



IDROELETTRICO

Energia idroelettrica è un termine usato per definire l'energia elettrica ottenibile a partire da una caduta d'acqua, convertendo con apposito macchinario l'energia meccanica contenuta nella portata d'acqua trattata. E' quindi quel tipo di energia che sfrutta la trasformazione dell'energia potenziale gravitazionale (posseduta da masse d'acqua in quota) in energia cinetica nel superamento di un dislivello. Quest'ultima viene trasformata, grazie ad un alternatore accoppiato ad una turbina, in energia elettrica. L'energia idroelettrica viene ricavata dal corso di fiumi e di laghi grazie alla creazione di dighe e di condotte forzate. Esistono vari tipi di diga: nelle centrali a salto si sfruttano grandi altezze di caduta disponibili nelle regioni montane. Nelle centrali ad acqua fluente si utilizzano invece grandi masse di acqua fluviale che superano piccoli dislivelli; per far questo però il fiume deve avere una portata considerevole e un regime costante.

L'acqua di un lago o di un bacino artificiale viene convogliata, attraverso condutture forzate, a valle trasformando così la sua energia potenziale in energia di pressione e cinetica grazie al distributore e alla turbina. L'energia cinetica viene poi trasformata attraverso il generatore elettrico, grazie al fenomeno dell'induzione elettromagnetica, in energia elettrica. Per permettere di immagazzinare energia e di averla a disposizione nel momento di maggiore richiesta, sono state messe a punto centrali idroelettriche di generazione e di pompaggio. Nelle centrali idroelettriche di pompaggio, l'acqua viene pompata nei serbatoi a monte sfruttando l'energia prodotta e non richiesta durante la notte cosicché di giorno, quando la richiesta di energia elettrica è maggiore, si può disporre di ulteriori masse d'acqua da cui produrre energia. Questi impianti permettono di immagazzinare energia nei momenti di disponibilità per utilizzarla nei momenti di bisogno.



L'energia idroelettrica è una fonte di energia pulita (non vi sono emissioni) e rinnovabile, tuttavia la costruzione di dighe e grandi bacini artificiali, con l'allagamento di vasti terreni, può provocare lo sconvolgimento dell'ecosistema della zona con enormi danni ambientali, come è successo con la grande diga di Assuan in Egitto.

Come abbiamo detto, quindi, gli impianti idraulici sfruttano l'energia potenziale meccanica contenuta in una portata di acqua che si trova disponibile ad una certa quota rispetto al livello cui sono posizionate le turbine. Pertanto la potenza di un impianto idraulico dipende da due termini: il salto (dislivello esistente fra la quota a cui è disponibile la risorsa idrica svasata e il livello a cui la stessa viene restituita dopo il passaggio



attraverso la turbina) e la portata (la massa d'acqua che fluisce attraverso la macchina espressa per unità di tempo).

In base alla taglia di potenza nominale della centrale, gli impianti idraulici si suddividono in:

- I. Micro-impianti: $P < 100$ kW;
- II. Mini-impianti: $100 < P$ (kW) < 1000 ;
- III. Piccoli-impianti: $1000 < P$ (kW) < 10000 ;
- IV. Grandi-impianti: $P > 10000$ kW.

Gli impianti possono essere poi:

- A. ad acqua fluente;
- B. a bacino;
- C. di accumulo a mezzo pompaggio.

In funzione del salto gli impianti idraulici possono essere:

1. a bassa caduta ($H > 50$ m);
2. a media caduta ($H = 50 \div 250$ m);
3. ad alta caduta ($H = 250 \div 1000$ m);
4. ad altissima caduta ($H > 1000$ m).

Mentre in funzione della portata si parla di:

- I. piccola portata ($Q > 10$ m³/s);
- II. media portata ($Q = 10 \div 100$ m³/s);
- III. grande portata ($Q = 100 \div 1000$ m³/s);
- IV. altissima portata ($Q > 1000$ m³/s).

Una centrale è composta in genere da un'opera di derivazione (contenente uno sbarramento), un'opera di adduzione (condotte di collegamento), una condotta forzata, una centrale elettrica che contiene il macchinario di conversione e generazione e un'opera di restituzione.

La derivazione di acque è regolata per legge sulla base di apposite concessioni governative che risultano sempre a titolo oneroso e che sono soggette a rinnovo con durata, in genere, almeno ventennale. La portata derivata da un bacino deve essere tale da rispettare l'ambiente e l'idrologia del corpo idrico intercettato. Il cosiddetto Deflusso Minimo Vitale (DMV) rappresenta il limite posto alla portata derivabile affinché l'impianto sia compatibile con l'ambiente.

La potenza effettivamente ritraibile da un impianto idraulico si esprime secondo la seguente formula: $P = \mu * Q * H * 9,81$ (1); ove μ rappresenta il rendimento globale dell'impianto, Q la portata espressa in m³/s e H il salto geodetico espresso in m.

Una delle particolarità salienti di questi impianti è legata al fatto che per tipologia impiantistica e taglia si prestano ad essere del tutto automatizzati. L'impiego di macchinario elettromeccanico realizzato ad hoc consente in qualche modo di ottimizzarne i costi ma va comunque tenuto presente che i costi legati a questa voce non superano in genere il 10-15% del totale.

Il macchinario è costituito in genere da piccole turbine Francis e Pelton per gli impianti con maggiori salti.

Nel campo delle portate più elevate e dei salti contenuti, si sono assai diffuse le turbine dette Banki-Mitchell che in un prossimo futuro potrebbero essere sostituite da nuovi prototipi.



PRODUZIONE ATTUALE

La produzione di energia idroelettrica occupa una posizione di assoluto rilievo a livello mondiale. In Italia copre circa il 15% della domanda elettrica nazionale, grazie al fondamentale impegno di Enel che, ha sviluppato un know-how importante che ci pone all'avanguardia nel mondo nello sviluppo di questa fonte di energia rinnovabile, pulita ed economica..

Secondo le analisi condotte da TONDI et al. (1999) esistono quote significative di possibile crescita per gli impianti idraulici in Italia, e tali stime trovano conferma anche nelle valutazioni dell'ENEA (1998) secondo cui sarebbe possibile realizzare in Italia, entro il 2010, 850 MWe di impianti idraulici di taglia small ($P > 10$ MW), avendone messi in funzione per circa 311 MWe entro il 2001 insieme a 450 MWe di impianti di taglia superiore a 10 MWe.

Non è noto se tali stime abbiano tenuto conto, in una qualche maniera, del fatto che nel Nostro Paese risultino in scadenza, numerose concessioni governative alla derivazione di risorse idriche per uso elettrico. Questa questione potrebbe essere suscettibile di creare una qualche barriera allo sviluppo dei nuovi impianti oppure al riavvio di quelli legati alle concessioni in scadenza.

Nonostante l'esistenza delle graduatorie del CIP 6/'92, e quindi la possibilità di sviluppare impianti della potenza inferiore a 10 MW fino ad un totale di 3300 MW, non è chiaro come sia possibile sviluppare nuovi impianti idraulici se non saranno definiti i rapporti con il sistema delle concessioni alla derivazione e sul meccanismo attuativo dei certificati verdi.

In Europa il potenziale idroelettrico è ormai quasi del tutto utilizzato. Per questa ragione, oltre a rendere più efficienti le tecnologie esistenti, si guarda con particolare interesse allo sviluppo dell'idro fluente che pur essendo di limitata potenza unitaria, può diventare complessivamente un contributo non trascurabile alla copertura della domanda elettrica.

Il ruolo della mini-idraulica, peraltro, viene ulteriormente valorizzato anche dalle crescenti esigenze di salvaguardia dell'ambiente. Gli impianti idroelettrici di piccola taglia sono infatti caratterizzati da modalità costruttive e organizzative di scarso impatto sul territorio. Inoltre possono essere gestiti anche da piccole comunità, nonché integrati in un uso plurimo ed equilibrato della risorsa acqua.

APPLICAZIONI

In genere molti impianti di piccola taglia si trovano realizzati in aree montane su corsi d'acqua a regime torrentizio o permanente e l'introduzione del telecontrollo, telesorveglianza e telecomando ed azionamento consentono di recuperarli ad una piena produttività, risparmiando sui costi del personale di gestione, che in genere si limita alla sola manutenzione ordinaria con semplici operazioni periodiche (ad es. la sostituzione dell'olio per la lubrificazione delle parti). Molti impianti di piccola taglia attuano il cosiddetto recupero energetico.

I sistemi idrici nei quali esistono possibilità di recupero sono assai diversi e possono essere indicativamente raggruppati nelle seguenti tipologie:

- a. acquedotti locali o reti acquedottistiche complesse;
- b. sistemi idrici ad uso plurimo (potabile, industriale, irriguo, ricreativo, etc.);
- c. sistemi di canali di bonifica o irrigui;
- d. canali o condotte di deflusso per i superi di portata;
- e. circuiti di raffreddamento di condensatori di impianti motori termici.

In linea generale, nei sistemi idrici in cui esistono punti di controllo e regolazione della portata derivata o distribuita all'utenza, come pure dei livelli piezometrici, attraverso organi del tipo di paratoie, valvole, opere idrauliche (vasche di disconnessione, sfioratori, traverse, partitori), cioè sistemi di tipo dissipativo, è



possibile installare turbine idrauliche che siano in grado di recuperare salti altrimenti perduti. Si può dire che esiste la convenienza a realizzare impianti di piccola taglia ove le condotte già esistano insieme a salti e portate interessanti, sotto questo punto di vista gli acquedotti rappresentano una significativa possibilità di sfruttamento.

ASPETTI ECONOMICI

Il costo del kWh ottenuto con i sistemi idroelettrici è sempre stato competitivo nei confronti delle fonti esauribili, questo è evidente in quanto i costi di produzione per lo sfruttamento delle risorse idriche sono imputabili ai soli impianti di produzione e non ci sono costi, se non marginali, per materie prime (es. combustibili), mentre i costi di manutenzione e di gestione sono grossomodo paragonabili se non inferiori ai costi di gestione e manutenzione degli impianti termoelettrici.

Qualche cifra a titolo orientativo e senza la pretesa di grande precisione.

Si chiamino:

CI - il costo per kW elettrico installato,

CM - il costo del macchinario idraulico per kWe installato,

CE - il costo dell'energia elettrica (kWh) prodotta.

Con rata di ammortamento del 10%, la spesa annua di investimento è dell'ordine di $CI/10$. Se si produce per 6000 ore annue a piena potenza, 1 kW installato fornisce 6000 kWh. Il costo dei kWh al limite è dunque $CE = CI/60.000$. Tenuto conto dell'onere della manutenzione si può ridurre il denominatore e scrivere $CE = CI/50.000$. Se si vuole che il costo dell'energia sia contenuto, ponendo ad es. $CE = 0,05 \text{ €/kWh}$, risulta

Tabella 1

	10%	costo dell'acqua, assicurazione, diritti
	40%	costo opere fisse in muratura
	10%	costo opere di adduzione e scarico
	30%	costo opere elettriche e di regolazione
Sommano a:	90%	
	10%	costo macchinario idraulico (CM)
Totale:	100%	

Nell'impianto si può supporre la distribuzione dei costi di Tabella 1 (Chiaramente certi costi, opere in muratura, opere di adduzione e scarico, variano moltissimo da caso a caso). Il macchinario idraulico deve quindi costare al limite 260 €/kW. Si tratta di una cifra invero modesta e, oltre tutto, calcolata con un certo ottimismo perché se nel settore microhydro la predetta ripartizione dei costi è in certo senso verosimile, in quello minihydro l'incidenza delle opere fisse in muratura è spesso superiore e questo induce o a ricercare macchine assai economiche, come già detto, o ad aumentare il costo dei kWh oltre il valore dinnanzi indicato e ritenuto "ragionevole".

Come è evidente in Tabella 1 gli impianti idroelettrici hanno nelle opere fisse in muratura una componente di costi considerevole, bisogna considerare che si possono ottenere notevoli riduzioni di costo adottando sistemi di sbarramento con tecnologie abbattibili anche in materiali plastici esistenti in commercio, ciò è maggiormente fattibile negli impianti microhydro, questi sistemi hanno diversi vantaggi oltre al minor costo.

In generale il grande idroelettrico ha raggiunto una certa maturità economica ma in molti casi si possono ottenere migliori rendimenti aggiornando le tecnologie degli impianti stessi che spesso risalgono a molte decine di anni fa.



Per il mini e soprattutto per il micro-hydro invece esistono molti margini di miglioramento delle tecnologie e quindi dei costi del kWh prodotto, soprattutto per i piccolissimi impianti non c'è ancora tecnologia specifica e tanto meno in scala adeguata. Qualora si ovviasse a queste considerazioni il kWh prodotto sarebbe certamente competitivo con gli attuali standard di produzione dell'energia elettrica.

In generale si può osservare che il tempo di ammortamento degli impianti idroelettrici è valutabile in 8-10 anni, mentre il tempo di funzionamento è in media superiore ai 30 anni, non sono rari gli impianti operativi da un centinaio d'anni.

IMPATTO AMBIENTALE

A parità di energia prodotta, una centrale idroelettrica che genera 6 GWh permette di ridurre l'emissione di anidride carbonica di 4.000 t/anno rispetto ad una centrale a carbone.

Per una generazione di 1.900 GWh/anno, quale quella che si realizzerebbe sviluppando il potenziale prima detto, si avrebbe una riduzione di 1,27 Mt/anno di diossido di carbonio e 3.800 t di ossidi di azoto oltre a 535 t di particolati vari. L'impatto ambientale degli impianti è comunque legato alla trasformazione del territorio e alla derivazione o captazione di risorse idriche da corpi idrici superficiali.

Il deflusso minimo vitale costituisce come anticipato un elemento di valutazione notevole per la stima della effettiva incidenza che hanno le derivazioni sui corpi idrici assoggettati.

L'impatto ambientale degli impianti idraulici è ben diverso e varia in misura notevole a seconda che si tratti di impianti a bacino (Quello dovuto agli impianti a bacino è di gran lunga superiore agli altri, ovviamente, per la presenza della diga e dell'invaso che creano una rilevante modificazione territoriale) O meno.

Fermo restando la presenza di notevoli opere di captazione e contenimento, e la stessa esistenza del bacino, che mutano il paesaggio e la fruibilità del territorio, esistono due aspetti che sono strettamente collegati con il prelievo di acque superficiali e che possono generare impatti notevoli di due diversi ordini:

- I. impatto relativo alla variazione (diminuzione) della quantità dell'acqua, con possibili conseguenze conflittuali per gli utilizzatori;
- II. impatto relativo alla variazione di qualità dell'acqua in conseguenza di variazioni di quantità ed anche in conseguenza di modificazioni della vegetazione riparia. (è stato osservato sperimentalmente che in vicinanza delle pareti cementate di una diga si arriva facilmente in acqua a condizioni di anossia; la mancanza di ombreggiatura della superficie delle acque di un corpo idrico, imputabile alla mancanza di vegetazione sulle rive, tende ad aumentare la temperatura diminuendo così la quantità di ossigeno disciolto)

La limitazione dell'entità e della rilevanza di queste due voci può essere conseguita sfruttando il concetto di deflusso minimo vitale (DMV) negli alvei sottesi. L'impiego tecnico di un criterio di progetto basato su tale parametro non è facile, in quanto lo stesso può essere valutato sulla base di due diversi punti di vista: quello idrologico e quello basato sugli equilibri biologici (microhabitat) del corpo idrico in esame. Fra i due esiste una notevole diversità. In ogni caso la stima del DMV è assai delicata ed il parametro va impiegato con notevole cautela.

In genere, gli impianti mini-hydro presentano un impatto più contenuto di quelli di dimensioni maggiori, specie nella versione a recupero, in quanto si inseriscono entro schemi idrici già esistenti e quindi, eventualmente, già caratterizzati da un impatto mitigato in altre maniere.

La loro presenza sul territorio può contribuire alla regolazione e regimazione delle piene sui corpi idrici a regime torrentizio, specie in aree montane ove esista degrado e dissesto del suolo e, quindi, possono contribuire efficacemente alla difesa e salvaguardia del territorio.