



ENEA

AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

Ricerca
e innovazione
per un futuro
low-carbon

Le Fonti
Rinnovabili 2010



Scheda tecnologica:

IDROELETTRICO

Descrizione e stato dell'arte

La produzione di energia idroelettrica, pari a circa il 70% della produzione complessiva lorda da fonti rinnovabili, rappresenta la più importante forma di energia rinnovabile in Italia.

Per il grande idroelettrico, principalmente per impianti con grandi invasi e dighe, è **poco ipotizzabile uno sviluppo futuro significativo**. Considerando l'età media delle dighe italiane, ormai superiore ai 60 anni, per molte delle quali il periodo di vita residuo è stimabile in alcune decine di anni, è ragionevole attendersi una sensibile riduzione della producibilità da fonte idroelettrica. I principali fattori alla base di tale riduzione sono: limitazione di invaso per le dighe che presentano problemi di sicurezza, riduzione di invaso per interrimento del serbatoio, dismissione di quelle dighe per le quali non vi è un conveniente ritorno economico a fronte di interventi di ripristino.

Il quadro generale è più articolato per gli impianti mini idroelettrici, dove i minori problemi di sicurezza e il vantaggio di una tipologia distribuita di generazione, rende opere e macchinari più facilmente inseribili sul territorio.

Gli impianti idroelettrici si suddividono in grandi impianti idroelettrici (o più semplicemente idroelettrici) ed in impianti idroelettrici minori (mini-idroelettrico o SHP¹¹⁰); la **suddivisione avviene in base alla potenza installata nell'impianto e si può assumere come valore di soglia la potenza di 10 MW** (in Italia si parla di idroelettrico minore fino al limite di 3 MW).

Questa suddivisione solitamente si riscontra anche nella diversa tipologia degli impianti: mentre i grandi impianti idroelettrici richiedono solitamente la sommersione di estese superfici **con la creazione di bacini artificiali per accumulo d'acqua con notevole impatto ambientale e sociale**, un piccolo impianto idroelettrico può integrarsi profondamente **nell'ecosistema naturale locale, sfruttando direttamente la corrente fluviale**. Occorre tuttavia mettere in evidenza come un grande impianto richiede minori costi di realizzazione, gestione e manutenzione rispetto ad un numero consistente di impianti di piccola taglia che forniscano la medesima potenza installata. Anche dal punto di vista dell'impatto ambientale sarebbe necessaria un'attenta valutazione comparativa tra queste due tipologie di impianti.

Gli impianti idroelettrici possono anche essere definiti per *tipologia impiantistica* come: impianti a serbatoio, a bacino oppure ad acqua fluente. Tale classificazione dipende **dalla durata di invaso dell'impianto ossia il tempo necessario per fornire al serbatoio un volume d'acqua pari alla sua capacità utile con la portata media annua del corso d'acqua che in esso si riversa**.

Gli *impianti a serbatoio* prendono il nome dal "serbatoio di regolazione" stagionale che li caratterizza. Questi impianti hanno durata di invaso maggiore o uguale a 400 ore.

¹¹⁰ Con SHP o Small Hydro Power, si indicano le centrali idroelettriche con potenza P (generata dalla centrale in condizioni normali) inferiore a 10 MW e classificate [fonte: UNIDO, Organizzazione delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Industriale] come:

- Micro centrali idroelettriche P < 100 kW (0,1 MW)
- Mini centrali idroelettriche P < 1.000 kW (1 MW)
- Piccole centrali idroelettriche P < 10.000 kW (10 MW)

La classificazione degli impianti di mini-idraulica altro non è che una convenzione utile a rispecchiare differenti modalità realizzative e di funzionamento. Nella realtà italiana sarebbe più rispondente al reale considerare come limite superiore delle mini-centrali la potenza di 3.000 kW (3 MW) così da essere in linea con la **taglia presa a riferimento dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas nelle delibere di determinazione dei prezzi di cessione dell'energia** [Testo Unico sulle acque R.D. 1775 del 1933].

Gli *impianti a bacino* sono quelli che hanno un serbatoio classificato come "bacino di modulazione" settimanale o giornaliera, hanno durata di invaso minore di 400 ore e maggiore di 2.

Gli impianti ad acqua fluente hanno una capacità di regolazione degli afflussi piuttosto limitata, per cui la portata sfruttata praticamente coincide con quella disponibile nel corso d'acqua (a meno di una quota detta deflusso minimo vitale, necessaria per salvaguardare l'ecosistema); la turbina produce con modi e tempi totalmente dipendenti dalla disponibilità del corso d'acqua: se il corso d'acqua è in magra e si scende sotto un livello minimo di portata, cessa la produzione di energia elettrica.

Altre tipologie sono le seguenti:

- *Impianti inseriti in un canale od in una condotta per approvvigionamento idrico*: l'acqua potabile di una rete acquedottistica urbana è addotta da un serbatoio di testa mediante condotte in pressione. In tali opere, la dissipazione dell'energia all'estremo più basso della tubazione in prossimità dell'ingresso all'impianto di trattamento acque, viene conseguito mediante l'uso di apposite valvole: un'alternativa interessante è quella di inserire una turbina che recuperi l'energia che altrimenti verrebbe dissipata. Si ha così un recupero energetico, che può essere effettuato anche in altri tipi di impianti: sistemi di canali di bonifica, circuiti di raffreddamento di condensatori, sistemi idrici vari. Una realizzazione di questo tipo offre, oltre la produzione di energia elettrica, il vantaggio che l'impianto a divenire è parzialmente già costruito per opera di presa, condotta e rilascio.
- *Impianti d'accumulazione mediante pompaggio*: sono impianti con tutte le caratteristiche degli impianti tradizionali ma che ricavano la disponibilità d'acqua nel serbatoio superiore mediante sollevamento elettromeccanico realizzato con pompe. Questo tipo d'impianto si usa dove la disponibilità naturale di acqua è scarsa e consiste in due serbatoi di estremità, collocati a quote differenti, collegati mediante i manufatti tipici di un impianto idroelettrico: nelle ore diurne di maggior richiesta dell'utenza (ore di punta), l'acqua immagazzinata nel serbatoio superiore è usata per la produzione di energia elettrica; nelle ore di minor richiesta (ore notturne) la stessa viene risollevata al serbatoio superiore mediante pompe. In questo modo, l'uso della corrente elettrica per pompare l'acqua nel serbatoio superiore è restituita (in quantità minore a causa dei rendimenti) in una forma di maggior pregio perché restituita nelle ore di maggior richiesta.

Gli impianti idroelettrici sono caratterizzati da affidabilità e flessibilità di funzionamento, in virtù dei tempi di avviamento e arresto limitati a pochi minuti. La tecnologia è matura, ampiamente collaudata, la componentistica ha una vita lunga e i malfunzionamenti sono di norma rari. La gestione degli impianti richiede generalmente poco personale, in quanto è possibile garantirne il funzionamento interamente tramite comando remoto.

Nei Paesi più industrializzati, secondo il World Energy Council, il potenziale idroelettrico non ancora sfruttato potrà fornire nei prossimi decenni contributi marginali. Nel caso specifico dell'Europa si ritiene che sia già stato sviluppato oltre il 75% del potenziale idroelettrico.

A livello nazionale, secondo dati pubblicati dal Gestore dei Servizi Elettrici (GSE) sullo sviluppo dell'idroelettrico in Italia, al 31 dicembre 2008 il parco impiantistico di consistenza pari a 17.623 MW è costituito da 296 grandi impianti (> 10 MW) che, in termini di potenza efficiente lorda, rappresentano l'85,2% del totale. Il restante 14,8% è suddiviso tra una quota dell'12,2% dei 665 impianti del piccolo idroelettrico (1 - 10 MW) ed una del 2,6% circa dei 1.223 impianti del mini idroelettrico (< 1 MW).

In termini di energia prodotta nel 2008, il grande, il piccolo e il mini idroelettrico hanno contribuito rispettivamente per il 78%, il 17,8% e il 4,3% per un totale di 41,6 TWh di produzione idroelettrica nazionale. Nel 2008 la produzione lorda di energia della risorsa idrica è risultata in crescita di circa 8,8 TWh (+26,8%) rispetto all'anno precedente.

Per le categorie d'impianto del mini e piccolo idroelettrico dal 2007 al 2008 si sono riscontrati incrementi di potenza efficiente lorda installata pari rispettivamente a 13 MW (+3,1%) ed a 70 MW (+3,4%), dovuti anche a nuove realizzazioni impiantistiche. È interessante notare che a fronte dell'incremento registrato in questi anni della potenza

efficiente lorda installata non corrisponda sempre un'analogia crescita annuale di produzione di energia elettrica che dipende, di fatto, dai fattori climatici che caratterizzano ogni ciclo idrologico.

Anche il grande idroelettrico ha mostrato nello stesso periodo un leggero aumento della potenza efficiente lorda installata (+0,5%) pari a 82 MW in più.

A livello regionale, sempre secondo le elaborazioni statistiche del GSE (tabella 1), il contributo complessivo alla produzione idroelettrica lorda di sole tre regioni quali Piemonte (5.654,3 GWh), Lombardia (10.504,6 GWh) e Trentino Alto Adige (9.273,9 GWh) corrisponde a quasi il 72% di tutta la produzione idroelettrica nazionale.

Il contributo del settore idroelettrico alle energie rinnovabili in Italia ha ancora notevoli margini di sviluppo, in particolare per quanto riguarda il comparto dell'idroelettrico minore che copre il 22% della capacità produttiva da idroelettrico nazionale. La possibilità di un recupero delle potenzialità dell'idroelettrico minore non ancora esplorate si fonda essenzialmente sulle effettive situazioni idrologiche e geomorfologiche finora trascurate, sulle possibilità sinergiche con altri settori affini come i sistemi acquedottistici, le reti di irrigazione e bonifica, i processi industriali bisognosi di ingenti risorse idriche, la gestione e sviluppo delle opere di salvaguardia dei flussi idrici (briglie, traverse ecc.).

Gli aspetti legati all'impatto ambientale e lo sfruttamento già in atto dei principali corsi d'acqua rendono molto limitata la possibilità di realizzare nuovi impianti di grande taglia. Alla luce di quanto espresso precedentemente in merito alla riduzione attesa di producibilità da grandi impianti idroelettrici e considerando la possibile applicazione integrale da parte delle Regioni dei vincoli del Deflusso Minimo Vitale¹¹¹ (DMV) sulla portata derivabile o intercettabile per scopi energetici e/o irrigui, ci si attende una sensibile riduzione di producibilità. In particolare, con riferimento al solo DMV, si stima una riduzione dell'energia prodotta pari al 12% nel 2008 e al 25% nel 2016 rispetto ai dati 2004.

Pertanto, le attuali condizioni di mercato trovano oggi diversi motivi per una rivitalizzazione dei settori del micro, mini e piccolo idroelettrico, fino a qualche anno fa trascurati per le modeste dimensioni aziendali dei principali operatori che non favorivano la realizzazione di piani di sviluppo settoriale.

Prospettive tecnologiche e R&S

Lo sfruttamento delle acque, prima per produzione puramente di forza meccanica, a partire dal secolo scorso anche a fini idroelettrici, è di antica data. Una simile conoscenza della risorsa ha permesso di ottenere un buon grado di sviluppo tecnologico per

Tabella 1 – Produzione lorda degli impianti idroelettrici ripartiti per regione

| GWh | | | Quote % | |
|-----------------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|
| | 2007 | 2008 | 2007 | 2008 |
| Piemonte | 5.185,0 | 5.654,3 | 15,8 | 13,6 |
| Valle d'Aosta | 2.768,8 | 2.845,6 | 8,4 | 6,8 |
| Lombardia | 7.520,9 | 10.504,6 | 22,9 | 25,2 |
| Trentino Alto Adige | 6.958,4 | 9.273,9 | 21,2 | 22,3 |
| Veneto | 3.229,6 | 4.162,1 | 9,8 | 10,0 |
| Friuli Venezia Giulia | 1.304,6 | 1.761,1 | 4,0 | 4,2 |
| Liguria | 146,7 | 227,8 | 0,4 | 0,5 |
| Emilia Romagna | 750,9 | 934,3 | 2,3 | 2,2 |
| Nord | 27.865,1 | 35.363,6 | 84,9 | 85,0 |
| Toscana | 494,5 | 715,1 | 1,5 | 1,7 |
| Umbria | 920,2 | 1.072,8 | 2,8 | 2,6 |
| Marche | 211,2 | 500,7 | 0,6 | 1,2 |
| Lazio | 624,1 | 898,0 | 1,9 | 2,2 |
| Centro | 2.249,9 | 3.186,6 | 6,9 | 7,7 |
| Abruzzo | 890,5 | 1.299,0 | 2,7 | 3,1 |
| Molise | 120,4 | 172,7 | 0,4 | 0,4 |
| Campania | 354,4 | 405,2 | 1,1 | 1,0 |
| Puglia | - | - | - | - |
| Basilicata | 230,8 | 207,6 | 0,7 | 0,5 |
| Calabria | 705,7 | 651,6 | 2,2 | 1,6 |
| Sicilia | 97,5 | 70,3 | 0,3 | 0,2 |
| Sardegna | 300,9 | 266,5 | 0,9 | 0,6 |
| Sud | 2.700,3 | 3.072,7 | 8,2 | 7,4 |
| ITALIA | 32.815,2 | 41.623,0 | 100,0 | 100,0 |

Fonte: GSE - Gestore Servizi Elettrici

¹¹¹ Il Deflusso Minimo Vitale è la minima portata di acqua che deve essere rilasciata nel corso d'acqua a valle dello sbarramento o dell'opera di presa per garantire un deflusso a valle sufficiente perché il fiume rimanga vivo e mantenga una continuità tale da sostenere flora e fauna (utilizzi ambientale, approvvigionamento idrico, pesca); costituisce pertanto un parametro di valutazione per la stima della effettiva incidenza che hanno le derivazioni sui corpi idrici assoggettati.

quanto riguarda i grandi impianti, accompagnato da costi di installazione contenuti ed uno sfruttamento giunto quasi al limite per la realizzazione di impianti avvenuta nei siti più convenienti dal punto di vista tecnico ed economico. La restante quota di potenzialità del grande idroelettrico appare di difficile utilizzazione a causa dei problemi autorizzativi e dell'elevato impatto ambientale che questi impianti hanno.

Nel caso delle applicazioni idroelettriche con potenze di macchinario contenute, anche se il trasferimento della tecnologia non è possibile per evidenti limiti economici, l'esperienza e l'affinità con la fonte energetica, maturate con i medi e grandi impianti, hanno permesso di semplificare i disegni delle micro e miniturbine a vantaggio delle economie di scala dei manufatti.

A beneficio della riduzione del costo di fabbricazione del kW, le prospettive tecnologiche di R&S mirano a semplificare la struttura meccanica della macchina, realizzare in lamiera saldata le casse tradizionalmente fuse, produrre le pale in lamiera calandrata eliminando ove possibile la doppia curvatura caratteristica tipica di tutte le turbine classiche e semplificando la configurazione dei distributori: accorgimenti di questo tipo stanno dando origine a macchinari piccoli ed economici, accreditati di rendimento accettabile, se adottati in schemi di funzionamento idonei allo specifico settore idraulico.

Gli impianti micro idraulici trovano applicazione ottimale in siti in cui coesiste un fabbisogno energetico da soddisfare ed una disponibilità di portata d'acqua, eventualmente limitata, su di un salto che può scendere a pochi metri.

In simili circostanze l'introduzione di sistemi di utilizzo delle acque risulta di impatto limitato senza modificare l'uso prevalente del corso d'acqua che può essere vitale per alimentare utenze isolate come nelle aree montane, difficilmente raggiungibili o non servite dalla rete nazionale e dove maggiore è, infatti, la diffusione degli impianti di piccolissima taglia. In queste zone vengono tipicamente realizzate, o rimesse in funzione, **micro centrali su corsi d'acqua a regime torrentizio o permanente, a servizio di comunità locali o fattorie ed alberghi isolati, gestite all'interno di una pianificazione che predilige, per la tutela e conservazione del territorio, la generazione distribuita rispetto a quella centralizzata, convenzionale, e di grossa taglia.**

Il vantaggio dal punto di vista operativo è la facilità di gestione degli impianti, con l'introduzione di telecontrollo e telecomando che delegano al personale le sole attività di manutenzione ordinaria e straordinaria. Così sono utilizzati piccoli corsi d'acqua, ruscelli e torrenti con applicazioni mininvasive (gruppo turbina ed alternatore stagni sommersi in alveo con il cavo dell'energia elettrica connesso direttamente all'utilizzatore), inserite nel contesto naturale senza necessità di opere civili e/o controllo, che forniscono contributi di alcuni kW sufficienti per l'alimentazione di elettrodomestici, sistemi di trasmissione radio o impianti di illuminazione di rifugi.

Gli impianti di mini idraulica, introducendo degli accorgimenti sulle derivazioni principali a tutela del deflusso minimo vitale, superano l'accusa diffusa di togliere acqua dal corso del fiume impedendone la vita immediatamente a valle delle traverse. La diminuzione della portata nel corso d'acqua immediatamente a valle dell'opera di presa, come accade anche in modo naturale in diversi mesi dell'anno a prescindere dalla presenza delle opere di derivazione, varia a seconda della tipologia di centralina ma la lunghezza del tratto impoverito si attesta generalmente a poche centinaia di metri, con un impatto sul territorio debolmente invasivo.

Le micro centrali idroelettriche sono centrali di piccola potenza (da 50 W a 50 kW) con regolazione tipicamente automatica e potenza elettrica ottenuta proporzionalmente a salti (cadute) e soprattutto a quantità di acqua (portate turbinare) modestissime. Appartenenti alla categoria DC e AC, le micro centrali erogano rispettivamente corrente continua a 24 V, accumulabile in batterie, e corrente alternata monofase e trifase a 220/380 V e 50 Hz.

Un grande interesse stanno riscuotendo i nuovi impianti con turbine a bulbo sommerso per applicazioni di mini idro a bassissimo impatto visivo (centrale idroelettrica di Paullo sul canale Muzza, Milano). La turbina a bulbo è una turbina a reazione di derivazione Kaplan, con il generatore ed il moltiplicatore contenuti in una cassa impermeabile, a forma di bulbo, immersa in acqua. Nel bulbo sono pertanto installati sia la turbina che il generatore (tipicamente a magneti permanenti). Questa soluzione garantisce la totale assenza di rumore esterno, poiché il bulbo è sommerso e non necessita di un edificio di grandi dimensioni, riducendo al minimo l'impatto visivo dell'opera edile.

Potenziale di sviluppo e barriere alla diffusione

Il rapporto con gli ecosistemi è un aspetto fondamentale nella progettazione di un impianto idroelettrico. Due sono gli elementi strettamente collegati con il prelievo di acque superficiali e che possono generare impatti di due ordini diversi: l'impatto relativo alla variazione (diminuzione) della quantità dell'acqua, con possibili conseguenze conflittuali per gli utilizzatori ed effetti sulla fauna acquatica e l'impatto relativo alla variazione di qualità dell'acqua in conseguenza di variazioni di quantità ed anche in conseguenza di possibili modificazioni della vegetazione riparia.

La problematica principale nella pianificazione di un impianto idroelettrico è pertanto quella della variazione **quantitativa e qualitativa dell'acqua lungo il corso dell'asta fluviale prescelta**. Una prescrizione nazionale, utile in linea di principio al mantenimento di **valori ambientali accettabili lungo il corso d'acqua**, è quella del DMV. A livello italiano non esiste ancora un riferimento normativo che lo quantifichi, ma molte Regioni italiane ed Autorità di Bacino hanno legiferato in tal senso.

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 (basato su dati statistici e formule empiriche) e quello idrobiologico (basato su criteri scientifici, applicabili solo a quel corso d'acqua). **Fra i due esiste una notevole diversità**. In ogni caso la stima del DMV è assai delicata ed il parametro va impiegato con notevole accortezza.

Per ciò che riguarda la previsione dello sviluppo dell'idroelettrico minore in Italia, sono state fatte stime che forniscono valori loro piuttosto discordanti.

In particolare, il Libro Bianco ENEA (1999) riporta una previsione di circa 3.000 MWe installati entro il 2008-2012 (corrispondente ad una crescita di circa 37% riferiti ai valori del 1997).

Alcune stime di operatori privati indicano addirittura un potenziale di ben 10 GW, corrispondenti almeno a molte migliaia di nuovi impianti, includendo le micro centrali. Tuttavia queste stime sono da considerarsi di larga massima e andrebbero supportate da **un'analisi rigorosa considerando scenari di lungo periodo e ipotizzando un forte incentivo allo sviluppo della micro generazione distribuita.**

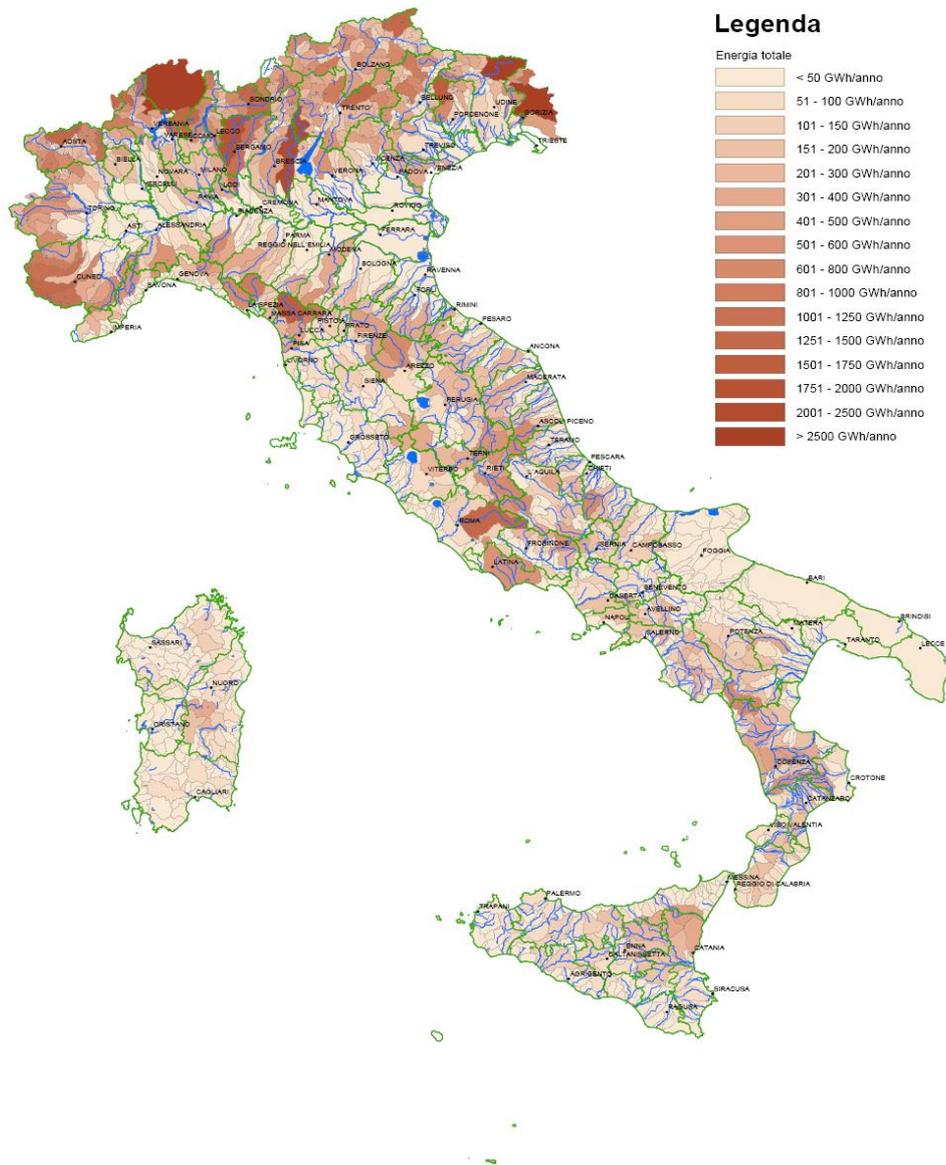
La stima del vero potenziale dell'idroelettrico minore italiano risulta molto complessa, in primo luogo perché richiede studi sul territorio ad una scala molto dettagliata, ed in secondo luogo perché, oltre agli aspetti energetici, tali studi devono anche considerare **la "sostenibilità" dell'utilizzo della risorsa idrica a livello locale.**

Di conseguenza è sempre più necessario, sia per chi deve pianificare le fonti di energia elettrica **da privilegiare nell'ambito di politiche energetiche nazionali e regionali**, sia per chi deve gestire il territorio, sia, infine, per chi deve costruire gli impianti, avere a disposizione informazioni aggiornate sulla disponibilità di tale risorsa, sui siti maggiormente **adatti all'installazione di centrali mini idro e sul potenziale di producibilità idroelettrica ancora sfruttabile.**

La mappa della producibilità idroelettrica massima annua dell'Italia redatta dal CESI RICERCA (oggi ERSE) mostra la distribuzione della producibilità idroelettrica di tutto il territorio nazionale (figura 1). Si può osservare che le zone di più elevato potenziale si **localizzano lungo l'arco alpino ed in certi bacini appenninici, dove si coniugano salti geodetici e piovosità consistente, dovuti alle condizioni orografiche e climatiche favorevoli.**

Il valore complessivo della producibilità idroelettrica massima, ottenuto con la metodologia sviluppata da CESI RICERCA, sarebbe di circa 200 TWh/anno. Questo valore, molto elevato se **confrontato con l'intera richiesta elettrica nazionale 2006 che è stata di circa 338 TWh, è puramente teorico; l'ipotesi di convertire in energia elettrica tutto il potenziale idrico disponibile non è realistica dal punto di vista tecnico ed ambientale.** Rispetto al suddetto valore teorico di producibilità idroelettrica massima, la quota **realmente sfruttabile può essere stimata all'incirca pari al 25%.**

Figura 1 – Mappa della producibilità idroelettrica massima annua dell'Italia



Fonte: ERSE

Lo studio più approfondito delle potenzialità idroelettriche italiane è quello che ha portato alla redazione della Carta Nazionale del potenziale della Mini-Idraulica, realizzata da ENEA attraverso l'utilizzo di software (ESRI ArcInfo) e di tutti i dati provenienti dall'Unione Europea (Programma THERMIE 1999-2000).

I risultati sono mostrati nella tabella 2 delle potenzialità idroelettriche delle regioni italiane.

I dati forniti indicano che, tra nuove installazioni e recupero di vecchi impianti dismessi, esistono almeno 921 siti ritenuti convenienti (456 in aree urbane o suburbane), che permetterebbero una produzione di energia complessiva di circa 1,9 TWh/anno.

Tabella 2 – Potenzialità idroelettrica regionale italiana

| REGIONE | AREA (mq) | NUMERO SITI | POTENZA (kW) | ENERGIA (GWh/anno) |
|-----------------------|----------------|-------------|---------------|--------------------|
| ABRUZZO | 10830099706.30 | 24 | 5397 | 24.74 |
| BASILICATA | 10072924744.00 | 3 | 4731 | 16.40 |
| CALABRIA | 15223382896.70 | 46 | 10070 | 41.13 |
| CAMPANIA | 13669716758.00 | 19 | 2888 | 12.20 |
| EMILIA ROMAGNA | 22118911995.50 | 131 | 28393 | 110.75 |
| FRIULI VENEZIA GIULIA | 7858360322.94 | 45 | 8328 | 39.08 |
| LAZIO | 17226430310.30 | 17 | 4433 | 21.38 |
| LIGURIA | 5407388384.60 | 27 | 6049 | 22.01 |
| LOMBARDIA | 23860302717.20 | 84 | 15253 | 77.76 |
| MARCHE | 9752430227.84 | 36 | 8659 | 32.59 |
| MOLISE | 4461110761.53 | 7 | 3252 | 13.48 |
| PIEMONTE | 25375743344.30 | 81 | 20887 | 88.75 |
| PUGLIA | 19538719955.20 | 0 | 0 | 0.00 |
| SARDEGNA | 24105172419.40 | 0 | 0 | 0.00 |
| SICILIA | 25832713113.30 | 4 | 202 | 0.78 |
| TOSCANA | 22970082050.10 | 115 | 36975 | 146.58 |
| TRENTINO ALTO ADIGE | 13601522313.80 | 37 | 4360 | 19.85 |
| UMBRIA | 8460889430.75 | 70 | 20125 | 83.48 |
| VALLE D'AOSTA | 3277370322.20 | 113 | 230368 | 1061.16 |
| VENETO | 18422632248.30 | 62 | 11324 | 61.56 |
| TOTALE | | 921 | 421694 | 1873.68 |

Fonte: ENEA

La regione della Valle d'Aosta potrebbe sviluppare una potenza di 230.368 kW e la relativa produzione elettrica eccedente potrebbe suggerire un'eventuale esportazione verso regioni con deficit energetici.

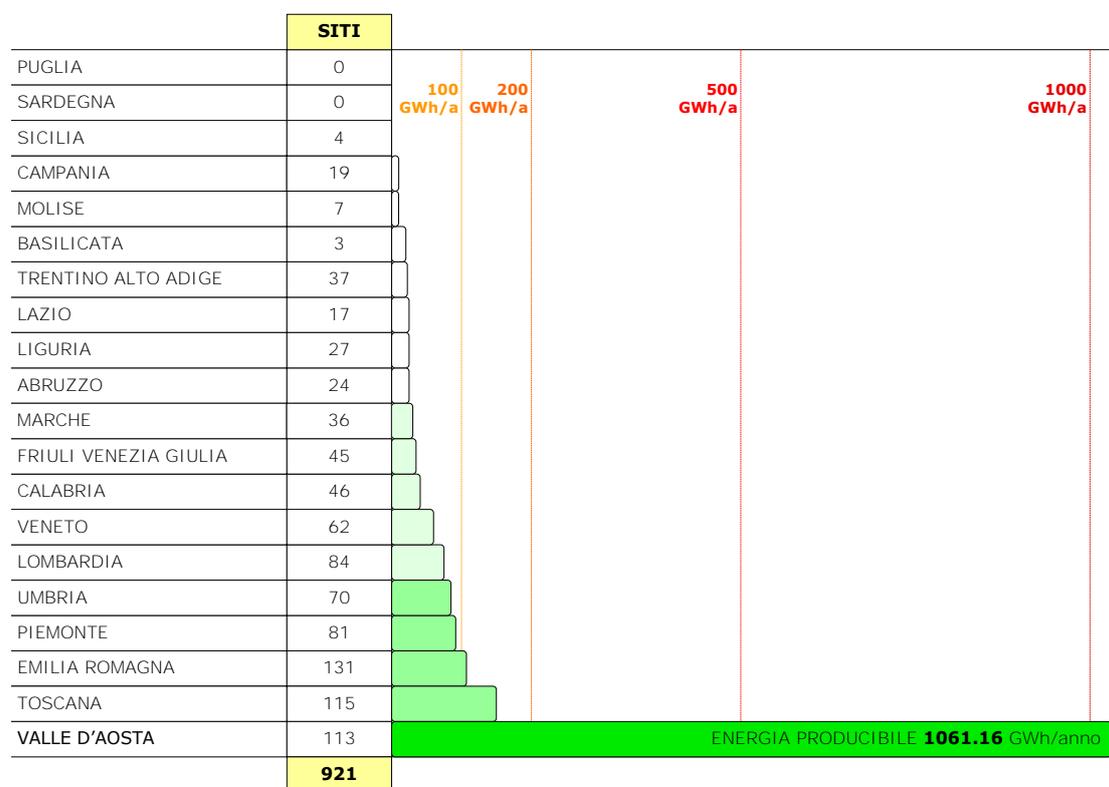
Tutti i siti esaminati sono stati sottoposti ad uno studio di prefattibilità che ha riscontrato costi di generazione di corrente elettrica medi molto competitivi, di circa 5 centesimi di euro/kWh. Gli impianti mini idro, pur essendo di limitata potenza unitaria, possono diventare complessivamente molto numerosi, e quindi apportare un contributo, anche se non risolutivo, certo non trascurabile alla copertura della domanda elettrica nazionale.

L'Enel, ad esempio, gestisce 250 centraline idroelettriche per una potenza complessiva di circa 1.400 MW. L'intera potenza mini-idraulica nazionale (Enel + altri) ammonta invece a 2.290 MW, pari a circa il 14% di tutta la potenza idroelettrica da apporti naturali (16.820 MW nel 2003, esclusa la produzione da pompaggio).

Nelle condizioni attuali si può ritenere che il potenziale massimo sfruttabile con installazioni idroelettriche di taglia inferiore ai 10 MW presenti un limite realistico di circa ulteriori 1.800 MW rispetto al 2005, a fronte di un limite fisico probabilmente dell'ordine dei 3.000 MW o anche superiore.

È ipotizzabile inoltre, di larga massima, che all'incirca l'80% dei 1.800 MW riguardino impianti con sviluppo strutturale oltre i 200 m (con costi di produzione al di sotto dei 70-80 euro/MWh).

Figura 2 - Diagramma delle producibilità energetiche regionali da fonte mini-idroelettrica



Fonte: ENEA

Supponendo un ripotenziamento complessivo di tutti gli impianti oltre 1 MW e sommando le suddette potenzialità residue (nuovi impianti) del piccolo e del mini idroelettrico, si giunge ad un limite realistico di circa 19.800 MW complessivi in termini di potenza efficiente lorda installata (tabella 3).

Tale valore risulta leggermente superiore ai 18.000 MW indicati nel Libro Bianco ENEA del 1999 per il periodo 2008-2012.

Tabella 3 – Stima dei potenziali di penetrazione dell'idroelettrico

| FONTE | Installato 2005 [MW] | | | Potenziale tecnico [MW] | | Producibilità [TWh] | Note |
|----------------------------------|----------------------|--------------|---------------|-------------------------|--------------|---------------------|---|
| | > 10 MW | < 10 MW | Totale | Totale | Residuo | Totale | |
| Grande idro-elettrico | 14.920 | 0 | 14.920 | 15.517 | 597 | 34,9 | Riduzione progressiva della producibilità (fino a -25% al 2016) per assicurare il DMV |
| Piccolo e mini idroelettrico | 0 | 2.405 | 2.405 | 4.277 | 1.872 | 15,3 | Possibile un maggiore potenziale di un migliaio di MW |
| Idroelettrico complessivo | 14.920 | 2.405 | 17.325 | 19.794 | 2.469 | 50 | |

Fonte: CESI RICERCA

Negli ultimi decenni, si è instaurata la necessità di recuperare quante più risorse possibili: in quest'ottica rientrano anche i recuperi a carattere energetico derivanti dagli acquedotti potabili. L'acqua a destinazione potabile derivata solitamente in quota, arriverebbe all'utenza con una pressione eccessiva per essere utilizzata normalmente, perciò gran parte della sua energia idraulica deve essere in qualche modo dissipata. Per dissipare l'energia idraulica si usano vari sistemi, più o meno sempre riconducibili a delle valvole appositamente progettate. Quest'energia residua, anziché dissipata, può essere trasformata in energia elettrica inserendo nella condotta, in prossimità dell'utenza, una turbina idraulica con generatore elettrico. Una realizzazione di questo tipo offre oltre al vantaggio della produzione di energia elettrica, soprattutto il vantaggio che l'impianto a divenire è parzialmente già costruito: l'opera di presa, la condotta ecc. solitamente sono già stati realizzati permettendo così un ulteriore risparmio di costi e d'impatto ambientale. C'è tuttavia da notare che in un impianto idroelettrico posto su un acquedotto potabile, sussistono dei vincoli di carattere tecnico severi: rispetto ad un impianto normale ad acqua fluente, un impianto a recupero comporta un livello di complessità maggiore in fase progettuale, in quanto dovrà essere considerato prioritario l'utilizzo dell'acqua a scopo potabile. A questo fine è necessario dimensionare una sezione opportuna di by-pass per consentire l'erogazione dell'acqua, quando l'afflusso alla turbina fosse interrotto per manutenzione o riparazione della stessa. Nello stesso circuito by-pass, sarà incluso poi un dissipatore di energia (valvola di laminazione tradizionale) per consentire l'afflusso del fluido sotto pressione senza lo svuotamento completo della condotta di approvvigionamento idrico. Impianti di questo tipo stanno diffondendosi, dove le condizioni lo permettono, sempre più attivamente.

Analisi economica

Lo studio di fattibilità di un impianto finalizzato alla verifica dei costi e dei rientri economici, e volto alla scelta delle macchine più appropriate ed al loro dimensionamento, è un compito affidato ai progettisti, ai consulenti o ai costruttori stessi. Si tratta infatti di un'attività piuttosto complessa che deve tenere in considerazione diversi fattori.

Per procedere alla valutazione economica di un impianto idroelettrico tipo, appurato l'andamento della potenza generabile e dell'energia effettivamente utilizzabile nel periodo di funzionamento dell'impianto stesso, si procede alla definizione di tutte le voci di costo ripartite in costi d'investimento ed oneri di gestione.

Si può supporre, in prima approssimazione, che la distribuzione dei costi di un impianto mini idro sia imputabile per un 40% al costo delle opere fisse in muratura e per un 30% al costo delle opere elettriche e di regolazione. A tali costi vanno sommati quelli propri dell'acqua, delle assicurazioni, delle imposte (10%) e delle opere di adduzione e scarico (10%). I costi complessivi vanno completati con il costo del macchinario idraulico (10%).

Occorre osservare che i costi delle opere murarie, delle opere di adduzione e scarico variano moltissimo da caso a caso: nelle valutazioni precedenti si è fatto riferimento alle situazioni più favorevoli, pertanto tali costi potrebbero risultare sottovalutati in modo sensibile. Per esempio, nei settori mini idro l'incidenza delle opere fisse murarie è spesso superiore a quella indicata poco sopra e questo aspetto induce o a ricercare macchine più economiche o ad aumentare il costo dei kWh. La miniturbina intesa come turbina grande miniaturizzata non risponde in genere a questo requisito economico perché il suo costo cresce fortemente al ridursi della potenza installata. In ogni caso il macchinario idraulico si attesta su un costo limite di circa 250 euro/kW.

Per quanto concerne i benefici ricavabili vi è sovente una notevole diversità a seconda che l'impianto sia autonomo o lavori in parallelo con la rete elettrica locale.

Brevemente si può affermare che mentre il costo del macchinario è più facilmente definibile a priori, i costi relativi alle opere civili risultano fortemente variabili in funzione delle caratteristiche dei siti e degli eventuali imprevisti tecnico-burocratici che si possono incontrare in fase di esecuzione dei lavori. L'esperienza comunque conferma che l'idroelettricità in piccola scala risulta normalmente competitiva rispetto alle altre fonti energetiche rinnovabili e sovente anche nei confronti delle fonti tradizionali soprattutto quando per queste ultime vengono calcolati gli "effettivi" costi globali unitari.

Le idroenergie di piccola potenza manifestano tutte le proprie potenzialità operative ed economiche ove applicate non soltanto per produrre energia da immettere nelle reti di

distribuzione interconnesse, quanto principalmente nel produrre energia finalizzata ad **accrescere la competitività aziendale, pubblica e privata, riducendo i costi dell'approvvigionamento energetico e favorendo l'uso plurimo della risorsa idrica nel rispetto della compatibilità ambientale.**

Da questo punto di vista, diventa un vantaggio fondamentale il fatto che gli impianti idroelettrici di piccola taglia sono caratterizzati da modalità costruttive e gestionali di modesto impatto sul territorio; inoltre possono essere gestiti, **almeno per l'ordinario funzionamento**, anche da piccole comunità (alcuni impianti, ad esempio, sono condotti dai gestori di rifugi alpini) ed anche integrati in un uso plurimo ed equilibrato della risorsa acqua. Altro aspetto, per certi versi il più importante della presenza di piccoli **impianti sul territorio, è quella di indurre costantemente l'uomo all'osservazione e manutenzione del territorio.**

L'aspetto di tutela idrogeologica è importante e va sottolineato: gli impianti mini idro sono generalmente collocati in zone dove le attività umane tradizionali, l'agricoltura di montagna e la pastorizia sono praticamente scomparse facendo mancare il controllo e la manutenzione del territorio che tradizionalmente ne derivava.

I costi specifici di costruzione e gestione di un impianto mini-idroelettrico, considerando tutte le sue componenti (centrale, impianti elettrici, opere di presa, condotta forzata ecc.) dipendono dalla portata e dal salto disponibile, e diminuiscono ovviamente al crescere della potenza installata. **Valori tipici d'impianti in zone montane sono all'incirca 2.000-3.000 euro/kW per impianti con potenza installata fra 1-4 MW; mentre i costi d'impianti di minore potenza possono arrivare a 6.000-7.000 euro/kW.**

Per quanto riguarda i costi di generazione per impianti di maggiore sviluppo strutturale e potenza installata essi si aggirano intorno a 40-50 euro/MWh, mentre per impianti di minori dimensioni si può arrivare a 80-100 euro/MWh.

La scelta dei siti più idonei per l'installazione di centrali mini idro è condizionata dal costo dell'impianto e dalla capacità di ammortamento dello stesso (prezzo di vendita dell'energia prodotta).

Per quanto riguarda la fase di valutazione economica occorre arrivare alla stesura di un computo metrico estimativo che deve essere riferito a quelle opere, sia civili sia elettromeccaniche, che hanno maggior peso nella composizione del costo totale, come la centrale, il sistema di condotte forzate e le opere di presa e rilascio.

Il costo della centrale si considera comprensivo di costo delle turbine, dei generatori e dei trasformatori, degli impianti elettrici ausiliari e linea e dei costi delle opere civili a corpo. Il costo della condotta forzata è invece calcolato considerando i diversi elementi che influiscono sulla sua costruzione ed è funzione del diametro installato e della lunghezza. Tale costo espresso per metro lineare installato è composto dalla fornitura in cantiere della condotta (calcolato dal costo a kg di acciaio per m di tubazione), dalla protezione della superficie esterna (bitumatura pesante) dalla saldatura in opera, posa e controlli e dalle opere di scavo e rinterro e realizzazione di pezzi speciali (giunti ecc.) pozzetti, attraversamenti.

Il costo delle opere di presa comprende invece i costi della struttura idraulica di intercettazione (traversa), della struttura idraulica di derivazione e della vasca di carico.

Il costo di gestione degli impianti (O&M), per una vita attesa di circa 30 anni di **operatività, viene ipotizzato proporzionale al costo dell'investimento iniziale per la costruzione e considerato pari al 3% annuo dell'investimento iniziale.**

Tabella 4 – Caratteristiche e stima dei costi associati alle tecnologie idroelettriche

| | Anno | Rend. | Costo capitale | O&M | Vita | Ore/anno | Costo Energia | Note |
|--|------|-------|----------------|-----------|-------|----------|---------------|--|
| Fonte | | % | M€/MW | k€/MWanno | Anni | heq | €/MWh | |
| Piccolo idroelettrico (1-10 MW) | 2007 | 80-90 | 1,5-3 | 18-48 | 30-50 | 3500 | 48-105 | Costi O&M valutati al netto dei costi di concessione |
| Mini idroelettrico (< 1 MW) | 2007 | 80-85 | 3-6 | 48-108 | 30-50 | 3500 | 100-213 | Costi O&M valutati al netto dei costi di concessione |

Fonte: CESI Ricerca