

ENERGIA IDROELETTRICA

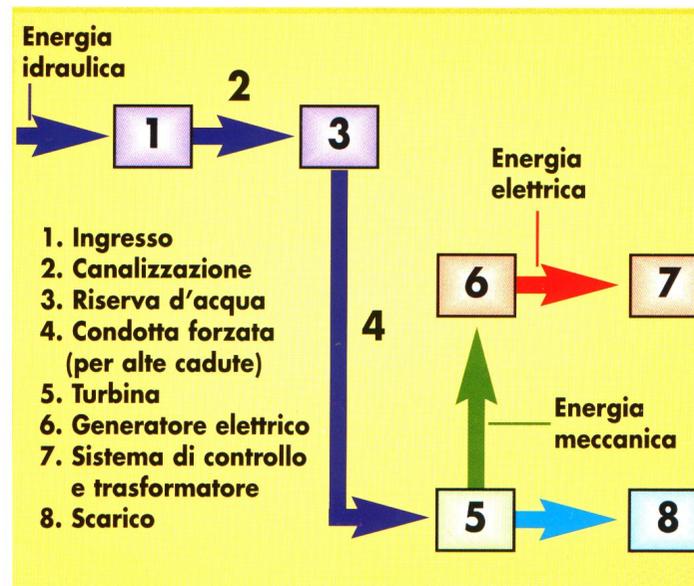
GLI IMPIANTI IDROELETTRICI TRASFORMANO L'ENERGIA POTENZIALE E CINETICA DELL'ACQUA IN CADUTA DA UNA CERTA ALTEZZA IN ENERGIA MECCANICA PER MEZZO DI TURBINE (MOTORI PRIMI) AZIONANTI GENERATORI ELETTRICI.

SIN DALLE ORIGINI QUELLA IDROELETTRICA È STATA, ED È ANCORA, LA SECONDA FONTE ENERGETICA RINNOVABILE PIÙ UTILIZZATA AL MONDO DOPO LE BIOMASSE.

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

LE CENTRALI IDROELETTRICHE COMPONENTI PRINCIPALI

UNA CENTRALE IDROELETTRICA È UN SISTEMA DI MACCHINARI IDRAULICI ED ELETTRICI, EDIFICI E STRUTTURE DI SERVIZIO. IL “CUORE” DELLA CENTRALE È LA TURBINA IDRAULICA CHE HA IL COMPITO DI CONVERTIRE L’ENERGIA POTENZIALE E CINETICA DELL’ACQUA IN ENERGIA MECCANICA DISPONIBILE ALL’ALBERO DELLA TURBINA. LA TRASFORMAZIONE IN ENERGIA ELETTRICA È COMPLETATA DA UN GENERATORE ELETTRICO.



Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

LE CENTRALI IDROELETTRICHE

TERMINI E DEFINIZIONI

LA PRODUZIONE DI ENERGIA DIPENDE DA DUE FATTORI PRINCIPALI, LA *CADUTA O SALTO (HEAD)* E LA *PORTATA D'ACQUA (FLOW RATE)*.

SI DEFINISCE *SALTO LORDO O GEODETICO* LA DIFFERENZA DI ALTEZZA FRA LA SUPERFICIE LIBERA DELLA SEZIONE DI PRESA DELL'ACQUA ED IL LIVELLO NELLA SEZIONE DEL CORSO D'ACQUA DOVE IL FLUSSO È RESTITUITO (OTTENIBILE CON UNA DEPRESSIONE NATURALE O ARTIFICIALE). IL SALTO LORDO DIPENDE DALL'OROGRAFIA DEL LUOGO E PRESENTA AMPI MARGINI DI VARIAZIONE (DA 1 A 1.500 m).

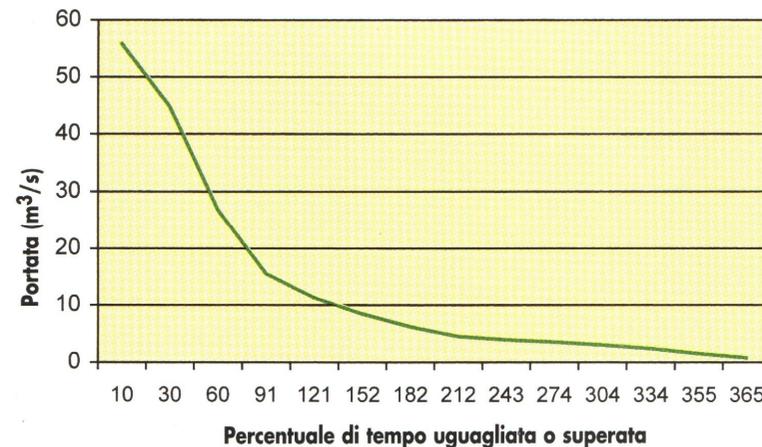
IL *SALTO NETTO O MOTORE* DI UNA CENTRALE IDROELETTRICA È LA CADUTA EFFETTIVAMENTE UTILIZZATA ALLA TURBINA, OSSIA IL SALTO LORDO MENO LE PERDITE CHE SI VERIFICANO ALL'OPERA DI PRESA E QUELLE DOVUTE AL SISTEMA DI TRASPORTO DELL'ACQUA (CANALI, TUBAZIONI, CONDOTTE FORZATE, ECC.).

SI DEFINISCE *PORTATA* IL VOLUME DI ACQUA CHE ATTRAVERSA UNA DETERMINATA SEZIONE DEL CORSO D'ACQUA NELL'UNITÀ DI TEMPO (SI ESPRIME ABITUALMENTE IN m^3/s). LA PORTATA È ESTREMAMENTE VARIABILE, DIPENDE DALLA SUPERFICIE DEL BACINO IMBRIFERO, DALLA PERMEABILITÀ DEL SUOLO, DALLA VEGETAZIONE E SOPRATTUTTO DAI FATTORI CLIMATICI CHE GENERANO GLI APPORTI POSITIVI (LE PRECIPITAZIONI) E NEGATIVI (L'EVAPORAZIONE, L'EVAPOTRASPIRAZIONE, ECC.).

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

LE CENTRALI IDROELETTRICHE CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

PER IL DIMENSIONAMENTO DI UNA CENTRALE IDROELETTRICA È ESTREMAMENTE IMPORTANTE DETERMINARE LA *CURVA DI DURATA DELLE PORTATE (FLOW DURATION CURVE, FDC)*. LA CURVA MOSTRA IL PERIODO DI TEMPO DURANTE IL QUALE LA PORTATA È UGUALE O SUPERIORE AD UN CERTO VALORE NELLA SEZIONE CONSIDERATA. ELABORANDO I DATI DI PORTATA RELATIVI A LUNGHI PERIODI DI OSSERVAZIONE (ALMENO 20-30 ANNI SE POSSIBILE), SI RICAVA LA *CURVA MEDIA DI DURATA DELLE PORTATE* NECESSARIA A VALUTARE IL POTENZIALE ENERGETICO DEL CORSO D'ACQUA IN UNA DATA SEZIONE (L'AREA SOTTESA DALLA CURVA RAPPRESENTA IL VOLUME DI ACQUA CHE SCORRE ATTRAVERSO LA SEZIONE DATA) E DEFINIRE IL MASSIMO VALORE DELLA PORTATA CHE È CONVENIENTE INDIRIZZARE ALLA TURBINA.



Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

LE CENTRALI IDROELETTRICHE IL DEFLUSSO MINIMO VITALE

LA DERIVAZIONE DI UNA DETERMINATA PORTATA, ANCHE SE RESTITUITA AL CORSO D'ACQUA A VALLE DELLA SEZIONE DI PRESA, PUÒ COMPROMETTERE LA VITA ACQUATICA E L'AMBIENTE CIRCOSTANTE.

PER EVITARE QUESTO PROBLEMA, DEVE ESSERE GARANTITA UNA PORTATA MINIMA AL CORSO D'ACQUA: *IL DEFLUSSO MINIMO VITALE (DMV)*.

DAL PUNTO DI VISTA ECONOMICO È AUSPICABILE CHE IL DMV SIA IL PIÙ BASSO POSSIBILE MENTRE DAL PUNTO DI VISTA AMBIENTALE IL DMV DOVREBBE ESSERE SU VALORI ELEVATI IN MODO DA PROTEGGERE LA FLORA E LA FAUNA E GARANTIRE LA QUALITÀ DELL'AMBIENTE. SI RICHIEDE QUINDI UNA SOLUZIONE DI COMPROMESSO FRA QUESTE DUE LEGITTIME ESIGENZE.

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

POTENZA DEGLI IMPIANTI IDROELETTRICI

LA POTENZA TEORICA P IN kW RICAVABILE DA UNA MASSA D'ACQUA CON UNA PORTATA Q E CON UN DISLIVELLO H È $P=9,81 \times Q \times H$ CON Q IN m^3/s E H IN m.

LA POTENZA TEORICA DI UN IMPIANTO IDROELETTRICO, NEI MODERNI IMPIANTI, VA DALL'80% AL 90%, RAPPRESENTANDO UN VALORE MOLTO ELEVATO (IN PARTICOLARE È IL VALORE PIÙ ELEVATO TRA LE VARIE FONTI RINNOVABILI).

LA POTENZA EFFETTIVA È MINORE DI QUELLA TEORICA IN QUANTO SI VERIFICANO DELLE PERDITE DI CARICO. INDICANDO CON η IL RENDIMENTO COMPLESSIVO DELL'IMPIANTO IDRAULICO (COMPREDENTE LE PERDITE DI CARICO CHE SI HANNO NELLE TURBINE E NELLE CONDUTTURE), LA POTENZA DIVENTA $P=9,81 \times \eta \times Q \times H$.

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

LE CENTRALI IDROELETTRICHE CLASSIFICAZIONE IN BASE ALLA POTENZA

CON IL TERMINE MINI-IDRAULICA SI INDICANO LE CENTRALI IDROELETTRICHE CON UNA POTENZA INFERIORE A 10 MW.

LA CLASSIFICAZIONE DELL'ORGANIZZAZIONE DELLE NAZIONI UNITE PER LO SVILUPPO INDUSTRIALE (UNIDO) È LA SEGUENTE (CON P POTENZA GENERATA DALLA CENTRALE IN CONDIZIONI NOMINALI):

- **MICRO CENTRALI IDROELETTRICHE P<100 kW;**
- **MINI CENTRALI IDROELETTRICHE P<1.000 kW;**
- **PICCOLE CENTRALI IDROELETTRICHE P<10.000 kW;**
- **GRANDI CENTRALI IDROELETTRICHE P>10.000 Kw.**

FINO ALLA PRIMA METÀ DEL XX SECOLO, IN EUROPA FURONO REALIZZATE MIGLIAIA DI CENTRALI IDROELETTRICHE DI PICCOLE DIMENSIONI CHE HANNO SODDISFATTO PER MOLTI ANNI I FABBISOGNI DI DIVERSI CENTRI ABITATI, IN PARTICOLARE NELLE ZONE RURALI, E DI PICCOLE INDUSTRIE.

IN SEGUITO, LA CREAZIONE DI GRANDI RETI DI DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA E L'AUMENTO DEI CONSUMI ENERGETICI, HANNO FATTO SÌ CHE MOLTI DEGLI IMPIANTI CADESSERO IN DISUSO A FAVORE DI IMPINATI DI GRANDI DIMENSIONI.

IN QUEST'ULTIMO PERIODO SI È ASSISTITO AD UN RITORNO DI QUESTA TECNOLOGIA CHE, RISPETTO ALLE GRANDI CENTRALI, HA UN PIÙ LIMITATO IMPATTO SULL'AMBIENTE, RICHIEDE MINORE MANUTENZIONE, È CARATTERIZZATA DA UN ALTO RENDIMENTO DI CONVERSIONE DELL'ENERGIA, SI PRESTA FACILMENTE AD ESSERE INTEGRATA IN SISTEMI DI UTILIZZO INTEGRATO DELLE RISORSE IDRICHE E PERMETTE IL RECUPERO DEGLI IMPIANTI IN DISUSO.

LE CENTRALI IDROELETTRICHE TIPOLOGIA DEGLI IMPIANTI

DA UN PUNTO DI VISTA FUNZIONALE GLI IMPIANTI IDROELETTRICI POSSONO ESSERE CLASSIFICATI SECONDO LO SCHEMA SEGUENTE.

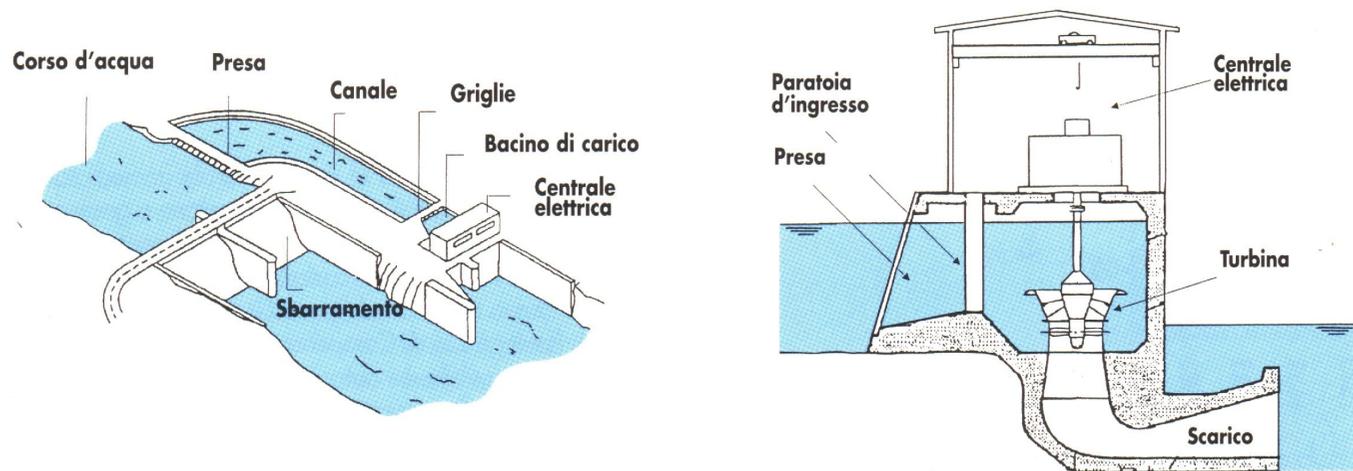
	GRANDI IMPIANTI	MINI-IDRAULICA
IMPIANTI AD ACQUA FLUENTE	Sì	Sì
IMPIANTI A BACINO	Sì	Sì
IMPIANTI DI ACCUMULO TRAMITE POMPAGGIO	Sì	NO
IMPIANTI IN CONDOTTE IDRICHE	NO	Sì

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

LE CENTRALI IDROELETTRICHE IMPIANTI AD ACQUA FLUENTE

GLI IMPIANTI AD ACQUA FLUENTE SONO PRIVI DI CAPACITÀ DI REGOLAZIONE (SE NON ALL'INTERNO DELLA CENTRALE) E PERTANTO LA PORTATA UTILIZZATA, E QUINDI LA POTENZA ISTANTANEA, È PARI ALLA QUANTITÀ DI ACQUA DISPONIBILE FINO AL LIMITE CONSENTITO DALL'OPERA DI PRESA.

PORTATE ELEVATE E BASSE CADUTE (FINO A 20 m) SONO TIPICHE DI QUESTI IMPIANTI. QUESTE SOLUZIONI COMPREDONO DI SOLITO UN SISTEMA DI SBARRAMENTO CHE INTERCETTA IL CORSO D'ACQUA ED UNA CENTRALE DI PRODUZIONE ELETTRICA SITUATA SULLA TRAVERSA STESSA O NELLE IMMEDIATE VICINANZE.



Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

LE CENTRALI IDROELETTRICHE IMPIANTI AD ACQUA FLUENTE



Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

LE CENTRALI IDROELETTRICHE IMPIANTI A BACINO

GLI IMPIANTI A BACINO SONO CARATTERIZZATI DALL' AVERE UN BACINO DI RACCOLTA DELL'ACQUA (INVASO) IN MODO DA REGIMARE L'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA (DEFLUSSO REGOLATO).

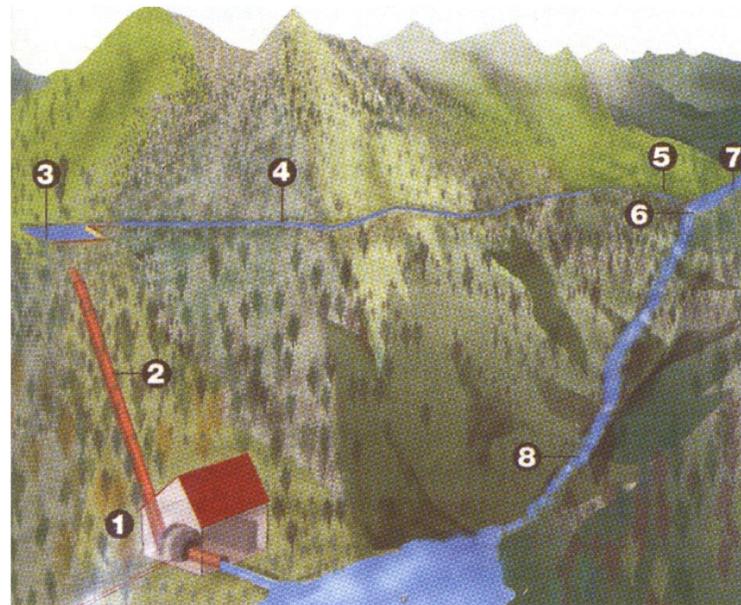
LA FUNZIONE DELL'INVASO È QUELLA DI ACCUMULARE ACQUA IN UN CERTO PERIODO DI TEMPO DURANTE IL QUALE NON VIENE UTILIZZATA O VIENE UTILIZZATA IN MISURA MINORE. QUESTA MASSA D'ACQUA VIENE SFRUTTATA NEI PERIODI IN CUI AUMENTA LA RICHIESTA DI ENERGIA ELETTRICA.

GLI INVASI CONFERISCONO ELASTICITÀ DI SERVIZIO ALLA CENTRALE PERCHÉ SI RIESCE A REGOLARE IN QUALSIASI MOMENTO LA QUANTITÀ DI ACQUA UTILIZZATA IN BASE ALLA RICHIESTA DI ENERGIA.

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

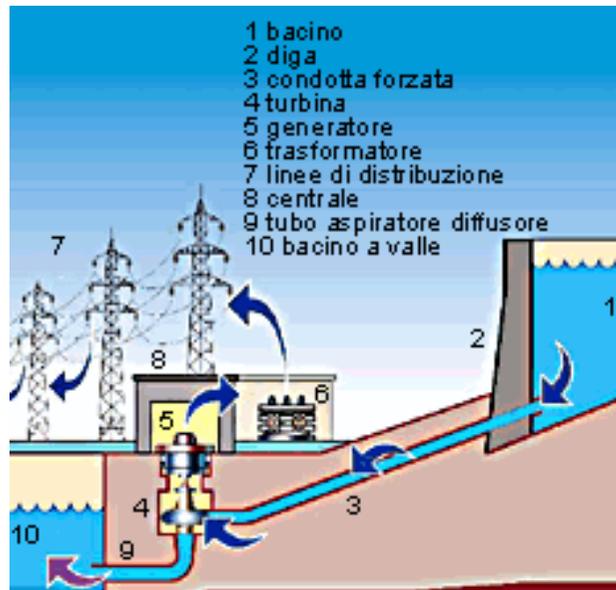
L'INVASO SI PUÒ OTTENERE SBARRANDO LA VALLE DI UN CORSO D'ACQUA CON UNA DIGA, CHE COSTITUISCE L'OPERA PIÙ IMPORTANTE DI TUTTO L'IMPIANTO. IL COSTO DI QUESTI IMPIANTI È MOLTO PIÙ ELEVATO RISPETTO A QUELLI AD ACQUA FLUENTE.

IN QUESTI IMPIANTI I PROBLEMI MAGGIORI SONO CONNESSI AL BILANCIO IDRICO ED ALL'IMPATTO AMBIENTALE.



- 1 Centrale elettrica
- 2 Condotta forzata
- 3 Bacino di carico
- 4 Canalizzazione
- 5 Opera di presa
- 6 Sbarramento
- 7 Corso d'acqua
- 8 Flusso residuo

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it



Dott. Ing. Nicola Graniglia
 graniglia2@unisi.it

LE CENTRALI IDROELETTRICHE IMPIANTI DI ACCUMULO TRAMITE POMPAGGIO

QUESTI IMPIANTI SONO CARATTERIZZATI DA UN BACINO DI RACCOLTA DELL'ACQUA DA CUI DEFLUISCE PRODUCENDO ENERGIA ELETTRICA QUANDO QUESTA VIENE RICHIESTA MENTRE VIENE RIPORTATA IN TALE BACINO QUANDO SI HA MINOR RICHIESTA DI ENERGIA ELETTRICA.

SONO COSTITUITI DA DUE SERBATOI POSTI A QUOTE DIVERSE E COLLEGATI DA UN SISTEMA DI OPERE E TUBAZIONI SIMILI A QUELLE DI UN NORMALE IMPIANTO IDROELETTRICO.

LA SOLA DIFFERENZA STA NELLA POSSIBILITÀ DI INVERTIRE IL CICLO DI FUNZIONAMENTO.

NELLE ORE DI MAGGIOR RICHIESTA DI ENERGIA (ORE DI PUNTA), L'ACQUA DEL SERBATOIO SUPERIORE FLUISCE VERSO IL BASSO E LA CENTRALE PRODUCE ENERGIA ELETTRICA.

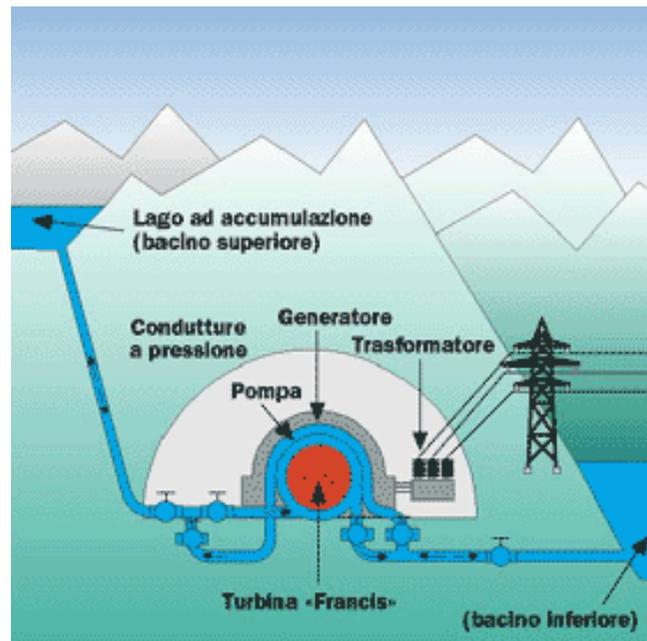
NELLE ORE DI BASSA RICHIESTA DI ENERGIA L'ACQUA RACCOLTA NEL BACINO INFERIORE VIENE POMPATA ATTRAVERSO LE STESSE CONDOTTE FINO AL SERBATOIO SUPERIORE, CHE VIENE COSÌ RIEMPIUTO IN MODO DA POTER ESSERE NUOVAMENTE PRONTO A FORNIRE ENERGIA NELLE ORE DI PUNTA.

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

DURANTE IL POMPAGGIO L'ALTERNATORE FUNZIONA DA MOTORE SINCRONO ASSORBENDO ENERGIA ELETTRICA DALLA RETE E LA TURBINA FUNZIONA DA POMPA.

QUESTI IMPIANTI, PER POTER SVOLGERE UN CICLO INTERO DI POTENZA E RIPRISTINO DEL LIVELLO INIZIALE DEL BACINO SUPERIORE, DEVONO PRELEVARE ENERGIA ELETTRICA DALLA RETE IN QUANTITÀ SUPERIORE A QUELLA PRODOTTA DALL'IMPIANTO STESSO.

L'ENERGIA ELETTRICA CONSUMATA CON IL POMPAGGIO HA UN VALORE COMMERCIALE INFERIORE RISPETTO A QUELLA PRODOTTA DALLA CENTRALE NELLE ORE DI PUNTA PERCHÉ VIENE SFRUTTATA IN PERIODI DI MINORE RICHIESTA, PERTANTO QUESTA UTILIZZAZIONE È ECONOMICAMENTE VANTAGGIOSA.



Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

LE CENTRALI IDROELETTRICHE IMPIANTI IN CONDOTTE IDRICHE

UNA INTERESSANTE POSSIBILITÀ, SOLO DI RECENTE PRESA IN CONSIDERAZIONE, SONO GLI IMPIANTI INSERITI IN UN CANALE O IN UNA CONDOTTA PER APPROVVIGIONAMENTO IDRICO.

L'ACQUA POTABILE È APPROVVIGIONATA AD UNA CITTÀ ADDUCENDO L'ACQUA DA UN SERBATOIO DI TESTA MEDIANTE UNA CONDOTTA. SOLITAMENTE IN QUESTO GENERE DI IMPIANTI LA DISSIPAZIONE DELL'ENERGIA ALL'ESTREMO PIÙ BASSO DELLA TUBAZIONE IN PROSSIMITÀ DELL'INGRESSO ALL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO ACQUE O ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE 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.

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

LE TURBINE IDRAULICHE

LE TURBINE IDRAULICHE USATE NELLE CENTRALI ELETTRICHE SI DIVIDONO IN DUE CATEGORIE :

- TURBINE AD AZIONE (RUOTE PELTON);
- TURBINE A REAZIONE (TURBINE FRANCIS, KAPLAN, AD ELICA, ALTRE).

UN PARAMETRO IMPORTANTE PER UNA TURBINA È IL NUMERO DI GIRI CARATTERISTICO N_s CHE TROVA LA SUA ORIGINE TEORICA NELLE LEGGI DI SIMILITUDINE IDRAULICA ED ESPRIME LA VELOCITÀ DI ROTAZIONE CHE AVREBBE UNA TURBINA QUALORA, RIMANENDO IDRAULICAMENTE SIMILE A SE STESSA, FUNZIONASSE, CON LE IDONEE DIMENSIONI, SOTTO UN SALTO NETTO DI 1 m SVILUPPANDO UNA POTENZA DI 1 kW.

TIPI DI TURBINE	N_s [GIRI/MINUTO]
PELTON AD UN GETTO	< 25
PELTON A PIÙ GETTI	25-70
FRANCIS LENTA	50-100
FRANCIS NORMALE	100-200
FRANCIS RAPIDA	200-400
ELICA A PALE FISSE	400-700
KAPLAN A PALE MOBILI	400-1.300

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

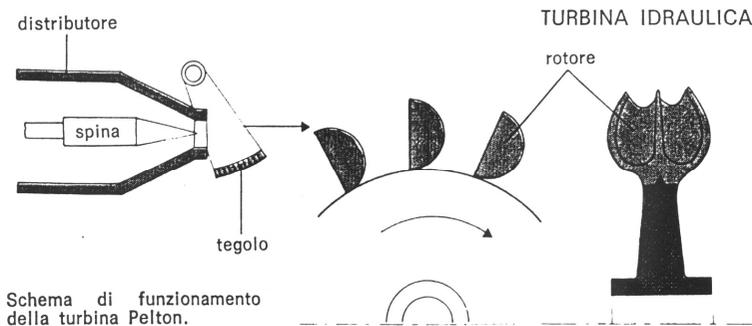
LE TURBINE IDRAULICHE LE TURBINE PELTON

LA TURBINA PELTON È LA PIÙ ADATTA AI SALTII ELEVATI, MA A VOLTE VIENE UTILIZZATA ANCHE IN SALTII MEDI E BASSI.

LA GIRANTE DI QUESTA RUOTA È COSTITUITA DA UN DISCO ALLA CUI PERIFERIA SONO COLLOCATE LE PALETTE CON LA TIPICA FORMA A DOPPIO CUCCHIAIO: ESSA VIENE ALIMENTATA DA UNO O PIÙ GETTI REGOLATI DA SPINE.

LA RUOTA È RACCHIUSA IN UNA CASSA OPPORTUNAMENTE DISEGNATA. QUANDO IL GETTO COLPISCE LA PALA VIENE DIVISO IN DUE PARTI UGUALI CHE VENGONO DEVIATE SULLE SUPERFICI INTERNE DEI CUCCHIAI E ABBANDONANO LA PALA DAI BORDI LATERALI.

PER REGOLARE LE PORTATA SI UTILIZZA UN DISTRIBUTORE MUNITO DI UNA SPINA CHE PUÒ SCORRERE IN DIREZIONE DELL'ASSE DEL DISTRIBUTORE FINO ALLA CHIUSURA COMPLETA. QUESTO ORGANO IMPORTANTE È COMANDATO DA UN SERVOMECCANISMO COMANDATO AUTOMATICAMENTE DALL'IMPIANTO DI REGOLAZIONE. OLTRE ALLA SPINA ESISTE ANCHE UN TEGOLO DEVIATORE CHE HA LA FUNZIONE DI SICUREZZA.



Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

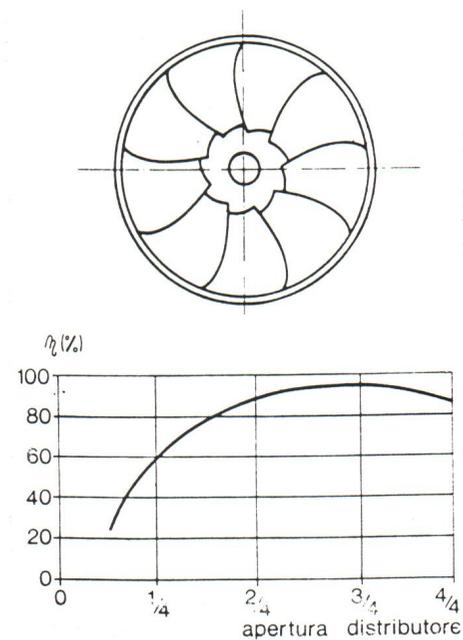
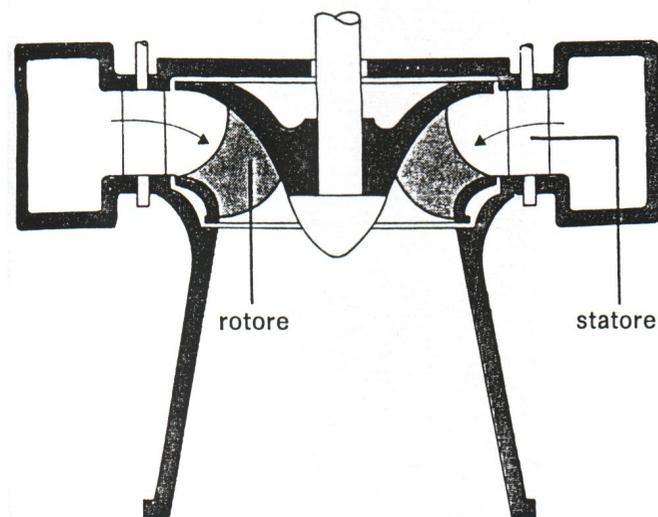
LE TURBINE IDRAULICHE **LE TURBINE A REAZIONE FRANCIS**

LA TURBINA FRANCIS È CARATTERIZZATA DA UNA PRIMA CAMERA FORZATA A SPIRALE, CHE HA LA FUNZIONE DI UNIFORMARE LA PRESSIONE DELL'ACQUA PRIMA DEL SUO INGRESSO NEL DISTRIBUTORE.

DALLA CAMERA FORZATA L'ACQUA ARRIVA AL DISTRIBUTORE COSTITUITO DA UNA SERIE DI PALETTE DIRETTRICI MOBILI CHE HANNO IL COMPITO DI ASSICURARE UN CORRETTO ORIENTAMENTO DELL'ACQUA IN INGRESSO ALLA GIRANTE. LA LUCE DI PASSAGGIO TRA DUE PALETTE CONTIGUE DEL DISTRIBUTORE PUÒ ESSERE VARIATA TRAMITE LA ROTAZIONE DELLE PALETTE STESSA PER MODIFICARE LA PORTATA DELLA TURBINA.

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

QUANDO L'ACQUA GIUNGE ALLA GIRANTE, COSTITUITA DA UNA SUCCESSIONE DI PALE FISSE, SI VERIFICA LA TRASFORMAZIONE DELL'ENERGIA POTENZIALE IDRICA IN ENERGIA MECCANICA. LA RUOTA È COSTITUITA DA DUE CORONE CONCENTRICHE, L'UNA ESTERNA E L'ALTRA INTERNA, CHE TRASCINA L'ALTERNATORE.

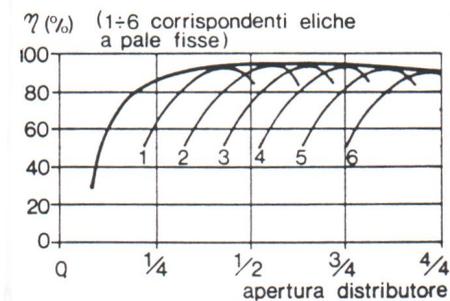
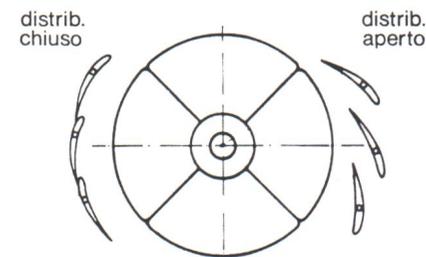
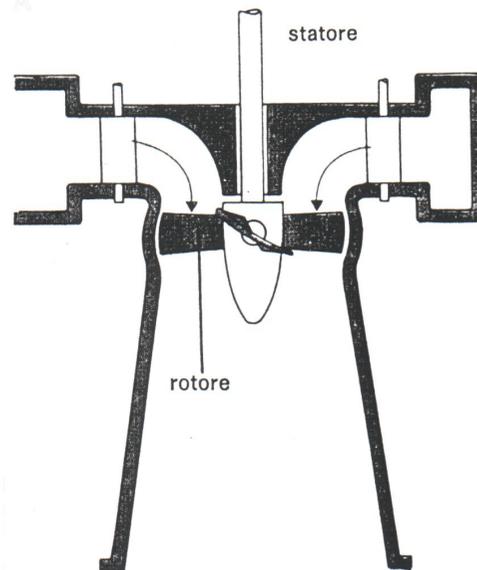


Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

LE TURBINE IDRAULICHE LE TURBINE A REAZIONE KAPLAN

LE TURBINE KAPLAN HANNO UNA GIRANTE AD ELICA CON UN CERTO NUMERO DI PALE CHE, MEDIANTE PERNI MOBILI, SI CALETTANO SU DI UN MOZZO OGIVALE AL CUI INTERNO TROVANO POSTO I MECCANISMI PER LA VARIAZIONE DEL PASSO.

PER CIASCUNA POSIZIONE DI APERTURA DEL DISTRIBUTORE, ALLE PALE DELLA RUOTA VIENE FATTA ASSUMERE L'INCLINAZIONE PIÙ IDONEA PER OTTENERE IL MASSIMO RENDIMENTO. A SEGUITO DI TALE ACCORGIMENTO LA CURVA DEL RENDIMENTO RISULTA L'INVILUPPO DEI VALORI MASSIMI DI TANTE CORRISPONDENTI RUOTE A ELICA A PALE FISSE.



Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

LE TURBINE IDRAULICHE **SCELTA DEL TIPO DI TURBINA**

I FATTORI PIÙ IMPORTANTI CHE DETERMINANO LA SCELTA DEL TIPO DI TURBINA DI UN IMPIANTO SONO IL SALTO NETTO E LA PORTATA DA UTILIZZARE.

LE TURBINE PELTON SONO ADATTE PER FORTI SALTI.

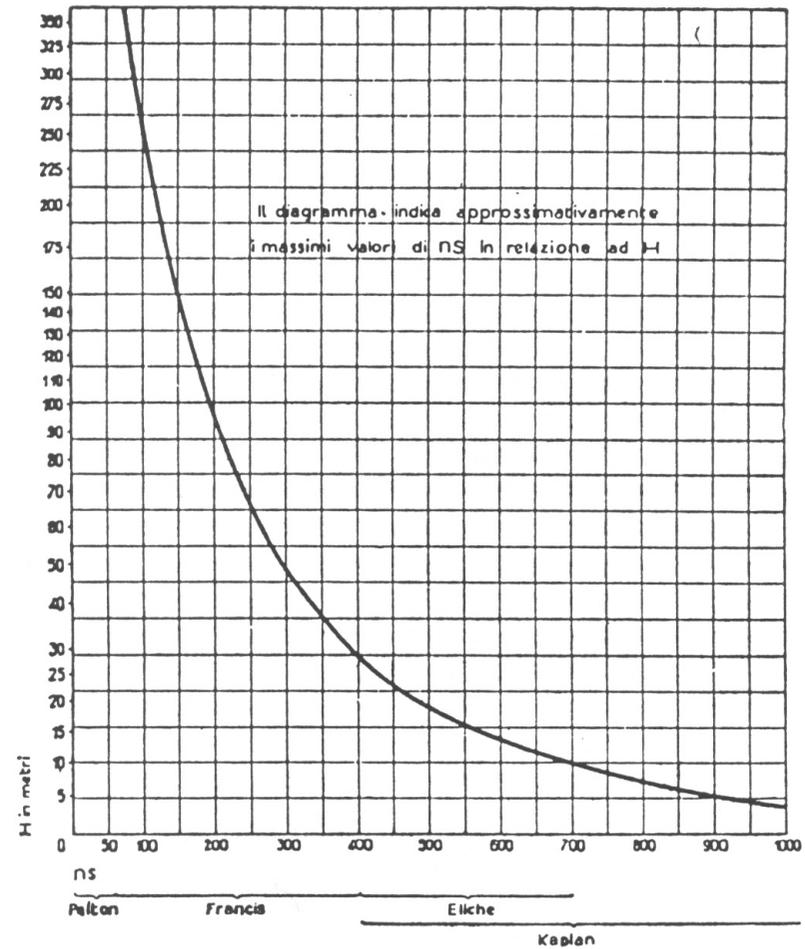
IN GENERE LE TURBINE FRANCIS SONO ADATTE PER SALTI MEDI.

LE TURBINE AD ELICA A PALE FISSE NORMALMENTE SI ADOTTANO PER SALTI INFERIORI AI 15-20 m CON PORTATA COSTANTE.

LE TURBINE KAPLAN SI ADOTTANO PER BASSE CADUTE CON FORTI VARIAZIONI DELLA PORTATA.

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

LE TURBINE IDRAULICHE SCELTA DEL TIPO DI TURBINA



Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

INNOVAZIONE TECNOLOGICA

POICHÉ QUELLA DELLE CENTRALI IDROELETTRICHE È UNA TECNOLOGIA MATURA E BEN SVILUPPATA, SOLO POCHE FRA LE PIÙ RECENTI REALIZZAZIONI SONO CARATTERIZZATE DA UN DISCRETO LIVELLO DI INNOVAZIONE.

UN'ATTENZIONE PARTICOLARE DEVE ESSERE DEDICATA AGLI ASPETTI AMBIENTALI CONNESSI ALLA COSTRUZIONE ED AL FUNZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI, CONSIDERANDO ASPETTI COME PERDITE DI OLIO, INQUINAMENTO ACUSTICO E PROGETTAZIONE O RECUPERO DEGLI EDIFICI CON SOLUZIONI COMPATIBILI CON IL PAESAGGIO CIRCOSTANTE.

C'È ANCORA SPAZIO PER CONTINUARE NELLA RICERCA E NELLO SVILUPPO DI METODI PER OTTENERE MIGLIORAMENTI NEL CAMPO DELLA PROGETTAZIONE DEI VARI COMPONENTI, DELL'UTILIZZO DEI MATERIALI, DELLA GESTIONE E DELL'OTTIMIZZAZIONE DEL FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO.

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

INNOVAZIONE TECNOLOGICA **PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI**

SEBBENE ESISTANO SCHEMI DI PROGETTAZIONE PERFETTAMENTE ADEGUATI, SOPRATTUTTO PER IMPIANTI DI GRANDE TAGLIA, LA SFIDA CHE SI DEVE AFFRONTARE È QUELLA DI ADOTTARE E COMBINARE TECNICHE GIÀ ESISTENTI OPPURE DI IDEARE NUOVE SOLUZIONI CONCEPITE PER UN DETERMINATO SITO. LE SOLUZIONI ATTUALI COMPRENDONO:

- IMPIANTI SOMMERSI, LE OPERE CIVILI SONO PROGETTATE IN MODO DA POTER REALIZZARE GRUPPI TURBINA-GENERATORE COMPLETAMENTE SOMMERSI CHE DIMINUISCONO NOTEVOLMENTE L'IMPATTO AMBIENTALE;**
- COMPONENTI IN PLASTICA O GONFIABILI, LA REALIZZAZIONE DI SCHEMI CHE UTILIZZINO INNOVATIVE TRAVERSE FLUVIALI AD ALTEZZA VARIABILE PER MEZZO DI COMPONENTI GONFIABILI CHE PERMETTANO DI TENERE IN CONTO LE ESIGENZE DI MINIMO E MASSIMO LIVELLO DEL PELO LIBERO A MONTE DELLO SBARRAMENTO;**
- UTILIZZO DI MATERIALI DIVERSI DAL CEMENTO (MURATURE IN PIETRA E MATTONI), HA IL DOPPIO VANTAGGIO DI OTTENERE UNA SOLUZIONE GRADEVOLE PER L'AMBIENTE E DI CREARE OCCUPAZIONE A LIVELLO LOCALE PER LA MANODOPERA SPECIALIZZATA;**
- SCHEMI A SIFONE, PER AUMENTARE L'AERAZIONE DELL'ACQUA IN MODO DA MIGLIORARE LA VITA ACQUATICA DEL CORSO D'ACQUA.**

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

INNOVAZIONE TECNOLOGICA ATTREZZATURA ELETTROMECCANICA

RIMANGONO ANCORA MOLTE OPPORTUNITÀ PER QUANTO RIGUARDA L'OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DELLA TURBINA IDRAULICA, SOPRATTUTTO PER LE APPLICAZIONI CON CADUTE MODESTE. L'ELENCO CHE SEGUE RIPORTA ALCUNE DELLE SOLUZIONI POTENZIALI:

- **TURBINE ALTERNATIVE, TURBINE DI NUOVA CONCEZIONE CON MIGLIORI CARATTERISTICHE DI FUNZIONAMENTO DEVONO ESSERE SPERIMENTATE IN VASTI CAMPI DI VARIAZIONE DI SALTO E PORTATA;**
- **UTILIZZO DI MATERIALI IN PLASTICA NELLA COSTRUZIONE DELLE TURBINE, PER AUMENTARE L'EFFICIENZA E RIDURRE LE ESIGENZE DI MANUTENZIONE;**
- **GRUPPI SOMMERSI TURBINA-GENERATORE, UTILIZZO DI MIGLIORI MATERIALI ISOLANTI PER IL GENERATORE.**

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

INNOVAZIONE TECNOLOGICA ATTREZZATURA ELETTRONICA

È POSSIBILE CONTROLLARE E FAR FUNZIONARE A DISTANZA UN IMPIANTO IDROELETTRICO CON IL MASSIMO BENEFICIO ECONOMICO ED IL MINIMO RISCHIO TECNICO. L'UTILIZZO DI UN SISTEMA DI CONTROLLO A DISTANZA PUÒ INOLTRE AIUTARE A RIDURRE L'IMPATTO AMBIENTALE.

LE APPLICAZIONI PIÙ RILEVANTI SONO:

- **SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO A DISTANZA, TRAMITE RADIO, LINEE TELEFONICHE O LA STESSA LINEA DI TRASMISSIONE DELL'ENERGIA;**
- **TURBINE A VELOCITÀ VARIABILE, ATTRAVERSO DISPOSITIVI DI CONTROLLO ELETTRONICI DEL CARICO;**
- **FUNZIONAMENTO ISOLATO DI GENERATORI ASINCRONI.**

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

INNOVAZIONE TECNOLOGICA INTERAZIONE CON L'AMBIENTE

UNO DEI MAGGIORI PROBLEMI ASSOCIATI ALLO SVILUPPO E FUNZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI IDROELETTRICI È LA NECESSITÀ DI PRESTARE UNA PARTICOLARE ATTENZIONE ALLA VITA ACQUATICA. CI SONO MOLTE AREE DI RICERCA CHE ANALIZZANO L'IMPATTO DELL'IMPIANTO SULLA BIOSFERA LOCALE E VICEVERSA. ALCUNI ESEMPI SONO:

- **SISTEMI DI GUIDA ACUSTICI O A CAMPO ELETTRICO PER PESCI, PER CONTROLLARE E DEVIARE I PESCI LONTANO DALLE CENTRALI;**
- **PASSAGGI E SCALE PER PESCI, ALLO SCOPO DI CONTROLLARE IL LORO PERCORSO;**
- **RELAZIONE TRA MISURE DI PROTEZIONE AMBIENTALE, ECOLOGIA E IDRODINAMICA PER MINIMIZZARE LE POSSIBILITÀ DI INQUINAMENTO.**

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

BARRIERE ALLO SVILUPPO DELL'IDROELETTRICO

BARRIERE NORMATIVE

L'OSTACOLO PRINCIPALE ALLO SVILUPPO ULTERIORE DELLE CENTRALI IDROELETTRICHE È COSTITUITO DALLA DIFFICOLTÀ DI OTTENERE LE VARIE AUTORIZZAZIONI CHE LE AMMINISTRAZIONI LOCALI RICHIEDONO PRIMA DI REALIZZARE UN PROGETTO.

I VARI GOVERNI DEI PAESI DELL'UE SI COMPORTANO IN MANIERA DIFFERENTE MA LA SENSAZIONE COMUNE È DI UNA GRANDE DIFFICOLTÀ AD OTTENERE LE CONCESSIONI.

LE OPINIONI SONO UNANIMI SULL'ECESSIVA BUROCRAZIA LEGATA ALLA CONCESSIONE DELLE LICENZE; IN GENERALE SI RICHIEDONO QUATTRO DIVERSE AUTORIZZAZIONI CHE COMPORTANO UN ITER AUTORIZZATIVO MEDIAMENTE TRIENNALE:

- **AUTORIZZAZIONE AL DIRITTO DI DERIVAZIONE DELLE ACQUE PUBBLICHE;**
- **AUTORIZZAZIONE CIRCA L'IMPATTO SULL'AMBIENTE (I VINCOLI PAESAGGISTICI IMPONGONO INSTALLAZIONI PIÙ ONEROSE E A VOLTE PRECLUDONO OPERE COME BACINI, DIGHE, ECC.);**
- **AUTORIZZAZIONE E COSTI DELL'ALLACCIAMENTO ALLA RETE ELETTRICA;**
- **CONCESSIONE EDILIZIA PER LA COSTRUZIONE DELLE OPERE CIVILI.**

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

BARRIERE ALLO SVILUPPO DELL'IDROELETTRICO **BARRIERE ECONOMICHE**

IN QUESTI ULTIMI ANNI SONO RIMASTE SEMPRE ALTE LE CRITICHE A LIVELLO INTERNAZIONALE CONTRO L'ENERGIA IDROELETTRICA ED I SUOI ENORMI COSTI COLLETTIVI IN CONCOMITANZA CON L'ABBASSARSI COSTANTE DEL COSTO REALE DEL kWh. ANCHE LE PICCOLE CENTRALI HANNO UN ALTO COSTO SPECIFICO.

CONTRARIAMENTE AD ALTRE FONTI DI ENERGIA RINNOVABILE, E COME GLI IMPIANTI EOLICI, GLI IMPIANTI IDROELETTRICI SONO MOLTO LEGATI AL SITO, DATO CHE A PARITÀ DI PORTATA E SALTO DI QUOTA, IL COSTO DI COSTRUZIONE È ENORMEMENTE INFLUENZATO DALLE OPERE CIVILI (DIGHE, BRIGLIE, ECC.) E DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA.

ATTUALMENTE, LA TENDENZA È QUELLA DI USUFRUIRE DI CONDOTTE (ES. ACQUEDOTTI) O OPERE ESISTENTI (ES. BACINI PER IRRIGAZIONE O REGIMAZIONE FIUMI) AL FINE DI ABBATTERE I COSTI DI INSTALLAZIONE RIDUCENDOLI ALL'INSTALLAZIONE DEL SOLO MACCHINARIO.

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

BARRIERE ALLO SVILUPPO DELL'IDROELETTRICO **BARRIERE AMBIENTALI**

È SOTTO ACCUSA L'IMPATTO AMBIENTALE DEI GRANDI IMPIANTI IDROELETTRICI, CHE NON PUÒ ESSERE IGNORATO, È CHE HA AVUTO UNA RICADUTA NEGATIVA ANCHE SUI PICCOLI IMPIANTI, IL CUI IMPATTO È PERÒ SICURAMENTE PIÙ LIMITATO.

PROBLEMI GENERALI DELLE CENTRALI IDROELETTRICHE, E QUINDI ANCHE DELLA MINI-IDRAULICA, SONO:

- **IL RISPETTO DEI VALORI DELLA PORTATA DA GARANTIRE AL CORSO D'ACQUA DOPO LA DERIVAZIONE PER NON COMPROMETTERE LA VITA ACQUATICA E L'AMBIENTE CIRCOSTANTE (DMV - DEFLUSSO MINIMO VITALE);**
- **LA LIMITAZIONE DELL'IMPATTO VISIVO SUL PAESAGGIO.**

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

COSTI DEGLI IMPIANTI IDROELETTRICI

IL COSTO DI UN IMPIANTO PUÒ VARIARE MOLTISSIMO A SECONDA DELLA TOPOGRAFIA E DELLA STRUTTURA GEOLOGICA E DELLE ALTRE CARATTERISTICHE DEL LUOGO DI INSTALLAZIONE.

OLTRE AD UN NOTEVOLE INVESTIMENTO DI CAPITALI PER LA COSTRUZIONE, BISOGNA METTERE IN CONTO SOMME ELEVATE PER IL PAGAMENTO DEI PROPRIETARI DEI TERRENI, PER ALTRI DIRITTI EVENTUALMENTE LESI DALLA COSTRUZIONE DI BACINI ARTIFICIALI E PER LA TRASMISSIONE DELL'ELETTRICITÀ PRODOTTA.

IL COSTO UNITARIO DI INVESTIMENTO PUÒ VARIARE TRA 1,5 E 2,5 MIGLIAIA DI € PER kW INSTALLATO, CON UN PERIODO DI AMMORTAMENTO DI 60 ANNI PER LE OPERE CIVILI E DI 30 ANNI PER LE OPERE ELETTROMECCANICHE. I COSTI OPERATIVI SONO, IN GENERE, COMPRESI TRA IL 2% ED IL 3% DEL COSTO DI INVESTIMENTO, PER UN NUMERO DI ORE EQUIVALENTI DI PRODUZIONE PARI A CIRCA 3700 ALL'ANNO.

SOTTO QUESTE IPOTESI, IL COSTO DI PRODUZIONE È COMPRESO TRA 4,5 ED 11 CENTESIMI DI € PER kWh. PER IMPIANTI DI PICCOLA TAGLIA IL LIMITE SUPERIORE PUÒ ESSERE FACILMENTE SUPERATO.

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

PER RENDERE ECONOMICAMENTE CONVENIENTE IL COSTO UNITARIO È INDISPENSABILE RIDURRE AL MINIMO LE SPESE DI CONDUZIONE E MANUTENZIONE ED ASSICURARE LA MASSIMA UTILIZZAZIONE DELLE RISORSE IDRAULICHE DISPONIBILI ATTRAVERSO:

- LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTI DESTINATI A FUNZIONARE CON ESERCIZIO AUTOMATICO NON PRESIDATO (AL FINE DI ELIMINARE LA NECESSITÀ, ED IL CORRISPONDENTE COSTO, DEL PERSONALE DI TURNO ADDETTO ALLA CONDUZIONE DEGLI IMPIANTI);

-LA DEFINIZIONE ATTENTA DELLE EFFETTIVE E SUFFICIENTI CONDIZIONI FUNZIONALI DA SODDISFARE SENZA RENDERE, CON APPESANTIMENTI, TROPPO ONEROSE OPERAZIONI DEL TUTTO OCCASIONALI;

- LA REALIZZAZIONE DELLA MASSIMA SEMPLIFICAZIONE DEGLI SCHEMI DEGLI INDISPENSABILI AUTOMATISMI, ELETTRICI ED OLEODINAMICI, AL SERVIZIO DEI GRUPPI, ATTUANDO UNA CORRETTA PROGETTAZIONE COORDINATA DEGLI IMPIANTI (PER RIDURRE IL NUMERO DEI COMPONENTI, FACILITARE LA RICERCA E L'ELIMINAZIONE DEI GUASTI, CONTRIBUENDO AD AUMENTARE L'AFFIDABILITÀ DEGLI IMPIANTI);

- L'ACCURATA SCELTA ED ADOZIONE DI COMPONENTI DI ELEVATA AFFIDABILITÀ CORRETTAMENTE INSTALLATI ED ACCURATAMENTE MESSI A PUNTO IN OGNI LORO DETTAGLIO PRIMA DI INIZIARE L'ESERCIZIO (PER RIDURRE PER QUANTO POSSIBILE GLI INTERVENTI PER IL CONTROLLO E LA MANUTENZIONE ED EVITARE POSSIBILI GUASTI CON CONSEGUENTE MANCATA PRODUZIONE).

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

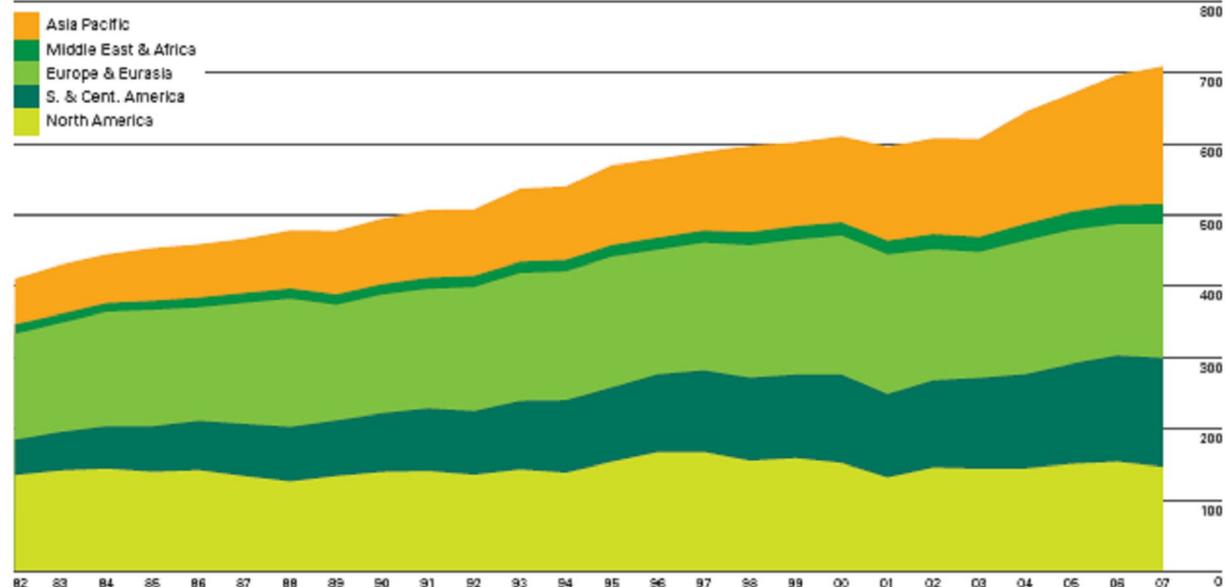
LA SITUAZIONE NEL MONDO

Consumption*											Change		2007	
'Million tonnes oil equivalent	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007 2006	2007 share	2007 of total
US	81.5	73.9	73.0	62.0	49.6	60.4	62.0	61.3	61.9	66.1	56.8	-14.2%	8.0%	
Canada	79.4	75.1	77.6	81.1	75.5	79.4	76.4	77.1	82.3	80.4	83.3	3.6%	11.7%	
Mexico	6.0	5.6	7.4	7.5	6.4	5.6	4.5	5.7	6.2	6.9	6.1	-10.7%	0.9%	
Total North America	166.9	154.6	158.3	151.6	131.5	145.4	143.9	144.2	150.3	153.4	146.2	-4.7%	20.6%	
Argentina	6.4	6.0	4.9	6.5	6.4	8.1	7.7	6.9	7.9	9.6	9.5	-1.2%	1.2%	
Brazil	63.1	66.0	66.3	66.9	66.5	64.7	69.2	72.6	76.4	78.9	84.1	5.5%	11.9%	
Chile	4.3	3.6	3.1	4.3	4.9	5.2	5.2	4.9	6.0	6.6	6.4	-16.5%	0.6%	
Colombia	7.1	6.9	7.6	6.9	7.1	7.6	8.1	9.0	9.0	9.7	10.1	4.1%	1.4%	
Ecuador	1.5	1.5	1.6	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7	1.6	1.8	2.2	28.7%	0.3%	
Peru	3.0	3.1	3.3	3.7	4.0	4.1	4.2	4.0	4.1	4.4	4.4	-0.5%	0.6%	
Venezuela	13.0	13.1	13.7	14.2	13.7	13.5	13.7	15.9	17.6	18.6	19.0	1.9%	2.7%	
Other S. & Cent. America	17.2	17.3	17.7	18.5	17.0	17.9	18.3	17.9	18.5	19.5	19.4	-0.3%	2.7%	
Total S. & Cent. America	115.6	117.5	119.2	124.8	117.3	122.9	127.9	132.9	140.9	149.3	153.1	2.5%	21.6%	
Austria	9.4	9.9	9.4	9.9	9.9	9.5	9.7	9.3	9.3	7.7	7.9	2.6%	1.1%	
Azerbaijan	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	-6.1%	0.1%	
Belarus	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	-	*	
Belgium & Luxembourg	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	-0.3%	0.1%	
Bulgaria	0.7	0.9	0.7	0.6	0.4	0.6	0.7	0.7	1.1	1.0	0.9	-16.9%	0.1%	
Czech Republic	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.4	0.6	0.7	0.7	0.6	-22.5%	0.1%	
Denmark	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	21.7%	*	
Finland	2.7	3.2	2.9	3.2	3.1	2.4	2.1	3.4	3.1	2.6	3.2	22.5%	0.4%	
France	15.3	14.9	17.6	16.4	18.0	15.1	14.7	14.7	12.8	13.9	14.4	3.4%	2.0%	
Germany	4.7	4.9	5.3	5.9	6.3	6.4	5.5	6.2	6.2	6.1	6.2	2.6%	0.9%	
Greece	0.9	0.9	1.1	0.9	0.8	0.9	1.2	1.2	1.3	1.5	0.7	-49.7%	0.1%	
Hungary	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	12.9%	*	
Iceland	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.9	15.9%	0.3%	
Republic of Ireland	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	-8.4%	*	
Italy	10.6	10.7	11.7	11.5	12.2	10.7	10.0	11.3	9.7	9.6	9.8	-10.1%	1.2%	
Kazakhstan	1.5	1.4	1.4	1.7	1.3	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	3.0%	0.3%	
Lithuania	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	19.5%	*	
Netherlands	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	2.8%	*	
Norway	25.1	26.3	27.6	32.2	27.4	29.4	24.0	24.7	30.9	27.1	30.6	12.9%	4.3%	
Poland	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9	0.7	0.9	0.9	0.7	0.7	-2.5%	0.1%	
Portugal	3.0	3.0	3.7	3.7	3.9	3.9	3.6	2.9	1.2	2.7	2.3	-11.8%	0.5%	
Romania	4.0	4.3	4.1	3.3	3.4	3.6	3.0	3.7	4.6	4.2	3.6	-13.4%	0.5%	
Russian Federation	35.6	35.9	36.4	37.4	39.3	37.2	35.6	40.9	39.6	39.6	40.5	2.2%	5.7%	
Slovakia	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	0.8	1.0	1.1	1.0	1.0	-0.1%	0.1%	
Spain	9.5	9.9	7.0	6.9	8.0	8.0	9.9	7.9	5.3	6.7	7.4	11.1%	1.0%	
Sweden	15.6	18.7	16.2	17.9	15.0	12.1	12.7	18.5	14.0	15.0	15.0	7.3%	2.1%	
Switzerland	6.0	7.9	9.3	8.7	9.7	9.3	8.3	9.0	7.5	7.4	9.3	11.7%	1.2%	
Turkey	8.8	9.6	7.8	7.0	5.4	7.6	8.0	10.4	9.0	10.0	9.0	-19.9%	1.1%	
Turkmenistan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ukraine	2.3	3.6	3.3	2.6	2.9	2.2	2.1	2.7	2.9	2.9	2.3	-21.3%	0.3%	
United Kingdom	1.3	1.5	1.9	1.8	1.5	1.7	1.3	1.7	1.8	1.9	2.1	11.5%	0.3%	
Uzbekistan	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.6	1.7	1.6	1.4	1.4	1.4	-	0.2%	
Other Europe & Eurasia	15.2	15.6	16.8	15.9	15.4	15.1	16.0	17.1	17.3	16.6	17.3	4.0%	2.4%	
Total Europe & Eurasia	179.3	185.2	189.7	194.5	193.3	193.1	175.8	186.9	187.7	184.6	188.6	2.2%	26.6%	
Iran	1.3	1.7	1.2	0.9	0.9	1.8	2.2	2.7	2.9	4.0	4.1	3.5%	0.6%	
Kuwait	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Oman	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Saudi Arabia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
United Arab Emirates	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Other Middle East	1.1	1.1	0.7	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	-0.1%	0.1%	
Total Middle East	2.4	2.8	1.9	1.9	1.9	2.9	3.2	3.8	4.0	5.0	5.1	2.8%	0.7%	
Algeria	†	†	†	†	†	†	0.1	0.1	0.1	†	0.1	77.6%	*	
Egypt	2.7	3.1	3.4	3.2	3.3	3.2	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	-	0.4%	
South Africa	1.1	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	1.2	34.5%	0.2%	
Other Africa	11.8	12.2	13.7	13.4	14.1	15.2	15.5	16.9	17.3	17.9	19.0	6.9%	2.5%	
Total Africa	15.5	16.2	17.9	17.6	18.2	19.3	19.3	20.6	21.1	21.7	22.2	2.3%	3.1%	
Australia	3.9	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6	3.7	3.6	3.5	3.8	3.8	-0.7%	0.5%	
Bangladesh	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	3.7%	*	
China	44.4	47.1	46.1	50.3	62.9	65.2	64.2	80.0	89.9	99.6	109.3	10.9%	15.4%	
China Hong Kong SAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
India	15.9	18.9	18.6	17.4	16.3	15.5	15.7	19.0	22.0	25.4	27.7	9.9%	3.9%	
Indonesia	1.2	2.2	2.1	2.0	2.2	2.1	2.2	2.4	2.4	2.9	2.9	-13.2%	0.3%	
Japan	21.2	23.6	21.0	20.7	20.9	21.1	22.3	23.1	19.5	21.8	19.9	-13.4%	2.7%	
Malaysia	0.9	1.1	1.7	1.7	1.5	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	4.0%	0.2%	
New Zealand	5.2	5.7	5.3	5.6	5.1	5.7	5.4	6.2	5.3	5.3	5.3	0.7%	0.8%	
Pakistan	4.2	5.5	4.9	4.0	4.1	4.8	5.8	5.6	6.9	6.8	7.5	9.7%	1.1%	
Philippines	1.4	1.1	1.8	1.8	1.6	1.6	1.8	1.9	1.9	2.2	1.9	-13.9%	0.3%	
Singapore	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
South Korea	1.2	1.4	1.4	1.3	0.9	1.2	1.6	1.3	1.1	1.2	1.1	-3.1%	0.2%	
Taiwan	2.0	2.3	1.9	1.9	2.0	1.4	1.5	1.4	1.7	1.7	1.8	3.9%	0.2%	
Thailand	1.6	1.2	0.8	1.4	1.4	1.7	1.7	1.4	1.3	1.8	1.8	0.1%	0.2%	
Other Asia Pacific	7.0	6.9	7.7	6.1	6.0	6.9	6.6	9.3	9.0	10.3	11.1	7.6%	1.6%	
Total Asia Pacific	110.1	120.8	117.1	120.2	132.0	134.1	137.7	156.6	166.2	182.1	194.0	5.9%	27.3%	
TOTAL WORLD	588.7	597.1	602.1	610.4	596.3	607.8	607.7	644.7	670.4	697.2	709.2	1.7%	108.0%	
of which: European Union	90.3	83.7	84.6	87.4	91.5	79.0	77.1	75.1	76.9	76.9	77.3	0.5%	10.9%	
OECD	315.5	310.6	313.8	313.9	292.0	297.1	291.7	296.0	299.2	301.9	295.6	-2.1%	41.7%	
Former Soviet Union	48.3	51.1	51.5	52.1	54.2	52.0	51.2	56.9	55.9	55.6	56.5	1.7%	8.0%	
Other EMES	223.9	235.3	236.8	244.5	250.1	258.7	284.9	291.8	316.3	339.7	357.1	6.1%	50.4%	

**OLTRE IL 20% DELLA PRODUZIONE
MONDIALE DI ENERGIA PROVIENE
DA CENTRALI IDROELETTRICHE
PER UNA POTENZA INSTALLATA DI
CIRCA 870 GW.**

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

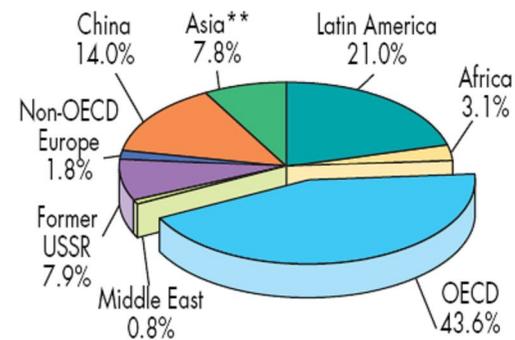
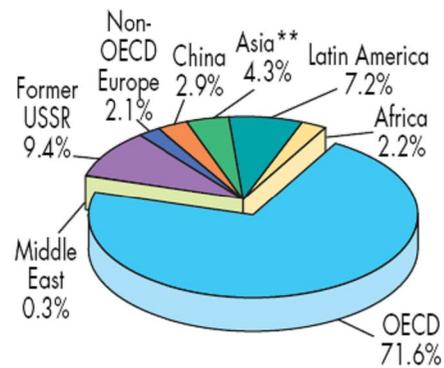
Consumption by region
Million tonnes oil equivalent



Growth in global hydroelectric power generation was 1.7%, slightly below the historical average. New capacity in China and Brazil and improved rainfall in Canada and northern Europe offset drought conditions in the US and southern Europe.

1973

2006



Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

1 295 TWh

3 121 TWh

POTENZIALITÀ E DIFFUSIONE DELL'ENERGIA IDROELETTRICA

SI STIMA CHE L'ENERGIA IDROELETTRICA PRODOTTA SIA SOLO UNA PICCOLA PARTE (DI POCO SUPERIORE AL 10%) DELL'ENERGIA POTENZIALMENTE OTTENIBILE.

I MAGGIORI POTENZIALI RISULTANO LOCALIZZATI NEI PAESI IN VIA DI SVILUPPO MENTRE NELL'EUROPA OCCIDENTALE IL POTENZIALE RESIDUO È LIMITATO A CIRCA IL 30%.

LA PRODUZIONE TOTALE DI ENERGIA IDROELETTRICA POTREBBE ESSERE POTENZIALMENTE INCREMENTATA FINO A 5 VOLTE QUELLA ATTUALE, IN PRATICA L'ENERGIA IDROELETTRICA POTREBBE SODDISFARE L'ATTUALE RICHIESTA DI ENERGIA ELETTRICA.

È LA CINA A POSSEDERE IL NUMERO MAGGIORE DI CENTRALI IDROELETTRICHE AL MONDO E A DETENERE IL PRIMATO DELLA POTENZA INSTALLATA.

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

Installed capacity (based on production)	GW
People's Rep. of China	118
United States	99
Brazil	71
Canada	72
Japan	47
Russia	46
India	32
Norway	28
France	25
Italy	21
Rest of the world	308
World	867

Producers	TWh	% of world total
People's Rep. of China	436	14.0
Canada	356	11.3
Brazil	349	11.2
United States	318	10.2
Russia	175	5.6
Norway	120	3.8
India	114	3.6
Japan	96	3.1
Venezuela	79	2.5
Sweden	62	2.0
Rest of the world	1 016	32.7
World	3 121	100.0

Country (based on first 10 producers)	% of hydro in total domestic electricity generation
Norway	98.5
Brazil	83.2
Venezuela	72.0
Canada	58.0
Sweden	43.1
Russia	17.6
India	15.3
People's Rep. of China	15.2
Japan	8.7
United States	7.4
Rest of the world**	14.3
World	16.4

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

LA PIÙ GRANDE CENTRALE DEL MONDO È QUELLA DELL'IMPIANTO DELLE TRE GOLE SULLO YANGTSE NELLA PROVINCIA CINESE DELL'HUBEI.

ALTA 185 m E LUNGA 2,4 km, È LA PIÙ IMPORTANTE CENTRALE IDROELETTRICA CON UNA POTENZA DI 22,4 GW, UNA PRODUZIONE ANNUA DI CIRCA 100 TWh ED UNA PORTATA MEDIA D'ACQUA DI 102.500 METRI CUBI AL SECONDO.

LA SFIDA POSTA DALLA CINA ALLA NATURA HA GIÀ MIETUTO LA PRIME VITTIME: CON LA COSTRUZIONE DELLA DIGA SI È ESTINTO IL DELFINO DELLO YANGTSE E RIMANGONO POCHI ESEMPLARI DELLO STORIONE CINESE, DETTO ANCHE IL "PANDA D'ACQUA".

SECONDO GLI ESPERTI, NON SOLO L'INQUINAMENTO DEL FIUME È AI MASSIMI LIVELLI, MA LA COSTRUZIONE DELLA DIGA HA ALTERATO L'EQUILIBRIO GEOLOGICO DELL'AREA, GLI STESSI INGEGNERI CHE HANNO COSTRUITO LA DIGA NON ESCLUDONO CHE ESSA POSSA CAUSARE TERREMOTI.

ANCHE GLI UOMINI SONO STATI SACRIFICATI SULLA VIA DEL PROGRESSO, SONO STATI INONDATI 632 km² DI TERRENI E DI CONSEGUENZA 1.200.000 PERSONE SONO STATE TRASFERITE (SARANNO SOMMERSE 2 GRANDI CITTÀ, 11 CAPOLUOGHI DI CONTEA, 140 CITTADINE DI PICCOLE DIMENSIONI, 326 VILLAGGI DI MEDIE DIMENSIONI, 1.351 FRAZIONI RURALI, 30MILA ETTARI DI TERRENO AGRICOLO), INTERE CULTURE ANNIENTATE, 1282 TRA SITI ARCHEOLOGICI E TEMPLI CANCELLATI DALLA STORIA.

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

PARADOSSALMENTE, LA RAGIONE DI STATO VUOLE CHE LA DIGA SIA STATA UFFICIALMENTE COSTRUITA PER CONTROLLARE LE PERIODICHE INONDAZIONI DELLO YANGTSE E PER PROTEGGERE 15 MILIONI DI PERSONE DALLA FURIA DEL FIUME (SUL SITO UFFICIALE <http://www.ctgpc.com/> NELLA SEZIONE ENVIRONMENT SI PUÒ TROVARE QUESTA VERSIONE).

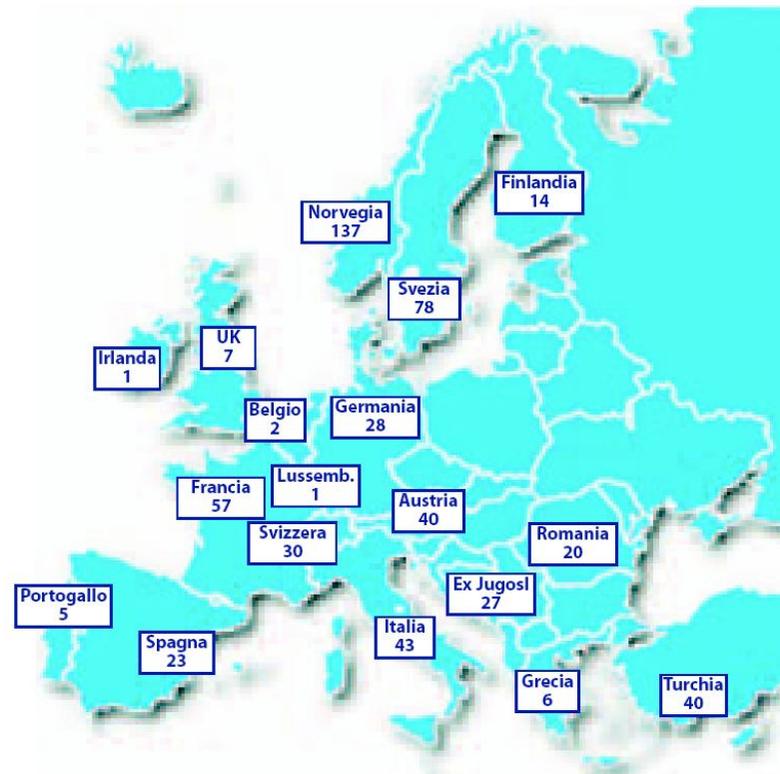


Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

LA SITUAZIONE IN EUROPA

L'IDROELETTRICO COSTITUISCE LA PIÙ IMPORTANTE E TRADIZIONALE FONTE DI ENERGIA RINNOVABILE IN EUROPA E AD OGGI COPRE CIRCA L'11% DELLA PRODUZIONE COMPLESSIVA DI ENERGIA ELETTRICA. TUTTAVIA, LE DIVERSE POLITICHE DI SFRUTTAMENTO E LA DISOMOGENEA DISPONIBILITÀ DELLA RISORSA SI RIFLETTONO SUI DATI DI POTENZA INSTALLATA E DI PRODUZIONE NEI DIVERSI STATI EUROPEI.



PRODUZIONE DI ENERGIA IDROELETTRICO [TWh/ANNO]

L'IDROELETTRICO NON HA TROVATO IN PASSATO GRANDE SPAZIO NELLA STRATEGIA COMUNITARIA. IL "LIBRO BIANCO" INFATTI NON NE FA NEPPURE MENZIONE TRA LE ENERGIA RINNOVABILI. ESISTONO ALTRI DOCUMENTI DELLA COMMISSIONE EUROPEA DOVE L'ATTEGGIAMENTO VERSO L'IDROELETTRICO È IMPRONTATO AD UNA CERTA OSTILITÀ.

NEL DOCUMENTO TERES (THE EUROPEAN RENEWABLE ENERGY STUDY), PRODOTTO NEL 1994 NELL'AMBITO DEL PROGRAMMA ALTENER, PUR CITANDO NON MEGLIO SPECIFICATI BENEFICI, GLI AUTORI SI SOFFERMANO CON INSISTENZA SULL'IMPATTO GENERALMENTE NEGATIVO CHE GLI IMPIANTI HANNO RIFERENDOSI PERÒ SOLO AI GRANDI IMPIANTI E TRASCURANDO TOTALMENTE QUELLI PICCOLI, TIPOLOGICAMENTE DEL TUTTO DIFFERENTI.

È PIUTTOSTO ANOMALO CHE IN UN DOCUMENTO COSÌ IMPORTANTE DI PIANIFICAZIONE STRATEGICA COMUNITARIA L'IDROELETTRICO VENGA SNOBBATO IN QUESTO MODO, SOPRATTUTTO CONSIDERANDO CHE L'ENERGIA IDROELETTRICA È AL PRIMO POSTO PER QUANTO RIGUARDA LA PRODUZIONE DA FONTI RINNOVABILI.

L'UE HA COME OBIETTIVO AL 2010 L'INSTALLAZIONE DI 14.000 MW DI POTENZA CONTRO I CIRCA 10.000 MW ATTUALMENTE INSTALLATI.

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

LA SITUAZIONE È LEGGERMENTE MIGLIORATA CON IL “LIBRO VERDE” NEL QUALE L’ENERGIA IDROELETTRICA TROVA UN SUO SPAZIO, ANCHE SE ANCORA PIUTTOSTO MARGINALE. VIENE RICONOSCIUTO IL RUOLO DI PROTAGONISTA NELL’ATTUALE SCENARIO, MA NELLE STRATEGIE COMUNITARIE TROVA POCO SPAZIO ESSENZIALMENTE PER DUE MOTIVI.

IL PRIMO È CHE LO SCENARIO DI INCREMENTO DELLA PRODUZIONE E DI ABBATTIMENTO DEI COSTI DOVUTO AD INNOVAZIONI TECNOLOGICHE NON DOVREBBE PORTARE A GROSSI SVILUPPI IN QUESTO SETTORE ESSENDO UNA TECNOLOGIA MATURA E CONSOLIDATA.

IL SECONDO È CHE IN UE NON VI SONO PIÙ GRANDI RISORSE IDROELETTRICHE UTILIZZABILI E, SE ANCHE VI FOSSERO, NON SAREBBERO UTILIZZABILI PER MOTIVI AMBIENTALI.

IN QUESTO PANORAMA LE RISORSE SAREBBERO ALLORA UTILIZZABILI MEDIANTE I PICCOLI IMPIANTI IL CUI COSTO CAPITALE È SUPERIORE A QUELLO DEI GRANDI IMPIANTI E RITENUTO QUINDI DIFFICILMENTE ABBATTIBILE.

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

NEI PIÙ RECENTI PROGRAMMI COMUNITARI DI SOSTEGNO FINANZIARIO NEL CAMPO DELLE ENERGIE RINNOVABILI, IN PARTICOLARE NEL PROGRAMMA THERMIE, SI AVVERTE UNA FORTE INVERSIONE DI TENDENZA RISPETTO AL PASSATO; GLI IMPIANTI DI MINI-IDRAULICA HANNO ASSUNTO UNA MAGGIORE IMPORTANZA.

LE CARATTERISTICHE MERITEVOLI DI ATTENZIONE DA PARTE DELLA COMMISSIONE EUROPEA DEGLI IMPIANTI SONO:

- **INSERIMENTO IN SCHEMI "MULTIUSO" (RITENUTI PREFERIBILI SOPRATTUTTO PER LE REGIONI MENO SVILUPPATE);**
- **ALTA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE (DA CONSEGUIRE CON PARTICOLARI ACCORGIMENTI);**
- **EFFICIENZA ED AFFIDABILITÀ;**
- **RECUPERO E RISTRUTTURAZIONE DI SITI ABBANDONATI O RISTRUTTURATI IN MANIERA INADEGUATA.**

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

LA SITUAZIONE IN ITALIA

IN ITALIA, LA PRIMA CENTRALE È STATA COSTRUITA NEL 1890. A QUESTA SONO SEGUITE CENTRALI DI VARIE DIMENSIONI, INSTALLATE IN PARTICOLARE NELLE REGIONI ALPINE ED APPENNINICHE, IN GENERE DA PRIVATI.

A PARTIRE DAGLI ANNI '20 LA PRODUZIONE DELL'ENERGIA IDROELETTRICA È STATA LARGAMENTE PREVALENTE SU QUELLA DA ALTRE FONTI, CIRCOSTANZA CHE HA SPINTO A REALIZZARE I GRANDI SISTEMI INTERCONNESSI ALPINI E APPENNINICI PER CONSENTIRE LA CONTINUITÀ DELLA FORNITURA INDIPENDENTEMENTE DAGLI EVENTI IDROGEOLOGICI STAGIONALI.

ALLA FINE DEGLI ANNI '50 IL CONTRIBUTO DELL'ENERGIA IDROELETTRICA AMMONTAVA A CIRCA 40 TWh L'ANNO, VALE A DIRE QUASI L'80% DELLA PRODUZIONE TOTALE DI ENERGIA DEL NOSTRO PAESE.

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

IN SEGUITO, L'AUMENTO VERTIGINOSO DEL FABBISOGNO ENERGETICO NEGLI ANNI DEL BOOM ECONOMICO ED IL CONSEGUENTE SVILUPPO INDUSTRIALE ASSOCIATO AI GRANDI PROGRESSI NELLA TECNOLOGIA TERMoeLETRICA E TERMONUCLEARE E LA SITUAZIONE DI MERCATO CREATA FINO AL 1973 DAL PETROLIO A BASSO PREZZO, HANNO RELEGATO GLI IMPIANTI IDROELETTRICI DI PRODUZIONE AL RUOLO DI COPERTURA DELLE PUNTE DEI DIAGRAMMI DI CARICO DELLE RETI ELETTRICHE NAZIONALI. L'IMPIANTO IDROELETTRICO DIVENTA PARTICOLARMENTE UTILE PER RAGGIUNGERE QUESTO SCOPO, IN QUANTO PUÒ ESSERE AVVIATO E ARRESTATO CON FACILITÀ.

IN AGGIUNTA AI GRANDI IMPIANTI, CHE RIVESTIVANO E RIVESTONO UNA IMPORTANZA STRATEGICA NEGLI APPROVVIGIONAMENTI ENERGETICI NAZIONALI, FIN DAGLI INIZI SI È SVILUPPATO L'IDROELETTRICO MINORE, OVVERO PICCOLI IMPIANTI COSTRUITI PER FORNIRE DIRETTAMENTE ENERGIA AD IMPIANTI INDUSTRIALI CHE, PER RAGIONI DI PROCESSO LAVORATIVO, DOVEVANO ESSERE POSIZIONATI IN PROSSIMITÀ DI CORSI D'ACQUA (FILATURE, CARTIERE, ECC.) OPPURE CHE POTEVANO SORGERE LADDOVE PER RAGIONI TECNICHE DOVEVA ESSERE COLLOCATA LA CENTRALE IDROELETTRICA (IMPIANTI SIDERURGICI, MANIFATTURE NELLE VALLI ALPINE E APPENNINICHE).

**Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it**

POTENZA ED IMPIANTI INSTALLATI

	n°	kW	n°	kW	%
	2006		2007		'07 / '06
Idrica	2.093	17.412.060	2.128	17.458.614	0,3
0_1	1.173	427.454	1.194	436.580	2,1
1_10 (MW)	626	2.040.351	641	2.085.679	2,2
> 10	294	14.944.255	293	14.936.355	-0,1

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

GWh	2003	2004	2005	2006	2007	'07 / '06 %
Idrica	36.669,9	42.337,8	36.066,7	36.994,4	32.815,2	-11,3
0_1	1.455,3	1.731,3	1.525,7	1.520,9	1.415,7	-6,9
1_10 (MW)	5.731,8	7.127,8	6.090,5	6.354,1	5.684,4	-10,5
> 10	29.482,8	33.478,7	28.450,5	29.119,4	25.715,1	-11,7

IL CONTRIBUTO ALLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA TOTALE È PARI ALL'11,2% CON UNA RIDUZIONE DI QUASI IL 50% RISPETTO AL 1996.

NUOVI GRANDI IMPIANTI IDROELETTRICI ASSAI DIFFICILMENTE POTRANNO ANCORA ESSERE COSTRUITI IN ITALIA, PER CUI UN RAGGUARDEVOLE CONTRIBUTO AD UN AUSPICABILE AUMENTO DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA PUÒ ESSERE DATO DAI PICCOLI IMPIANTI IDROELETTRICI.

RICERCHE CONDOTTE DALL'ENEL HANNO CONCLUSO CHE IN ITALIA ESISTE UN'ULTERIORE POSSIBILITÀ DI SFRUTTAMENTO PARI A 15 TWh/ANNO MEDIANTE IMPIANTI IDROELETTRICI, CHE EQUIVALGONO AL 6% DEL TOTALE DELLA DOMANDA DI ELETTRICITÀ.

**NUMERO IMPIANTI E POTENZA
INSTALLATA PER REGIONE**

	Idrica n°	MW	Q. %
Piemonte	474	2.398,7	13,7
Valle d'Aosta	63	861,0	4,9
Lombardia	333	4.902,6	28,1
Trentino Alto Adige	369	3.049,9	17,5
Veneto	188	1.088,2	6,2
Friuli Venezia Giulia	137	453,5	2,6
Liguria	40	72,5	0,4
Emilia Romagna	62	290,3	1,7
Toscana	91	321,1	1,8
Umbria	28	508,3	2,9
Marche	104	230,0	1,3
Lazio	68	399,3	2,3
Abruzzi	50	1.001,9	5,7
Molise	25	84,7	0,5
Campania	27	333,8	1,9
Puglia	-	-	-
Basilicata	7	128,0	0,7
Calabria	28	716,6	4,1
Sicilia	17	152,2	0,9
Sardegna	17	466,2	2,7
ITALIA	2.128	17.458,9	100,0

PRODUZIONE DI ENERGIA PER REGIONE

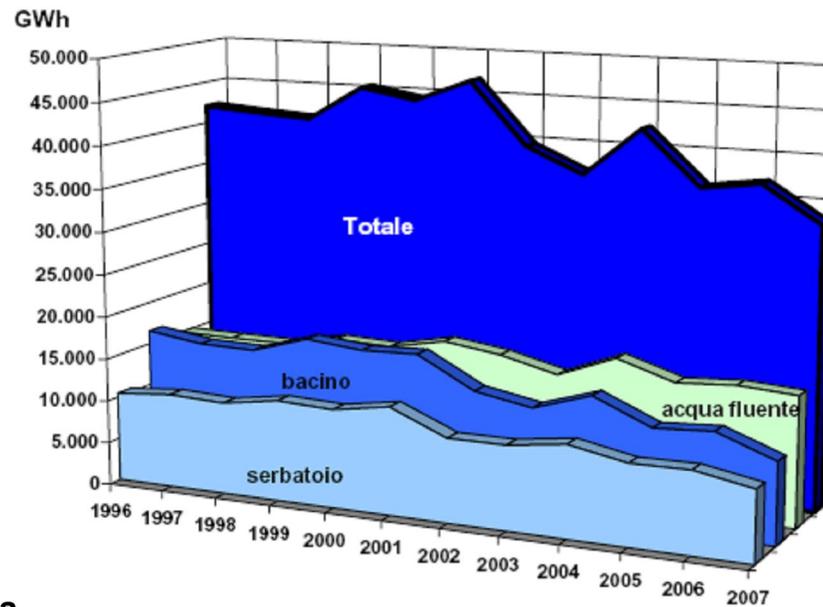
	Idrica GWh	Q. %
Piemonte	5.185,0	15,8
Valle d'Aosta	2.768,8	8,4
Lombardia	7.520,9	22,9
Trentino Alto Adige	6.958,4	21,2
Veneto	3.229,6	9,8
Friuli Venezia Giulia	1.304,6	4,0
Liguria	146,7	0,4
Emilia Romagna	750,9	2,3
Toscana	494,5	1,5
Umbria	920,2	2,8
Marche	211,2	0,6
Lazio	624,1	1,9
Abruzzi	890,5	2,7
Molise	120,4	0,4
Campania	354,4	1,1
Puglia	-	-
Basilicata	230,8	0,7
Calabria	705,7	2,2
Sicilia	97,5	0,3
Sardegna	300,9	0,9
ITALIA	32.815,1	100,0

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

SUDDIVISIONE IMPIANTI PER TIPOLOGIA

	Impianti n°	Pot. Eff. Lorda MW	Prod. Lorda GWh	Ore di utilizzo
Totale	2.128	17.459	32.815	1.880
serbatoio	143	8.024	8.259	1.029
bacino	176	4.914	9.471	1.927
acqua fluente	1.809	4.521	15.085	3.337

Andamento della produzione idrica rinnovabile



Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it

POTENZIALE DELLA MINI IDRAULICA IN ITALIA

Regioni	Numero di siti	Potenza KW	Energia GWh/anno
Abruzzi	34	620	24,74
Basilicata	3	4731	16,40
Calabria	46	10070	41,13
Campania	19	2888	12,20
Emilia Romagna	131	28393	110,75
Friuli Venezia Giulia	45	8328	39,08
Lazio	17	4433	21,38
Liguria	27	6049	22,01
Lombardia	84	15235	77,76
Marche	36	8659	32,59
Molise	7	3252	13,48
Piemonte	81	20887	88,75
Sicilia	4	202	0,78
Toscana	115	36975	146,58
Trentino Alto. Adige.	37	4360	19,85
Umbria	70	20125	83,48
Valle D'Aosta	113	230368	1061,16
Veneto	62	11324	61,56
Totale	921	421694	1874,30

Regioni	Investimento k€	Costi c€/kWh
Abruzzi	6164	5,21
Basilicata	4020	4,40
Calabria	13080	5,90
Campania	3427	5,06
Emilia Romagna	31902	4,91
Friuli Venezia Giulia	10080	4,66
Lazio	5160	4,64
Liguria	6457	5,33
Lombardia	23155	4,91
Marche	9864	4,97
Molise	4000	4,51
Piemonte	24100	4,82
Sicilia	300	6,02
Toscana	44568	5,29
Trentino Alto Adige	6162	5,02
Umbria	24561	5,27
Valle D'Aosta	232000	4,50
Veneto	1706	4,75

Dott. Ing. Nicola Graniglia
graniglia2@unisi.it