

# Minidraulica

## Quadro sintetico della tecnologia, degli impianti e delle macchine

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. Gli impianti idraulici, quindi, 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 ( $Q > 10$  m<sup>3</sup>/s);
- ii. media portata ( $Q = 10 \div 100$  m<sup>3</sup>/s);
- iii. grande portata ( $Q = 100 \div 1000$  m<sup>3</sup>/s);
- iv. altissima portata ( $Q > 1000$  m<sup>3</sup>/s).

Non tutti gli impianti Mini-Hydro sono catalogabili fra quelli con i più bassi livelli di caduta e portata, dal momento che la taglia è individuata dal prodotto di queste due grandezze come meglio evidenziato più avanti dalla relazione (5).

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:

$$P = \mu \cdot Q \cdot H \cdot 9,81 \quad (1)$$

ove  $\mu$  rappresenta il rendimento globale dell'impianto, Q la portata espressa in m<sup>3</sup>/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 studiati e progettati presso l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" da Carmelo Caputo.

### Stato dell'arte

Per avere un quadro significativo in merito allo stato dello sviluppo del mini-hydro in Italia non è fuori luogo compiere l'exkursus rappresentato dalle tabelle che seguono.

Tab. 1

DATI RELATIVI ALLA GENERAZIONE ELETTRICA IN ITALIA NEL 1997			
<i>Settore Idroelettrico</i>	<i>Valori Assoluti</i>	<i>% entro il settore</i>	<i>% sul totale generale</i>
<i>Parco di Generazione ENEL:</i>			
Numero di Impianti	652	33,63	***
Potenza installata (MW)	18156	82,16	25,06
Energia Prodotta (GWh)	34082	73,22	14,22
<i>Parco di generazione totale:</i>			
Numero di Impianti	1939	***	***
Potenza installata (MW)	22099	***	30,51
Energia Prodotta (GWh)	46548	***	19,42
<i>Settore termoelettrico</i>	<i>Valori Assoluti</i>	<i>% entro il settore</i>	<i>% sul totale generale</i>
<i>Parco di Generazione ENEL:</i>			
Numero di Impianti	89	11,54	***
Numero di Sezioni	259	15,82	***
Potenza installata (MW)	39741	78,94	54,86
Energia Prodotta (GWh)	143591	74,33	59,90
<i>Parco di generazione totale:</i>			
Numero di Impianti	771		***
Numero di Sezioni	1637		***
Potenza installata (MW)	50344		69,49
Energia Prodotta (GWh)	193183		80,58
<i>Totale Generale</i>	<i>Valori Assoluti</i>	<i>% entro il settore</i>	
Potenza installata (MW)	72443	***	
Energia Prodotta (GWh)	239731	***	
N.B.: Elaborazione dei dati da fonte UNAPACE e ENEL (1998).-			

Tab. 2

POTENZA IDROELETTRICA INSTALLATA IN ITALIA NEL 1997 E NEL 1998						
Valori assoluti						
Produttore / Anno	N° degli Impianti		P nominale (MW)		Prod./tà media annua (GWh)	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
ENEL	652	630	18.156	18.105	36.936	36.485
Aziende Municipalizzate	122	121	1.528	1.541	4.449	4.450
Altre Imprese	665	691	351	377	1.478	1.581
Autoproduttori	500	497	2.064	2.135	7.598	7.657
<b>Totale Italia</b>	<b>1.939</b>	<b>1.959</b>	<b>22.099</b>	<b>22.158</b>	<b>50.461</b>	<b>50.173</b>
Valori percentuali						
Produttore / Anno	N° degli Impianti		P nominale (MW)		Prod./tà media annua (GWh)	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
ENEL	34	33	82	82	73	73
Aziende Municipalizzate	6	6	7	7	9	9
Altre Imprese	34	35	2	2	3	3
Autoproduttori	26	25	9	10	15	15
<b>Totale Italia</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

N.B.: I dati presentati sono stati elaborati su quelli da fonte ENEL, la produttività, in particolare è "lorda" e comprende gli apporti da impianti di "pompeggio".

Tab. 3

SITUAZIONE DEL PARCO IDROELETTRICO ITALIANO AL 31.12.1998			
Classe di potenza	N° Impianti	P nom. (MW)	E/anno (GWh)
Oltre 200 MW	16	8.159	9.070
da oltre 100 a 200 MW	23	3.515	6.729
da oltre 50 a 100 MW	29	2.086	6.227
da oltre 30 a 50 MW	60	2.655	7.983
da oltre 20 a 30 MW	55	1.529	5.132
da oltre 10 a 20 MW	108	1.684	5.578
da oltre 5 a 10 MW	129	1.043	3.723
da oltre 1 a 5 MW	390	971	3.818
fino a 1 MW	1.149	516	1.913
<b>Totale</b>	<b>1.959</b>	<b>22.158</b>	<b>50.173</b>
<i>Analisi statistica elementare dei dati</i>			
Potenza nominale media degli impianti del parco (MW)		11,31	
Produttività media annua lorda per impianto del parco (GWh)		25,61	
Fattore di utilizzazione medio annuo dell'intero parco (h/ann)		2.264,33	

N.B.: I dati sono stati elaborati sulla base di quelli noti dall'ENEL.

Tab. 4

SITUAZIONE DEL PARCO IDROELETTRICO ITALIANO AL 31.12.1993			
Parco Impianti "ENEL"			
Classe di Potenza efficiente	N° Impianti	P nom. (MW)	E/anno (GWh)
P > 10 MW	223	15.346	27.993
1 < P < 10 MW	234	1.003	3.075
P < 1 MW	154	141	339
<b>Totale</b>	<b>611</b>	<b>16.490</b>	<b>31.407</b>
Parco Impianti "PRIVATI"			
Classe di Potenza efficiente	N° Impianti	P nom. (MW)	E/anno (GWh)
P > 10 MW	63	2.451	11.842
1 < P < 10 MW	239	720	782
P < 1 MW	892	212	431
<b>Totale</b>	<b>1.194</b>	<b>3.383</b>	<b>13.055</b>
Parco Impianti "TOTALE"			
Classe di Potenza efficiente	N° Impianti	P nom. (MW)	E/anno (GWh)
P > 10 MW	286	17.797	39.835
1 < P < 10 MW	473	1.723	3.857
P < 1 MW	1.046	353	790
<b>Totale</b>	<b>1.805</b>	<b>19.873</b>	<b>44.482</b>
Composizione percentuale dei vari parchi per classe di potenza			
Classe di Potenza efficiente	ENEL	Privati	Totale
P > 10 MW	12,35	3,49	15,84
1 < P < 10 MW	12,96	13,24	26,20
P < 1 MW	8,53	49,42	57,95

N.B.: La composizione percentuale è stata ricavata rispetto al parco "Totale".

Tab. 5

PRODUZIONE DI ENERGIA IDROELETTRICA IN ITALIA, TRA IL 1991 ED IL 1998								
Descrizione / Anno	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Totale R.E.S. (GWh/anno)	45.613,2	45.845,7	45.305,6	48.368,3	41.617,6	46.439,6	46.448,9	46.843,4
Fonte idroelettrica (GWh/anno)	42.239,5	42.200,1	41.425,1	44.658,1	37.780,8	42.035,6	41.559,8	41.213,6
Incidenza % idroelettrica sul totale	92,60	92,05	91,43	92,33	90,78	90,52	89,47	87,99
Prod. ne. elettrica inn. P < 1 MW	1.386,3	1.450,5	1.469,5	1.633,3	1.411,2	1.649,5	1.627,3	1.718,2
Incidenza % impianti P < 1 MW (1)	3,28	3,44	3,55	3,66	3,74	3,92	3,92	4,17
Incidenza % impianti P < 1 MW (2)	3,04	3,16	3,24	3,38	3,39	3,55	3,50	3,67
N.B.: Il contributo della fonte idroelettrica riportato è quello totale: i dati sono stati elaborati sulla base delle statistiche dell'ENEL. R.E.S. = fonti rinnovabili di energia.								
Legenda: (1) sul totale della fonte idroelettrica; (2) sul totale delle fonti rinnovabili sfruttate in Italia.								

## 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:

- acquedotti locali o reti acquedottistiche complesse;
- sistemi idrici ad uso plurimo (potabile, industriale, irriguo, ricreativo, etc.);
- sistemi di canali di bonifica o irrigui;
- canali o condotte di deflusso per i superi di portata;
- 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.

## Potenzialità

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, proprio nel biennio 1998-2000, 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 [ENEA (1998)] *nota*<sup>1</sup>, 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*.

La tab. 6 offre il panorama della crescita impiantistica stimata da TONDI et al. (1999), che risulta esser stato basato su un censimento dei corsi d'acqua attraversanti aree urbane ed aree di interesse idroelettrico effettuato in Italia nell'ambito del Progetto THERMIE della UE. Sui 350 corpi idrici censiti ed interessanti aree di tipo urbano (400), sono stati individuati 814 siti potenziali di cui circa 450 in aree di tipo urbano e suburbano e 107 nella sola Regione Valle d'Aosta, per un totale di circa 921 siti.

In tali siti potrebbero sorgere nuovi impianti oppure si potrebbe procedere al recupero ed al potenziamento di quelli esistenti che risultano dismessi o comunque abbandonati anche per problemi inerenti alle concessioni.

Tab. 6

Potenziale Idraulico sfruttabile in Italia	
Descrizione	Valore
Numero di siti	921
Potenza installabile (MW)	421.69
Energia producibile (GWh/anno)	1.874.30
Numero di siti in aree suburbane e urbane	456
Potenza installabile (MW)	115.56
Energia producibile (GWh/anno)	499.88

Dati da TONDI et al. (1999)

Dai 456 siti potenziali rilevati sarebbe possibile, attraverso l'installazione di impianti per una potenza stimata pari a 115 MW <sup>nota 2</sup>, generare circa 500 GWh/anno con un fattore di utilizzazione medio pari a circa 4500 h/anno.

L'investimento totale per tutti i siti esaminati assommerebbe a circa 880 miliardi di lire italiane, mentre per le sole aree urbane si dovrebbero spendere solo 283 miliardi di lire.

È particolarmente significativo il fatto che, sugli 814 siti ipotizzati, solo 31 consentirebbero l'installazione di impianti con una potenza superiore a 1 MW.

### Aspetti economici

Il costo medio del kWh degli impianti mini-hydro varia dalle 85 alle 115 £ in funzione delle caratteristiche del sito (salto e portata).

Per uno sviluppo di tutti gli impianti individuati nel precedente par. si è stimata una somma pari a circa 880 miliardi di lire, con un costo unitario della potenza installata pari a circa 2.086.821 lire.

Alcune turbine Banki, realizzate in Italia, per impianti micro-hydro hanno costi compresi fra 1,5 e 2,5 milioni di lire/kW nella classe da 10 a 60 kW.

Un possibile incentivo alla realizzazione degli impianti, ipotizzati per le aree urbane e/o suburbane, potrebbe venire dalla loro integrazione in sistemi DPS (piccoli impianti distribuiti di accumulo a mezzo pompaggio <sup>nota 3</sup>) del tipo proposti da REYNOLDS (1995) ed in questo caso tali impianti potrebbero, significativamente, partecipare al miglioramento della qualità del sistema di distribuzione elettrica a livello locale, specie nelle aree appenniniche della penisola.

### Impatto ambientale degli impianti mini-hydro

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 <sup>nota 4</sup> 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 <sup>nota 5</sup>.*

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 [nota](#) <sup>6</sup>. 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 [nota](#) <sup>7</sup>. 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.

## note

1. [▲](#)Al 1998 esisteva una quota di impianti con potenza fino a 10 MW pari a 2530 MW e quindi si avrebbe un incremento del 23% circa.
2. [▲](#)Ogni impianto avrebbe una potenza media di circa 250 kW.
3. [▲](#)Ubicati in posizioni assai vicine ai centri di utilizzazione massiva dell'energia elettrica (aree urbane assai densamente popolate o aree industriali caratterizzate da intensi prelievi elettrici).
4. [▲](#)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.
5. [▲](#)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.
6. [▲](#)Si tratta di un concetto che, prima ancora che tecnico, è giuridico, essendo stato introdotto, per esempio in Italia, attraverso una legge dello stato [v. art. 3, punto 1, lettera i) della L. n° 183/'89]; questo parametro stabilisce "...la quota minima di acqua necessaria al mantenimento dei valori ambientali del corpo idrico ad un livello accettabile" .
7. [▲](#)La portata di DMV calcolata dal punto di vista idrologico può essere molto maggiore di quella basata sui microhabitat (la prima può essere 6 volte la seconda), per cui sembrerebbe di poter dire che "...la metodologia dei microhabitat garantisca il massimo sfruttamento della risorsa idrica".