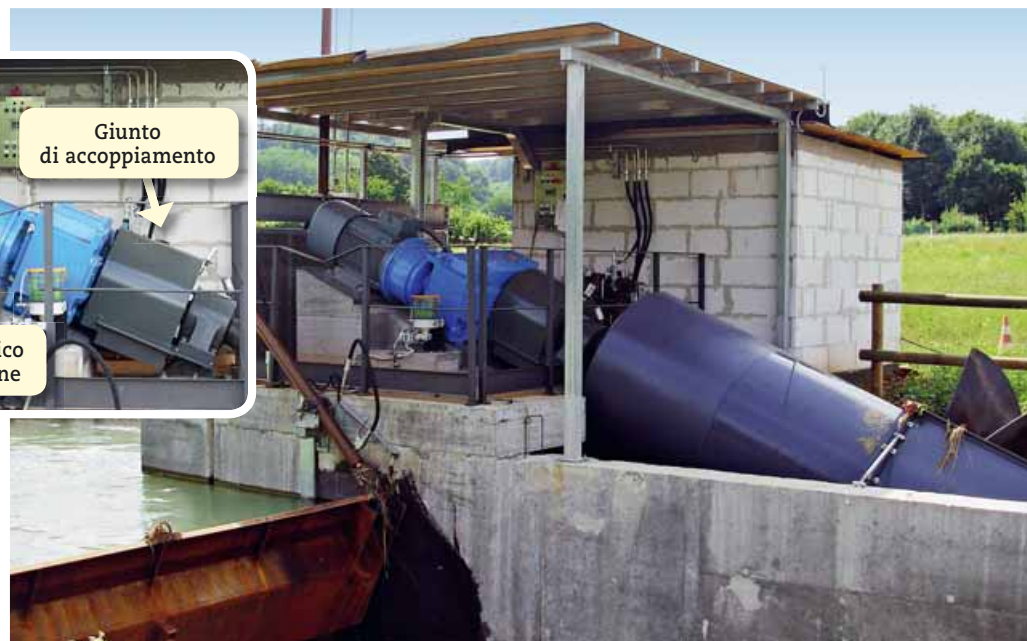
### Applicabilità

Gli impianti micro-idroelettrici sono da classificare in base alla soglia di potenza: superiore o inferiore a 20 kW.

Al momento della progettazione, tenendo in considerazione l'utilizzo che si intende fare dell'energia prodotta, autoconsumo o vendita, occorre fare riferimento ai due regimi fiscali e incentivanti distinti che variano in base alla potenza nominale di soglia. Infatti è importante rilevare che per l'energia prodotta da impianti con potenza inferiore a 20 kW non è prevista l'opportunità di vendita, ma solo la defiscalizzazione e il relativo autoconsumo.

Le viti idrauliche rendono possibile l'utilizzazione di energia idraulica dove le tradizionali turbine ne sono escluse per ragioni di costo: la potenza elettrica ottenibile con le coclee è compresa tra 3 e 300 kW, utilizzando volumi d'acqua con valori compresi tra 0,2 e 5,5 m<sup>3</sup>/s e dislivelli da 1 m a 10 m.

Proponendo alcuni esempi, con un salto di circa 3 m e una portata media di circa 1,4 m<sup>3</sup>/s, è possibile ottenere una potenza elettrica di 25 kW; oppure per



**Foto 1 - Gruppo di trasformazione meccanico-elettrico collegato a una coclea idraulica**



La griglia a maglie larghe lascia passare corpi e materiali galleggianti che non danneggiano l'impianto

Foto 2 - Griglia installata nella parte a monte di un impianto micro-idroelettrico con coclea

ottenere una potenza elettrica di 100 kW è sufficiente avere a disposizione un salto di 4 m e una portata media di circa 3,7 m<sup>3</sup>/s (grafico 1). È da sottolineare come variazioni e instabilità del livello e della quantità d'acqua, sia a monte sia a valle dell'impianto, influiscano solamente in maniera secondaria e non causino nessun problema al funzionamento e al conseguente esercizio della coclea: per questo motivo non è richiesta nessuna regolazione, la coclea si adatta automaticamente alla frequenza di rete e alla portata d'acqua. Ovviamente a modifiche del flusso come portata si ridurranno di conseguenza le rese energetiche in kWh prodotti.

### Vantaggi

I vantaggi nell'utilizzo della coclea idraulica per la produzione di energia rinnovabile sono numerosi dal punto di vista ambientale e impiantistico.

**Ambientali.** Una coclea è inseribile nel contesto territoriale con un basso impatto sia per le acque sia per la fauna ittica. È importante sottolineare che l'installazione non richiede quasi mai la deviazione del corso d'acqua, come pure garantisce il flusso minimo vitale a valle dell'impianto proprio per le ipotesi progettuali su cui si basa. Inoltre, la vite idraulica è adatta alla discesa dei pesci che subiscono minimi danni, come piccoli ematomi o perdita di scaglie, nell'oltrepassare la coclea. Infine, un valore aggiunto dal punto di vista ambientale può essere riscontrato nella maggiore ossigenazione dell'acqua

che migliora così la qualità della stessa a valle dell'impianto.

**Costruttivi.** La realizzazione di un impianto con coclea richiede un minor costo d'investimento iniziale, in conseguenza alle minori opere murarie basilari: non sono necessarie variazioni al corso fluviale naturale, a differenza delle tradizionali turbine che richiedono, nella maggior parte dei casi, lavori di costruzione nel sottosuolo della zona dello scarico a valle. Non è richiesto l'utilizzo di griglie a maglia fine usate nelle turbine e nelle ruote ad acqua per il filtraggio dell'acqua da detriti alluvionali e l'allontanamento dei pesci: i corpi e il materiale galleggiante possono oltrepassare la coclea senza ostacoli e senza danni per l'impianto. Inoltre, la possibilità di impiegare una griglia a monte dell'impianto con fessure di ampie dimensioni consente un miglior passaggio della luce che determina il contenimento della formazione di alghe sulla griglia stessa. Queste caratteristiche costruttive permettono di ridurre il costo di manutenzione e di pulizia (foto 2). In estrema sintesi una coclea idraulica negli anni richiede pochissimi interventi.

### Rendimento

I risultati ottenuti confrontando il rendimento energetico di impianti alternativi di ridotte dimensioni, riportati nel grafico 2, evidenziano come le coclee idrauliche abbiano già un interessante comportamento con portate ridotte anche dell'80-90%, raggiungendo un ren-

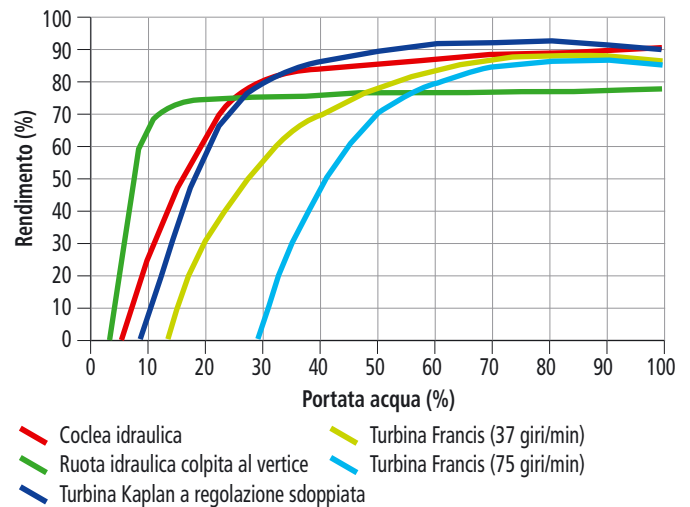


GRAFICO 2 - Confronto tra rendimento di una coclea idraulica e altri impianti

Le coclee idrauliche mantengono elevati rendimenti anche con cali importanti del flusso idrico.

dimento prossimo al 90%; l'estensione del campo di stabilità del rendimento avvalorata la scelta e la propensione verso tale tecnologia soprattutto in corsi d'acqua sensibili alla stagionalità per quanto riguarda le portate.

### Svantaggi

Per quanto riguarda gli svantaggi nella realizzazione di un impianto micro-idro con coclea, questi non sono paragonabili ai vantaggi prima citati.

Si possono indicare alcuni aspetti soprattutto di carattere visivo per quanto riguarda l'accettabilità sociale, ricordando, tuttavia, che tale impianto normalmente può essere idoneo in canali di bonifica o di scolo già essi spesso artificiali.

L'applicabilità del micro-idro è spesso collegata a corsi d'acqua con portate non sempre costanti ed è per questo che l'analisi della convenienza economica deve essere approfondita con l'indagine delle serie storiche per evidenziare la stagionalità delle portate e la relativa stabilità nel corso dell'anno. ●

Donatella Banzato  
Alessandro Ragazzoni

Dipartimento di economia e ingegneria agrarie  
Università di Bologna  
alessandro.ragazzoni@unibo.it

I risultati dell'articolo sono inerenti a un progetto di ricerca tra Dipartimento di economia e ingegneria agrarie di Bologna e Roncuzzi srl, divisione di Wamgroup spa. Si ringrazia Massimo Passerini per la collaborazione.