

Le ruote idrauliche: produzione di energia dall'acqua in maniera sostenibile

Emanuele Quaranta¹, Roberto Revelli²

¹ emanuele.quaranta@polito.it/quarantaemanuele@yahoo.it ² roberto.revelli@polito.it

Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

Ruote idrauliche: origine e tipologie

La ruota idraulica è stata una delle prime macchine a sfruttare l'energia dell'acqua per generare energia meccanica. L'energia generata veniva generalmente impiegata per pompare l'acqua a quote più elevate rispetto alla quota originaria, per forgiare metalli e, in particolare, per macinare cereali e produrre farine. Le prime ruote idrauliche ruotavano attorno ad un asse verticale, cioè in un piano orizzontale. Poiché le macine ruotavano nella stessa direzione della ruota, era possibile un accoppiamento diretto tra la ruota e la macina (Figura 1).

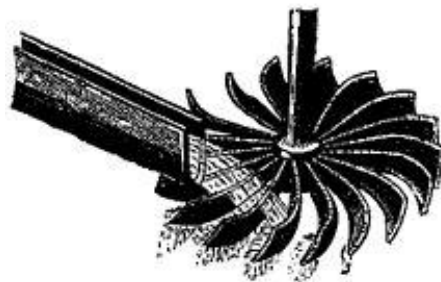


Figura 1. Ruota idraulica ad asse verticale.

Invece, le ruote ad asse orizzontale vennero introdotte più tardi. Queste necessitavano di opere aggiuntive per la trasmissione e conversione del moto; tuttavia, furono presto preferite grazie al fatto che in pianta occupavano meno spazio, e ai maggiori rendimenti (il rendimento, o efficienza, è la capacità di convertire in energia meccanica l'energia dell'acqua). Infatti, le ruote idrauliche ad asse verticale sfruttano l'energia cinetica dell'acqua, che è legata alla velocità dell'acqua stessa, mentre le ruote ad asse orizzontale possono sfruttare sia l'energia legata alla velocità dell'acqua, che il peso dell'acqua.

Le ruote ad asse orizzontale possono essere suddivise in due gruppi. Le *stream water wheels* sono impiegate in acqua fluente, dove il fondo del canale è rettilineo e senza salti idraulici (Figura 2). Si definisce salto idraulico la differenza tra la superficie dell'acqua a monte e a valle della ruota. Tali ruote sfruttano l'energia cinetica dell'acqua, con rendimenti idraulici dell'ordine del 30÷40%. Ossia, la ruota è in grado di convertire in energia meccanica il 30÷40% dell'energia contenuta nell'acqua. Recenti studi hanno dimostrato che l'effetto diga generato da tali ruote (ossia l'innalzamento del livello d'acqua di monte dovuto all'effetto ostruttivo della ruota) può anche essere impiegato per creare un salto idraulico. Tale differenza di livello (ossia il salto idraulico) crea una differenza di pressione tra monte e valle della ruota, quindi una forza idrostatica, che spinge sulle pale, aumentando l'energia prodotta dalla ruota. Inoltre, mediante l'inserimento di strutture appositamente sagomate, l'efficienza massima può arrivare anche intorno al 70%.



Figura 2. Ruota idraulica ad asse orizzontale in acqua fluente, supportata ai lati da due piattaforme.

Le ruote a gravità (*gravity water wheels*) sfruttano invece l'energia potenziale dell'acqua, ossia il peso dell'acqua, e in parte l'energia cinetica. Vengono quindi utilizzate in siti dove esiste una differenza di livello d'acqua tra monte e valle della ruota, così chiamata salto idraulico (Figura 3). L'acqua entra nei vani della ruota inizialmente trasferendo parte della propria energia cinetica durante l'impatto, e agisce poi per peso spingendo sulle pale. In base al punto di ingresso dell'acqua, è possibile distinguere ruote di tipo *overshot*, *breastshot* e *undershot*. Nelle ruote *overshot* (o *dall'alto*) l'acqua entra dall'alto, riempiendo i vani situati a valle della ruota stessa. Nelle *breastshot* e *undershot*, l'acqua riempie i vani a monte della ruota, perciò le *breastshot* e *undershot* ruotano nel verso opposto rispetto alle *overshot*. L'acqua inoltre non entra in sommità, ma o dal fianco della ruota (ruote *breastshot*, o *di fianco*), o nella parte sottostante (*undershot*, o *dal basso*). Figura 3 riporta lo schema delle ruote a gravità precedentemente descritte, mentre Figura 4 illustra due ruote reali. I rendimenti massimi di tali ruote variano tra il 75% e 85%.

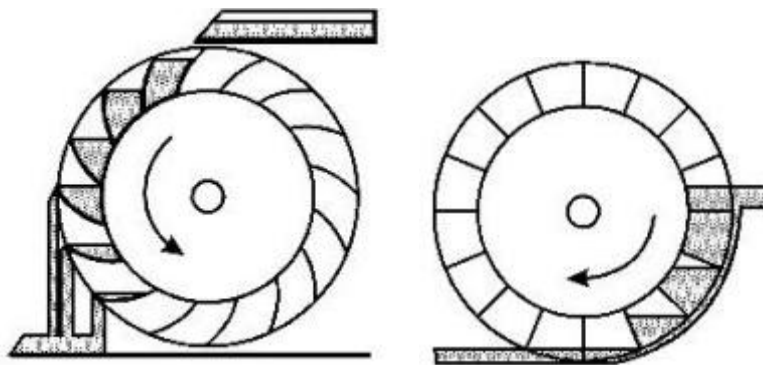


Figura 3. Esempio schematico di ruota *overshot* (sinistra) e *breastshot* (destra). Le ruote *undershot* sono come le *breastshot*, ma impiegate per salti idraulici molto più bassi.



Figura 4. Esempio di ruota *overshot* (sinistra) e *breastshot* (destra) esistenti.

Ruote idrauliche: potenzialità

Negli ultimi anni, grazie alla nuova sensibilità nei confronti delle fonti rinnovabili, l'idroelettrico sta giocando un ruolo di primaria importanza nella produzione di energia pulita. Tuttavia, i siti in cui installare grandi impianti idroelettrici e dighe sono sostanzialmente esauriti in Europa. Di conseguenza, l'idroelettrico in piccola scala, chiamato mini/micro idroelettrico, sta suscitando una notevole attrazione. Per mini idroelettrico si intendono tutti quegli impianti con potenze installate al di sotto dei 1000 kW, mentre per micro idroelettrico quegli impianti con potenze al di sotto dei 100 kW, nei quali rientrano le ruote idrauliche. Il progetto Restor Hydro della European Small Hydropower Association stima che in Europa siano circa 350000 i siti adatti ad impianti di questo tipo, e più di 5000 in Italia. Le ruote idrauliche possono così essere installate per produrre energia meccanica e/o elettrica in siti con salti idraulici tipicamente minori di 5 m e portate dell'ordine massimo del metro cubo al secondo per metro di larghezza. Queste condizioni si trovano ad esempio lungo canali irrigui, dove altre tipologie di turbine risulterebbero non economicamente convenienti. Le ruote idrauliche, inoltre, sono di semplice costruzione, necessitano di minori opere civili e generano bassissimi impatti ambientali. Un impianto a ruota idraulica è generalmente ripagato in $7 \div 12$ anni. Poiché la vita utile è di qualche decina d'anni, significa che è possibile investire in questa tecnologia. Inoltre, quando recuperate dall'interno di vecchi mulini, le ruote permettono anche di preservare e valorizzare il patrimonio culturale, incrementando l'eco-turismo (Figura 5).



Figura 5. Esempi di ruote idrauliche e mulini.

Tuttavia, la maggior parte delle informazioni di tipo ingegneristico sulle ruote idrauliche risale al XIX secolo. Pertanto, i dati a disposizione per un buon progetto di una ruota idraulica contengono molte incertezze, e spesso non sono completi. Le teorie matematiche che venivano sviluppate, invece, non venivano generalmente validate mediante prove sperimentali. Quindi, lo scopo della ricerca condotta al Politecnico di Torino (Figura 6) è quello di determinare quanto le ruote idrauliche siano abili nel produrre energia (ossia quanto è il loro rendimento), e di migliorare le loro prestazioni, attraverso accurati studi sulle geometrie (ad esempio la forma delle pale) e delle condizioni idrauliche (velocità di rotazione della ruota e di

ingresso dell'acqua ad esempio). Sono così state studiate in laboratorio ruote idrauliche *breastshot* e *overshot*. Dai risultati ottenuti si osserva che l'efficienza delle ruote rimane elevata all'interno di un ampio campo di portate d'acqua e velocità di rotazione, diversamente da molte turbine. Questo significa che, anche al variare delle condizioni esterne, le ruote continuano a lavorare in modo efficiente. I massimi rendimenti idraulici riscontrati si assestano intorno al 75% per le *breastshot* e 85% per le *overshot*.

Concludendo, le ruote idrauliche rappresentano una tecnologia di spiccato interesse, grazie ai loro numerosi vantaggi. Però, sebbene le ruote idrauliche siano una tecnologia non recente, questo non significa che siano di semplice progettazione (anche se sono di più semplice installazione e costruzione rispetto ad altre tecnologie). La ricerca diventa quindi necessaria al fine di fornire il maggior numero di informazioni utili al loro progetto, come formule per la stima del rendimento, e risultati sperimentali per identificare i campi ottimali di portate e velocità di rotazione, nei quali ogni ruota dovrebbe operare.



Figura 6. Ruote *overshot* e *breastshot* studiate nel laboratorio di Idraulica del Politecnico di Torino.

Bibliografia e approfondimenti

- Quaranta, E. & Revelli, R. Hydraulic behavior and performance of breastshot water wheels for different numbers of blades. *Hydraulic Engineering*, DOI: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001229
- Quaranta, E. & Revelli, R. Optimization of breastshot water wheels performance using different inflow configurations. *Renewable Energy*, (97), 243-251, 2016.
- Vidali, C., Fontan, S., Quaranta, E., Cavagnero, P. & Revelli, R. Experimental and dimensional analysis of a breastshot water wheel. *Journal of Hydraulic Research*, 2016, DOI:10.1080/00221686.2016.1147499
- Quaranta, E. & Revelli, R. Output power and power losses estimation for an overshot water wheel. *Renewable Energy*, (83), 979-987, 2015
- Quaranta, E. & Revelli, R. Performance characteristics, power losses and mechanical power estimation for a breastshot water wheel. *Energy*, (87), 315-325, 2015.