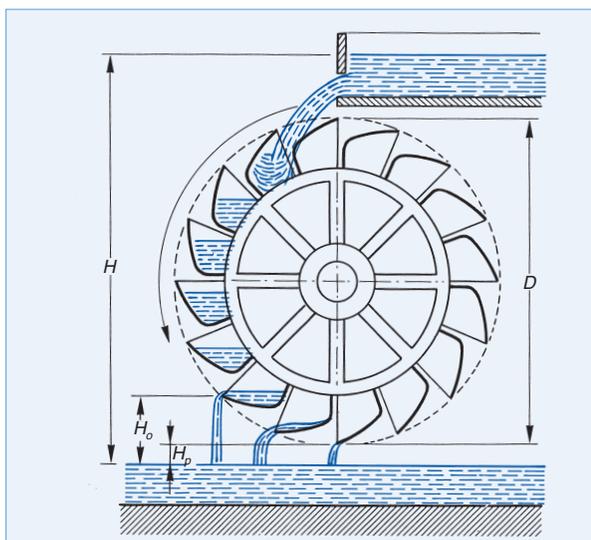


Ruote a cassette e a palette

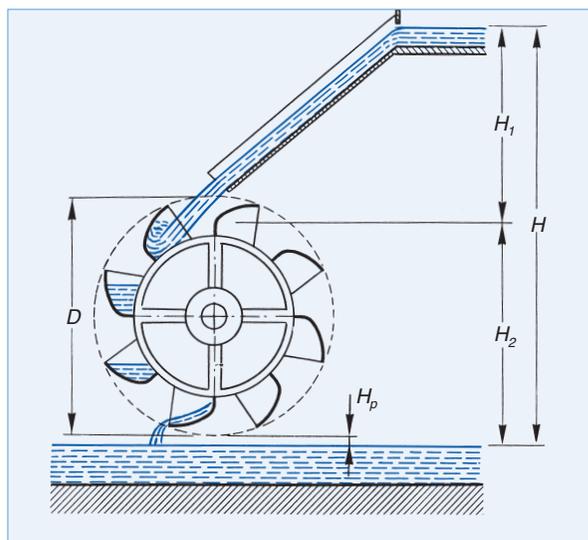
A differenza delle turbine che sfruttano direttamente l'energia cinetica del fluido operante, le ruote idrauliche ne utilizzano l'energia potenziale di posizione; ossia una massa m di liquido scendendo da una quota H molto modesta, agisce direttamente sulla ruota per produrre il lavoro teorico:

$$L_t = m \cdot g \cdot H \quad (1)$$

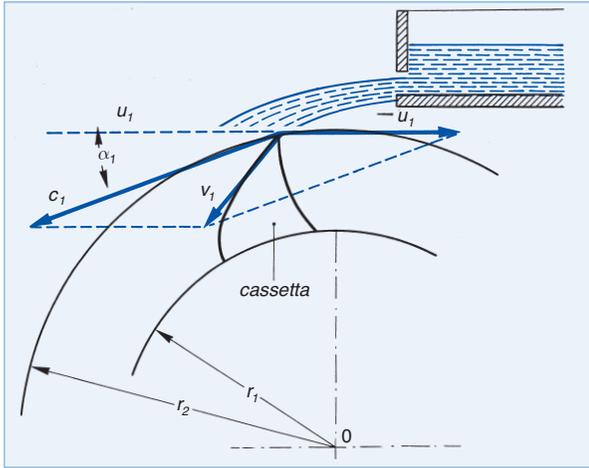
Appartengono a questa categoria le ruote a cassette, macchine peraltro industrialmente superate ma che trovano tutt'ora qualche possibilità di impiego in località ricche di canali per modeste produzioni di forza motrice (mulini, piccole segherie, laboratori artigiani ecc.). Una ruota a cassette (FIGURA 1) è costituita da due dischi (in legno duro o in ferro) posti a una distanza d fra i quali vengono ricavati dei recipienti di forma appropriata che, raccogliendo l'acqua cadente da un canale posto alla sommità della ruota, generano un momento motore rispetto all'asse della ruota stessa, sufficiente a ottenere la rotazione. L'acqua proviene da una luce, regolabile mediante una paratoia mobile, inizia il riempimento della cassetta più prossima e lo conclude non appena quest'ultima – per effetto della rotazione della ruota – si è allontanata, subentrando al suo posto, la cassetta seguente; il **riempimento delle cassette è solo parziale** e il liquido in esse versato incomincia a sfuggire dal bordo non appena ogni singola cassetta raggiunge la quota H_0 segnata in figura. Per questo motivo, e per la necessità di mantenere la ruota un po' più alta del pelo libero del canale di scarico, il lavoro realmente prodotto dalla ruota risulta sensibilmente inferiore a quello previsto dalla relazione (1); in altre parole, il rendimento della ruota a cassette è molto basso, raggiungendo difficilmente il



1 Ruota a cassette (schema).



2 Ruota a cassette per dislivelli sensibili (schema).



3 Triangolo delle velocità di ingresso in una ruota a palette.

75%. La potenza resa dalla macchina si esprime con la formula consueta (in W):

$$P_e = \rho \cdot g \cdot q_v \cdot H \quad (2)$$

nella quale il salto netto H può essere sostituito dal dislivello geodetico esistente fra i due peli liberi data l'assenza di condotte o tubazioni fra il canale superiore e la motrice.

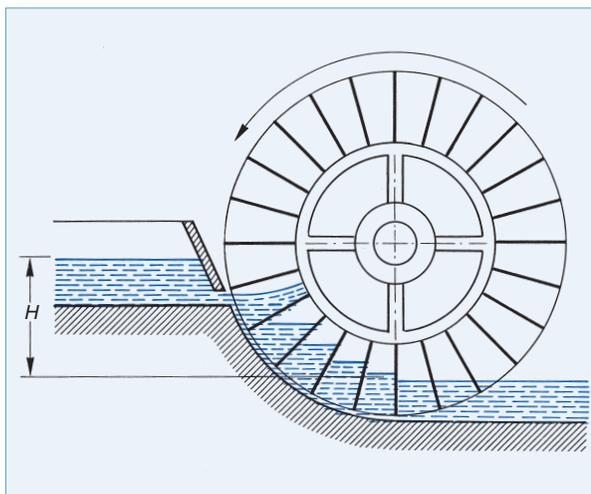
Lo schema di FIGURA 1 chiarisce a sufficienza il legame esistente fra le dimensioni di una ruota a cassette e il salto da essa utilizzabile; quest'ultimo infatti è in genere di poco superiore al diametro della ruota, diametro che non può comunque assumere valori elevati per non rendere il meccanismo eccessivamente ingombrante e costoso. È facile perciò dedurre che anche la potenza ottenibile è modestissima, caratteristica questa che accoppiata alla scarsa velocità dell'insieme, limita

l'impiego di queste rudimentali macchine idrauliche a pochi casi specifici.

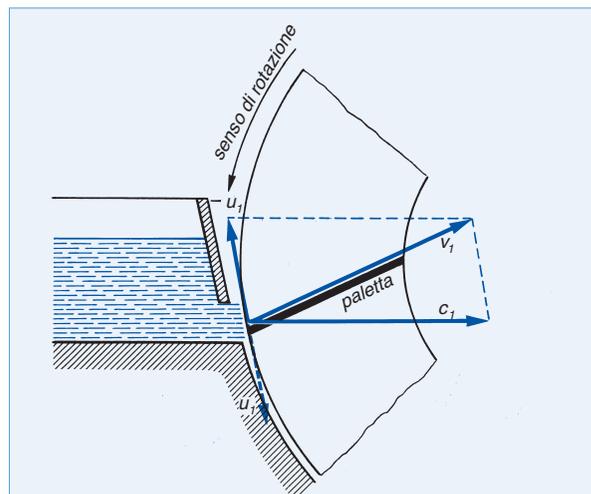
Per sfruttare dislivelli maggiori senza costruire ruote di diametro eccessivo si ricorre talvolta a una installazione del tipo illustrato in FIGURA 2; il liquido viene condotto alla ruota mediante una corsia (in legno o in lamiera) fortemente inclinata, dove acquista una discreta velocità con la quale investe le cassette mobili, quindi la ruota utilizza in parte l'energia potenziale di posizione e in parte l'energia cinetica posseduta dal fluido al momento dell'incontro con gli elementi della ruota; in definitiva una ruota idraulica di questo tipo, si avvicina sensibilmente a una rudimentale turbina Pelton. Anche se l'azione principale del liquido sulla ruota resta legata all'energia potenziale di posizione, è facile rendersi conto, da un esame della FIGURA 2, che il fluido investe le singole cassette con una certa velocità, funzione dell'altezza di carico H ; **ne segue che anche nelle ruote idrauliche occorre profilare i bordi delle cassette in modo da rendere minima la dissipazione di energia per urto della vena fluida.** Sia c_1 la velocità con cui l'acqua effluisce dalla luce, e u_1 la velocità periferica della ruota, che in genere vale mediamente la metà di quella dell'acqua; dalla composizione vettoriale riportata in FIGURA 3 si determina il vettore v_1 (velocità relativa rispetto alla ruota) e si costruisce la cassetta in modo che il suo bordo risulti tangente al vettore stesso. Questa condizione assume un'importanza ancora maggiore nelle ruote di FIGURA 2 nelle quali la velocità di ingresso può essere notevole a seconda del valore assunto dalla quota parziale H_1 .

Ruote di fianco celeri

Per dislivelli molto ridotti ($H = 2 \div 3$ m) l'impiego delle ruote a cassette è sconsigliabile sia per il modestissimo valore della potenza resa, sia per le piccole dimensioni che assumerebbe la ruota riducendo proporzionalmente anche la portata; si ripiega, in questi casi, su altri tipi di ruote (*ruote a palette* o *ruote di fianco*) concepite in modo tale da poter smaltire notevoli quantità di acqua incrementando così la scarsa potenza resa. **Una ruota a palette** è schematizzata in FIGURA 4: la girante ha un diametro ampiamente superiore al dislivello disponibile, sì che **l'acqua la investe al disotto dell'asse di rotazione**, e il complesso ruota entro una corsia di cemento le cui pareti consentono di sostituire le cassette con una serie di palette disposte pressoché radialmente; l'acqua effluente da una luce a battente, regolabile mediante una paratoia mobile, acquista una certa velocità e, restando imprigiona-



4 Ruota di fianco celere con pale diritte (schema).

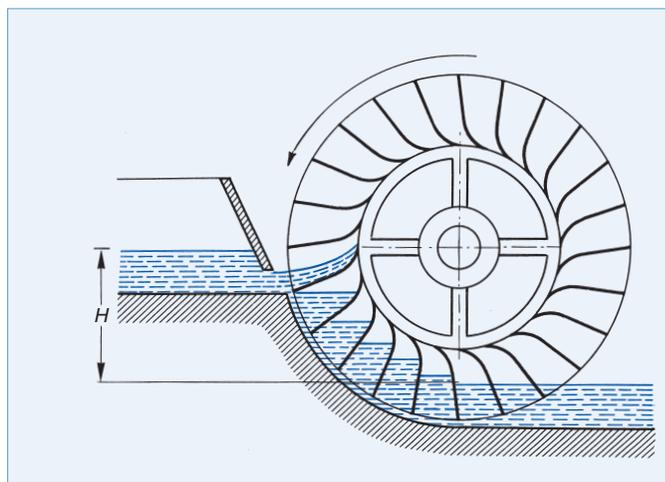


5 Triangolo delle velocità in una ruota di fianco celere.

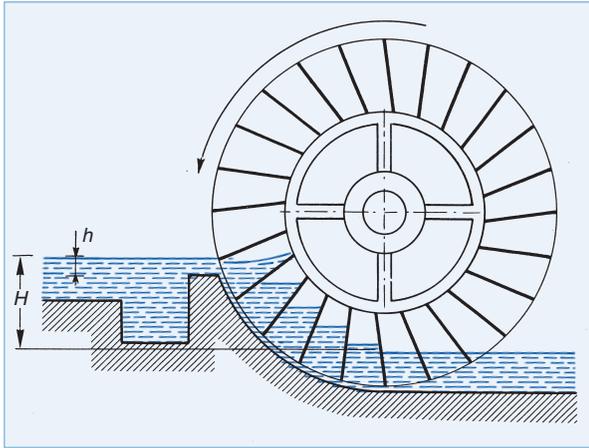
ta fra le pareti della corsia e due palette consecutive, genera una spinta tangenziale, in parte per effetto del peso proprio, e in parte per effetto della velocità posseduta. L'acqua lascia le palette non appena queste hanno raggiunto il punto più basso della traiettoria, e defluisce nel canale di scarico, il cui movimento è concorde con quello del canale alimentatore, al contrario di quanto avviene nelle ruote a cassette. Dalla figura citata, si rilevano alcune facili considerazioni:

- il gioco fra ruota e corsia deve essere piccolissimo per non aumentare troppo le perdite volumetriche, e le pareti devono essere ben levigate;
- il livello dell'acqua fra due palette, nell'istante in cui inizia la fase di scarico, deve coincidere con quello del canale; se infatti il livello entro le palette fosse maggiore di quello del canale, si verificherebbe una perdita di lavoro non essendo integralmente utilizzato il salto disponibile, mentre nel caso opposto, si manifesterebbe una contropressione allo scarico con un sensibile rallentamento del moto;
- la disposizione delle palette deve essere tale da ridurre al minimo gli urti del liquido in fase di ingresso (primo aforisma idraulico); nella FIGURA 5 è rappresentata la composizione vettoriale fra il vettore c_1 (velocità assoluta di ingresso) e il vettore $(-u_1)$ (velocità periferica invertita) per determinare il valore e la direzione di v_1 , a cui il bordo della paletta deve risultare tangente.

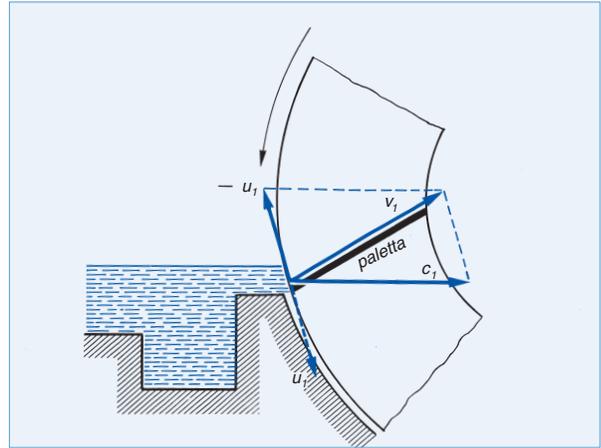
Talvolta (FIGURA 6) le palette vengono incurvate verso l'alto, in modo che il liquido possa risalire fino all'altezza del pelo libero esistente nel canale alimentatore esaurendo così tutta l'energia cinetica posseduta; si evita in tal modo la costruzione di pale di lunghezza eccessiva, come sarebbe necessario per ottenere lo stesso risultato impiegando pale diritte. Le ruote idrauliche simili a quella appena descritta vengono normalmente definite **ruote di fianco celeri** e possono essere realizzate in legname o in materiale metallico; esse, come abbiamo già accennato, utilizzano dislivelli compresi fra 1 e 3 m e smaltiscono portate anche notevoli ($q_V = 0,2 \div 3 \text{ m}^3/\text{s}$) ruotando a bassa velocità con rendimenti piuttosto bassi.



6 Ruota celere con pale incurvate (schema).



7 Ruota di fianco lenta (schema).



8 Triangolo delle velocità in una ruota di fianco lenta.

Si può ritenere mediamente:

	per ruote metalliche	per ruote in legno
$\eta =$	$0,84 \div 0,92$	$0,82 \div 0,90$
$\eta_v =$	$0,80 \div 0,94$	$0,73 \div 0,92$
$\eta_m =$	$0,92 \div 0,96$	$0,90 \div 0,95$

e per il rendimento totale:

$\eta = 0,66 \div 0,78$	per ruote metalliche
$\eta = 0,60 \div 0,76$	per ruote in legno

Ruote di fianco lente

Le **ruote di fianco lente** (FIGURA 7) sono sostanzialmente simili a quelle celeri descritte precedentemente, a eccezione del sistema di alimentazione che è costituito da una luce a stramazzo anziché da una a battente; ne segue che l'altezza di carico h sulla luce è sensibilmente minore e minore risulta perciò la velocità di efflusso c_1 . Queste ruote sono adatte a utilizzare dislivelli estremamente piccoli ($H = 0,3 \div 2,5$ m) con portate notevoli ($q_v = 1 \div 4$ m³/s) ma hanno un regime di rotazione ridottissimo, che in qualche caso giunge fino a 2 giri/min. Valgono ovviamente per esse tutte le considerazioni esposte per le ruote celeri, sia per quanto concerne la costruzione dell'insieme (ruota e corsia) sia per quanto riguarda i triangoli di velocità all'ingresso della macchina che sono illustrati in FIGURA 8.

Per quanto concerne i rendimenti, la minor velocità di rotazione causa minori perdite volumetriche e il relativo rendimento è perciò superiore a quello delle ruote celeri; per le ruote costruite in materiale metallico si ritiene generalmente $\eta_v = 0,94 \div 0,98$ e per quelle in legno $\eta_v = 0,88 \div 0,96$, a causa del maggior gioco necessario fra ruota e corsia. Il rendimento idraulico, nell'ipotesi di un buon proporzionamento delle pale può assumere i valori $\eta_i = 0,84 \div 0,94$, mentre il rendimento meccanico non si discosta eccessivamente da quello delle ruote celeri: $\eta_m = 0,90 \div 0,95$

Ne segue che il rendimento totale può oscillare, fra i limiti estremi:

per ruote metalliche	$\eta = 0,84 \div 0,88$
per ruote in legno	$\eta = 0,78 \div 0,86$