

2.5

Le centrali termoelettriche e a turbogas

Il carbone, l'olio combustibile e il gas metano vengono utilizzati per alimentare le **centrali termoelettriche**.

- In queste centrali il combustibile, bruciando, sviluppa calore.
- Il calore viene utilizzato per trasformare l'acqua di una caldaia in *vapore surriscaldato*.
- Il vapore mette in rotazione una *turbina a vapore*, collegata ad un generatore di corrente, l'*alternatore*: si ottiene così energia elettrica.
- Il *trasformatore*, infine, aumenta i valori di tensione della corrente prodotta prima di inviarla alle linee di trasporto.

Nelle **centrali a turbogas** si può bruciare il gasolio e il gas metano.

L'impianto è costituito da un compressore, da una camera di combustione e da un gruppo turboalternatore.

- L'aria aspirata dall'atmosfera viene compressa ed inviata alla *camera di combustione* del compressore.

- In questa camera, bruciando del gasolio o del metano, si produce calore.

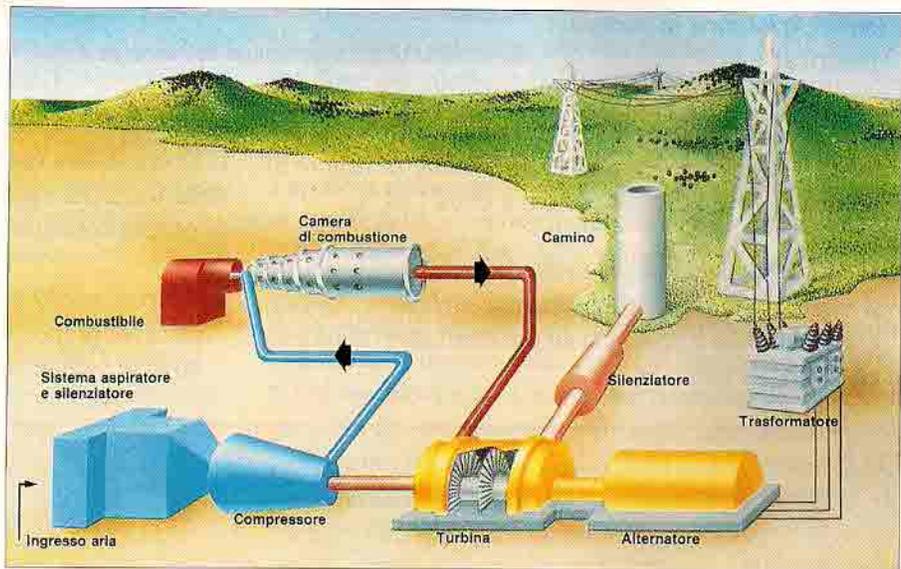
- La miscela compressa così prodotta entra in una *turbina* dove avviene la conversione dell'energia termica in energia meccanica.

- La turbina è collegata all'*alternatore*: si ottiene così energia elettrica.

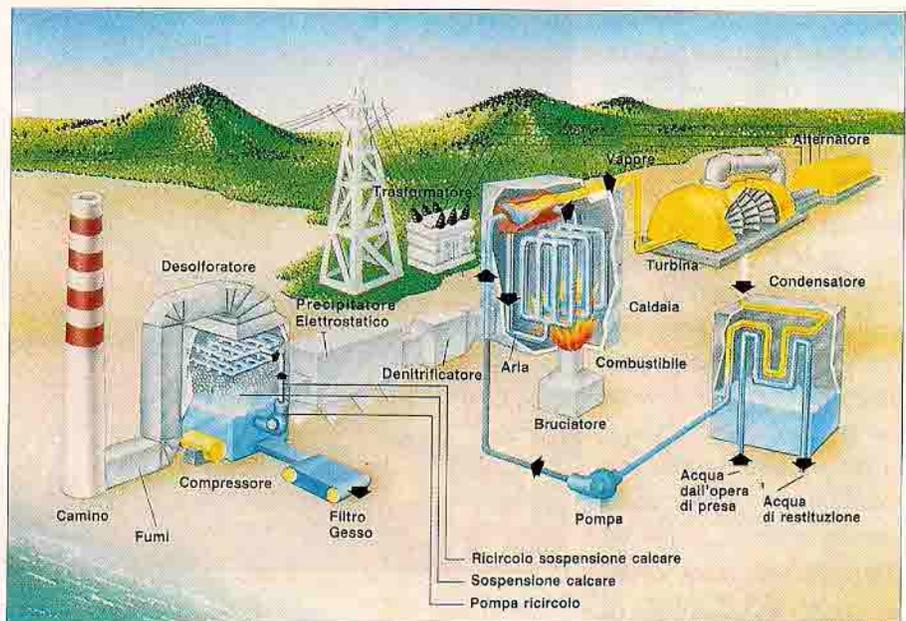
■ Schema di funzionamento di una **centrale a turbogas** (ENEL).



■ Centrale termoelettrica.



■ Schema di funzionamento di una **centrale termoelettrica** (ENEL).



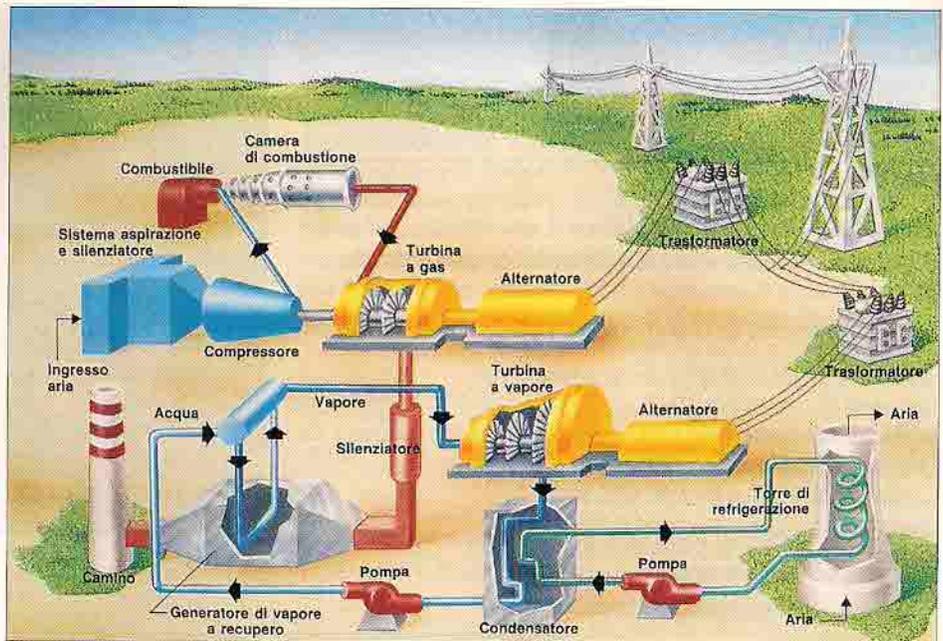
Nelle **centrali a ciclo combinato** l'energia resa disponibile durante la combustione viene utilizzata, in cascata, da due differenti impianti.

Questi impianti sono costituiti essenzialmente da una *turbina a gas*, da un *generatore di vapore di recupero* e da una *turbina a vapore*.

■ Nella *turbina a gas* l'aria viene compressa e utilizzata per la combustione. Vengono così prodotti gas ad alta pressione e temperatura che si espandono nella turbina, cedendo energia che l'alternatore trasforma in energia elettrica.

■ I gas scaricati dalla turbina a una temperatura superiore a 500 °C, vengono inviati nel *generatore di vapore di recupero* dove sono raffreddati a circa 110 °C.

■ L'energia ceduta dai gas viene utilizzata per produrre il vapore con cui è alimentata la *turbina a vapore*. Questa turbina è collegata ad un alternatore: si ottiene così energia elettrica.

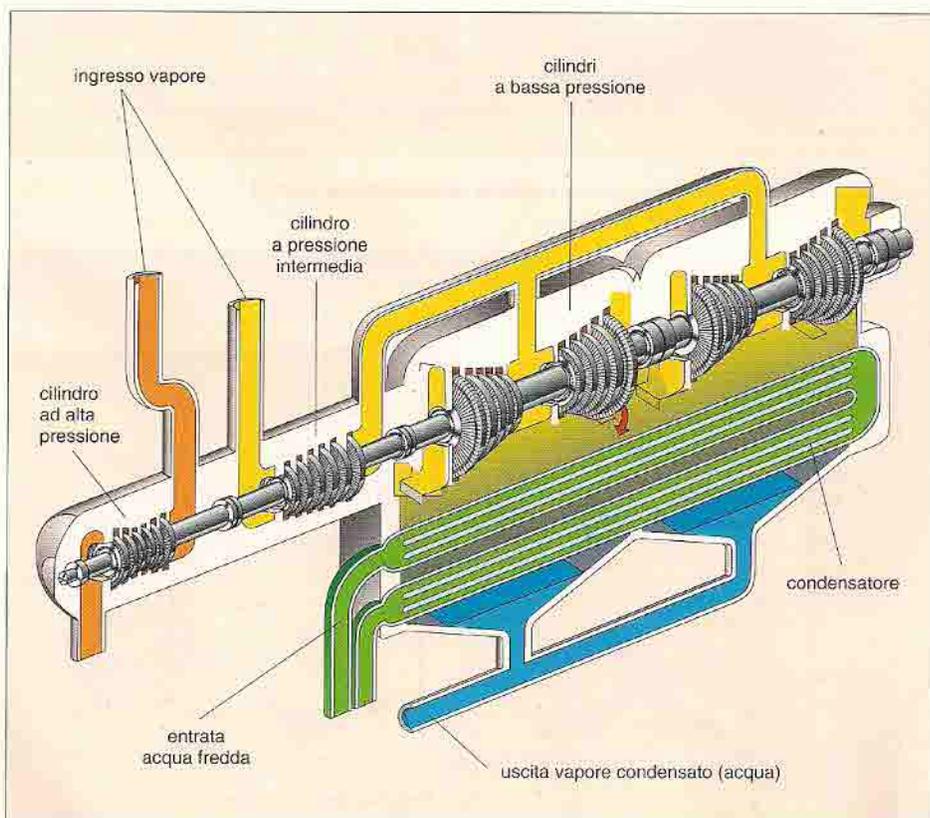


■ Schema di funzionamento di una **centrale a ciclo combinato** (ENEL).

Le turbine a vapore

L'albero di una *turbina a vapore* è messo in rotazione dalla forza del vapore che passa attraverso diverse serie di palette contenute in cilindri separati.

■ Il vapore ad altissima temperatura, creato dalla *caldaia*, entra nel primo cilindro ad *alta pressione* della turbina, dove le palette sono più piccole.



■ Schema di *turbina a vapore*.

■ Il vapore, persa una parte della sua pressione, passa nel cilindro a *pressione intermedia*, dove le pale sono più grandi.

■ Infine entra nella sezione dei cilindri a *bassa pressione*, dove le palette sono ancora più grandi.

■ Il vapore va poi ai *condensatori*, dove ridiventa acqua per essere nuovamente utilizzata.

Nelle **centrali termoelettriche** le turbine a vapore mettono in movimento l'alternatore. La turbina più grande genera un'energia sufficiente a soddisfare la richiesta di una città di un milione di abitanti.

3

ENERGIA NUCLEARE

L'**energia nucleare** è una forma di energia che deriva da profonde modificazioni della struttura stessa della materia.

La *materia* può trasformarsi in *energia* secondo la legge fisica, scoperta dallo scienziato Albert Einstein, che viene espressa dalla formula:

$$E = m \times C^2$$

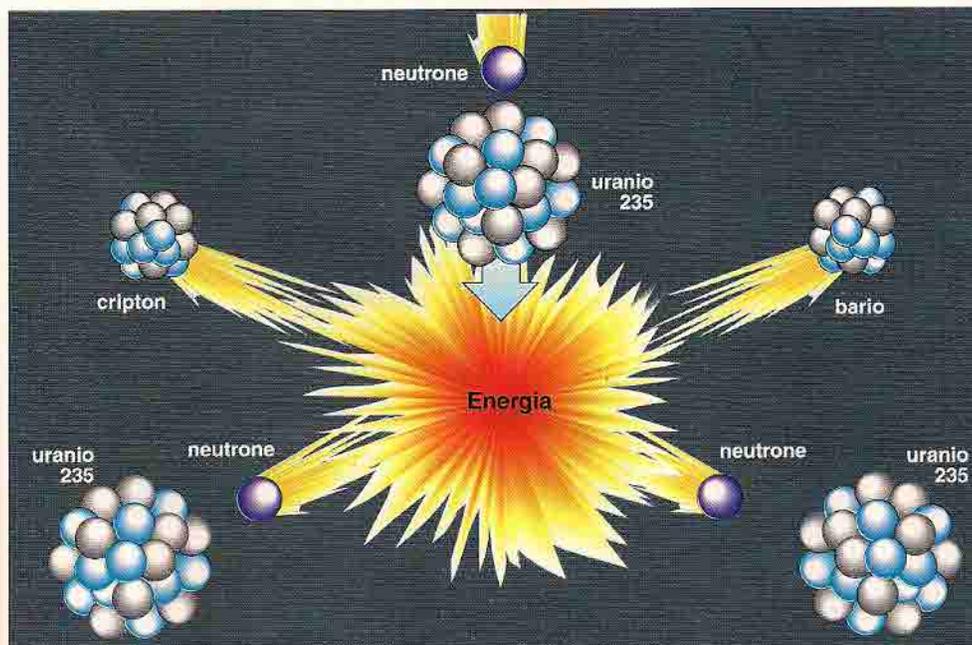
Da essa si ricava che la quantità di energia prodotta (E) è uguale alla massa di materia trasformata (m) moltiplicata per una costante (C²) che corrisponde al quadrato della velocità della luce (300.000 km/s)².

Con un calcolo puramente aritmetico si può constatare come, anche con un valore di massa (m) molto piccolo, moltiplicato però per un numero molto grande (C²), si può ricavare una quantità di energia elevatissima.

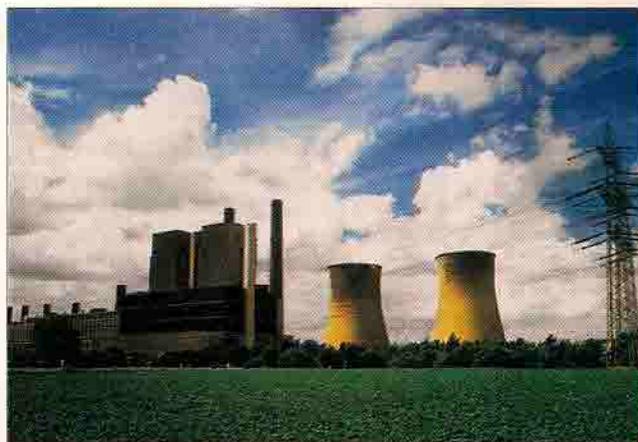
Le scoperte della scienza e le applicazioni della tecnica hanno finora permesso di sfruttare questo principio in forma molto limitata: nei processi nucleari attualmente conosciuti, solo una piccolissima parte della materia si trasforma in energia.

Due sono i processi che possono produrre energia nucleare:

- la **fissione** o **scissione nucleare**;
- la **fusione nucleare**.



■ Schema della reazione di **fissione nucleare**.



3.1

La fissione nucleare

La **fissione** o **scissione nucleare** consiste nella disintegrazione del nucleo dell'atomo di alcuni elementi, detti *fissili*, per mezzo di piccolissime particelle (*neutroni*) che lo colpiscono e lo spezzano in due nuclei più leggeri. I prodotti della scissione hanno una *massa più piccola* di quella del nucleo originale: ciò significa che, durante il processo, una parte della materia si è trasformata in *energia*.

Se la quantità di materiale fissile è sufficiente, durante la fissione si liberano altri neutroni capaci, a loro volta, di colpire nuovi nuclei, e così via: si innesta una *reazione a catena* che può essere tenuta sotto controllo.

L'elemento fissile usato nelle centrali è l'**Uranio 235**, che è presente però solo in una piccola percentuale, il *7 per mille*, nell'uranio naturale.

L'uranio naturale deve perciò essere "arricchito" con complesse operazioni, in modo che la percentuale di Uranio 235 arrivi intorno al 3-5%.

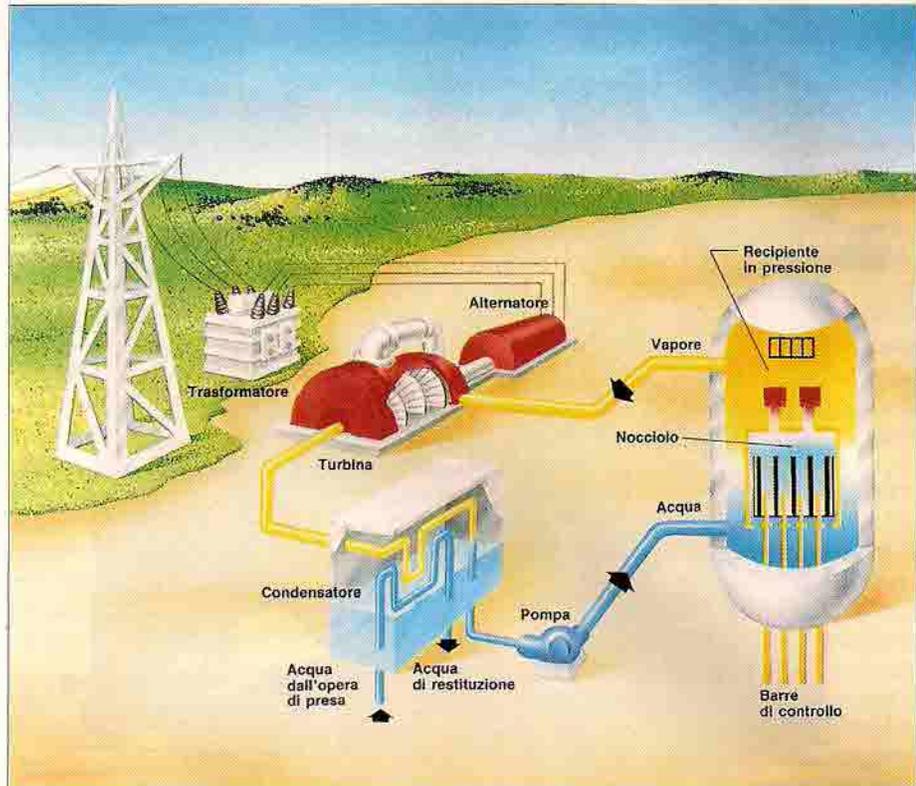
L'Uranio 235 costituisce il "combustibile" che, introdotto nei reattori, svilupperà, per mezzo della fissione nucleare, una notevole quantità di energia.

Nei reattori dell'ultima generazione, detti *autofertilizzanti*, si riesce non solo a produrre energia, ma anche *nuovo* combustibile nucleare. Durante la fissione, infatti, si ottiene un materiale fissile non presente in natura, il *Plutonio*.

Le centrali nucleari

Il principio di funzionamento di una **centrale nucleare** è il seguente:

- Nel **reattore** o *core* dove si trova il combustibile nucleare, formato da *pastiglie di uranio*, avviene una fissione controllata.
- Il calore prodotto dalla fissione serve a generare *vapore surriscaldato* che mette in rotazione una *turbina a vapore*, collegata a un generatore di corrente, l'*alternatore*: si ottiene così energia elettrica.
- Il controllo della fissione avviene mediante opportune *barre di controllo*: quando si vuole diminuire la potenza della caldaia, o spegnerla addirittura, si inseriscono di più o di meno le barre di controllo. In caso di guasto o di situazione anormale vengono inserite automaticamente.



■ Schema di funzionamento di una **centrale elettronucleare** ad acqua bollente (ENEL).

3.2

La fusione nucleare

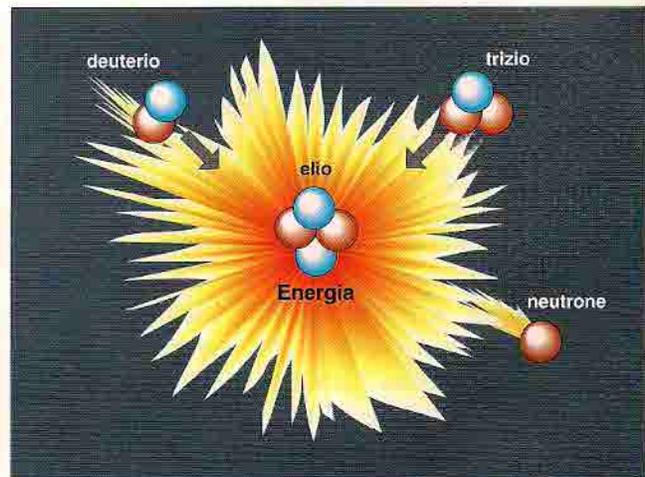
La **fusione nucleare** consiste nell'unione di nuclei di atomi leggeri per formare nuclei più *pesanti*: in un certo senso è il processo inverso di quello precedentemente descritto della fissione nucleare.

Quando due nuclei leggeri (*deuterio* e *trizio*, isotopi dell'idrogeno) sono spinti con forza l'un contro l'altro, possono saldarsi, *fondersi* insieme e formare un solo nucleo (*elio*) il quale, però, risulta un po' meno pesante della somma degli altri due. La quantità di materia mancante si è trasformata in *energia*.

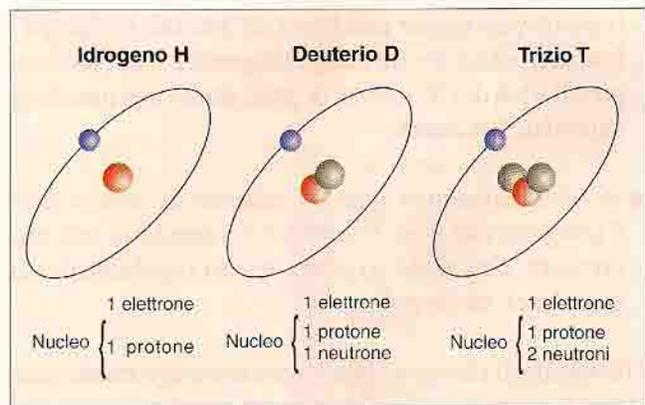
Questa reazione avviene continuamente sul Sole e le altre stelle, ad una temperatura di alcuni milioni di gradi: la luce ed il calore che giungono sino a noi ne sono l'effetto visibile.

Il Sole emette grandi quantità di energia trasformando una parte della sua materia e diventando, perciò, sempre più *leggero* in un processo che dura da molti milioni di anni.

Sulla Terra gli scienziati sono riusciti finora a realizzare la fusione nucleare soltanto in forma non controllata, in micidiali ordigni distruttivi come la *bomba all'idrogeno*.



■ Schema della reazione di **fusione nucleare**.



■ Isotopi dell'idrogeno.



Schema del Tokamak.

Il Tokamak ha la forma di una ciambella tenuta sotto vuoto, nella quale vengono immessi deuterio e trizio.

Questi elementi vengono riscaldati fino a diventare plasma, che è uno stato della materia in cui i nuclei degli atomi si separano dai rispettivi elettroni.

I magneti confinano poi il plasma in un piccolo anello in maniera che non tocchi nulla di solido.

Nello stesso tempo si fanno muovere gli elettroni all'interno del plasma, creando una corrente elettrica che lo riscalda ancora.

A questo punto potenti campi magnetici creano le condizioni affinché gli isotopi di idrogeno finiscano per fondersi, formando un atomo di elio, il rilascio di un neutrone libero e di energia.

Non sono, invece, ancora riusciti a far sprigionare questa enorme energia in maniera lenta e controllata.

La causa principale sta nelle altissime temperature occorrenti alla reazione: molti milioni di gradi!

Non esiste al mondo alcun materiale solido capace di resistere a tali temperature.

Per raggiungere queste temperature molto elevate e le densità necessarie dei nuclei, e per aumentare le probabilità che si incontrino, gli scienziati si sono trovati di fronte a numerose difficoltà tecniche.

Nei laboratori si studiano due tipi di esperienze.

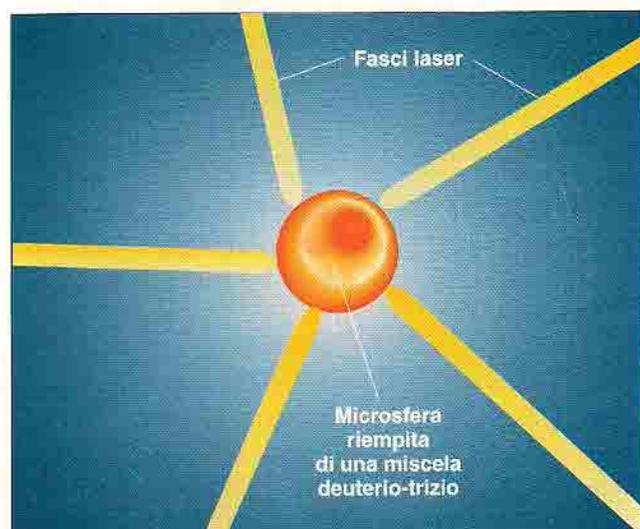
- **A bassa concentrazione**, la miscela di isotopi gassosi dell'idrogeno (deuterio e trizio) che deve fondersi insieme può essere racchiusa all'interno di "pareti" immateriali create da campi magnetici. I nuclei sono portati a più di 100 milioni di gradi dentro una macchina chiamata **Tokamak**.

- **A forte concentrazione**, la miscela di isotopi dell'idrogeno che deve fondersi è contenuta in una microsfera, che viene irradiata molto rapidamente da fasci **laser** molto potenti.

Gli scienziati ritengono che l'utilizzazione commerciale della fusione nucleare non potrà iniziare prima del 2020÷2050.

Le materie prime per il processo di fusione, *deuterio e trizio*, sono disponibili in grandissima quantità e a bassi costi: il deuterio si ricava dall'acqua del mare, il trizio si ricava dal litio.

L'energia di fusione potrà forse essere il futuro dell'umanità, non solo dal punto di vista della disponibilità praticamente illimitata, ma anche da quello della sicurezza. Infatti non produrrà *scorie radioattive* che, al contrario, sono un grave problema nella produzione di energia per fissione.



Schema del processo di fusione con il Laser.

4

ENERGIA IDROELETTRICA

Una massa d'acqua in movimento contiene in sé una certa quantità di energia capace di compiere un lavoro. Questo principio era già conosciuto nei secoli passati e con la sua applicazione funzionano, ad esempio, i mulini ad acqua.

Con la scoperta dei fenomeni elettrici è risultato molto più conveniente trasformare l'energia posseduta da grandi masse d'acqua in energia elettrica: ciò avviene nelle **centrali idroelettriche**.

4.1

Le centrali idroelettriche

- Le centrali idroelettriche utilizzano la caduta delle acque dei fiumi e dei torrenti, raccolte in grandi bacini artificiali, creati sbarrando le valli con le *dighe*.

- L'acqua raccolta nel *bacino artificiale* viene convogliata, attraverso un *canale deviatore*, alle *condotte forzate*.
- Il getto violentissimo dell'acqua, che esce sotto pressione dalle condotte, colpisce le pale di una *turbina*, mettendola in rotazione.
- A sua volta, la turbina è collegata ad un generatore di corrente elettrica: l'*alternatore*.
- Il *trasformatore*, infine, aumenta i valori di tensione della corrente prodotta prima di inviarla alle linee di trasporto.

L'energia idroelettrica è un tipo di energia *rinnovabile*, e quindi non soggetta ad esaurimento, particolarmente importante per quei Paesi, come l'Italia, poveri di combustibili fossili.

Le condizioni ideali per lo sfruttamento dell'energia dell'acqua richiedono grandi *altezze di caduta* o grandi *volumi d'acqua*.

Si possono così sfruttare sia le acque dei bacini delle regioni montane che precipitano per centinaia di metri, sia le enormi masse d'acqua dei grandi fiumi che "cadono" da pochi metri.

Diverse altezze di caduta richiedono diversi tipi di **turbine**.



■ Condotte forzate.

■ Schema di funzionamento di una **centrale idroelettrica** (ENEL).

Le turbine idrauliche

Le turbine idrauliche sono macchine che trasformano l'energia potenziale posseduta da una massa d'acqua che precipita da una certa altezza, in energia meccanica di rotazione di un albero.

Le turbine idrauliche sono costituite fondamentalmente da due organi:

- il *distributore*, che è fisso, e fa assumere all'acqua particolari caratteristiche di velocità e di direzione;
- la *girante*, o ruota mobile, munita di pale, in cui avviene la trasformazione dell'energia posseduta dalla massa d'acqua in energia meccanica.

I principali tipi di turbina sono:

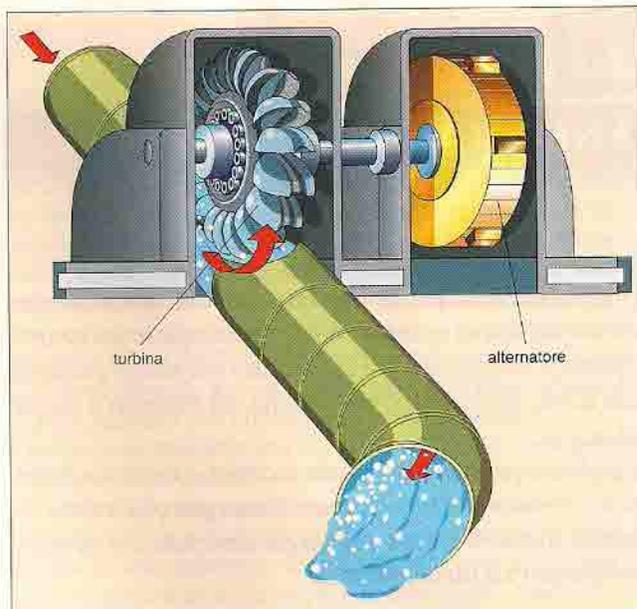
- La **turbina Pelton**, adatta per alte cadute (dai 400 m ai 2000 m) e piccole portate d'acqua.

L'acqua arriva alla girante attraverso una condotta forzata e un distributore munito di una spina spostabile che consente la regolazione della portata.

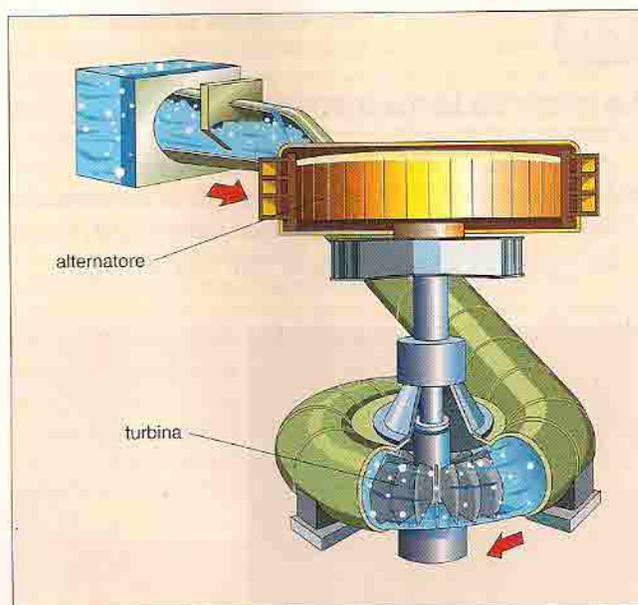
La girante è munita di pale a forma di doppio cucchiaino, in modo da dividere in due parti il getto d'acqua che le investe.

- La turbina **Francis**, adatta per medie cadute (dai 20 m ai 400 m) a grandi portate (da 20 a 300 m³/s). Dalla condotta forzata l'acqua arriva al distributore attraverso una camera a spirale, di sezione man mano decrescente. Il distributore è formato da una serie di pale fisse disposte lungo una circonferenza; queste pale sono orientabili in modo da poter regolare la portata d'acqua che colpirà le pale della girante.

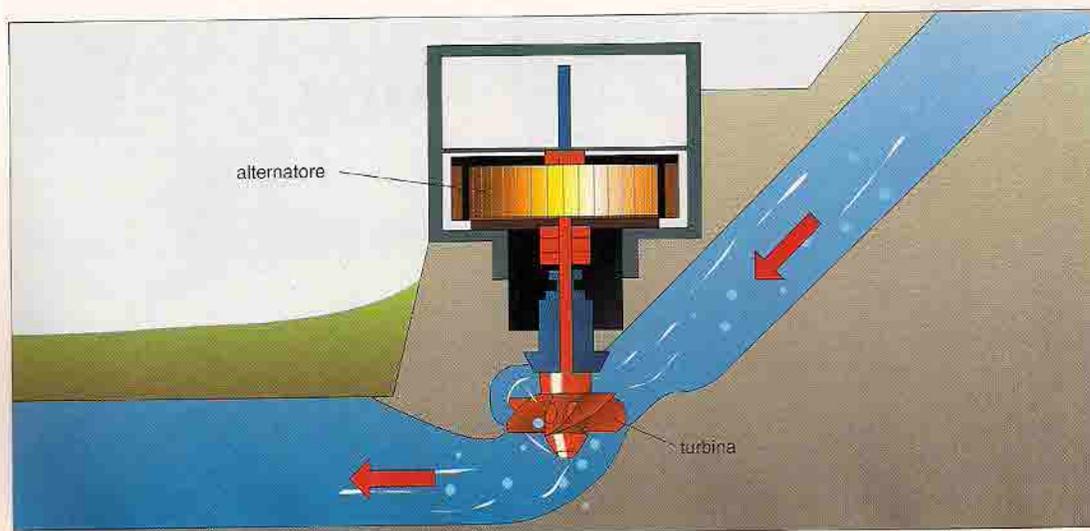
- La turbina **Kaplan**, adatta per basse cadute (da 2 m a 20 m) e grandissime portate (superiori ai 300 m³/s). La girante ha la forma di una grande elica: le pale sono regolabili per ottenere sempre il massimo rendimento anche con cadute e portate variabili.



■ Turbina Pelton.



■ Turbina Francis.



■ Turbina Kaplan.

4.2

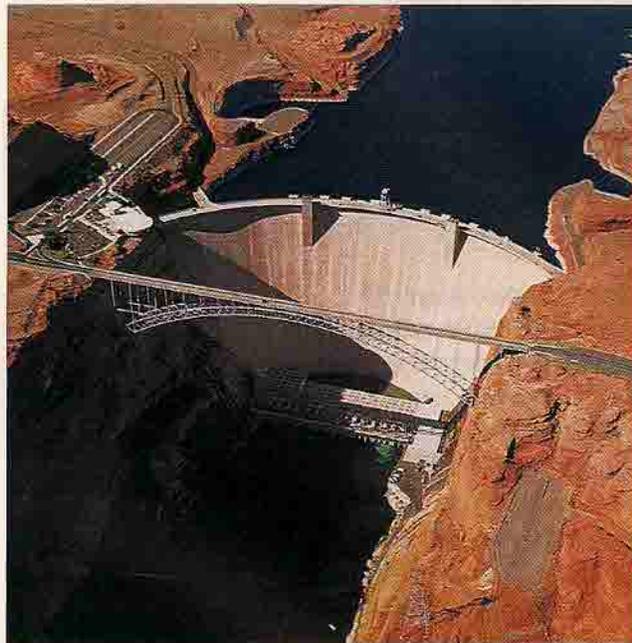
Le centrali idroelettriche di pompaggio

Alcune moderne centrali idroelettriche possiedono un **impianto di pompaggio** dell'acqua.

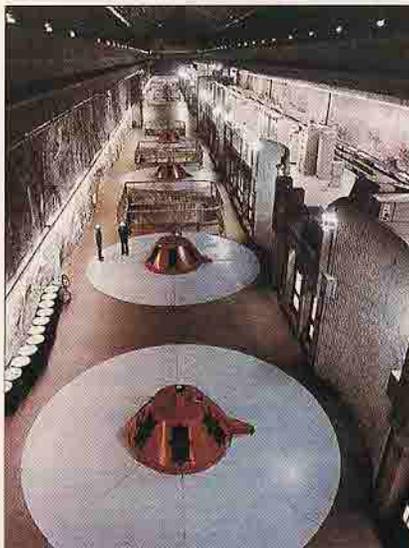
Un impianto di pompaggio è costituito da 2 serbatoi posti a quote differenti e collegati attraverso una condotta forzata.

La differenza, rispetto ad una normale centrale idroelettrica, è rappresentata dal generatore che, in certi momenti, funziona come un *motore*. Infatti, quando esiste maggiore disponibilità di energia (in genere *di notte*), l'acqua del bacino inferiore viene *pompata* in quello superiore, facendo agire il generatore come motore.

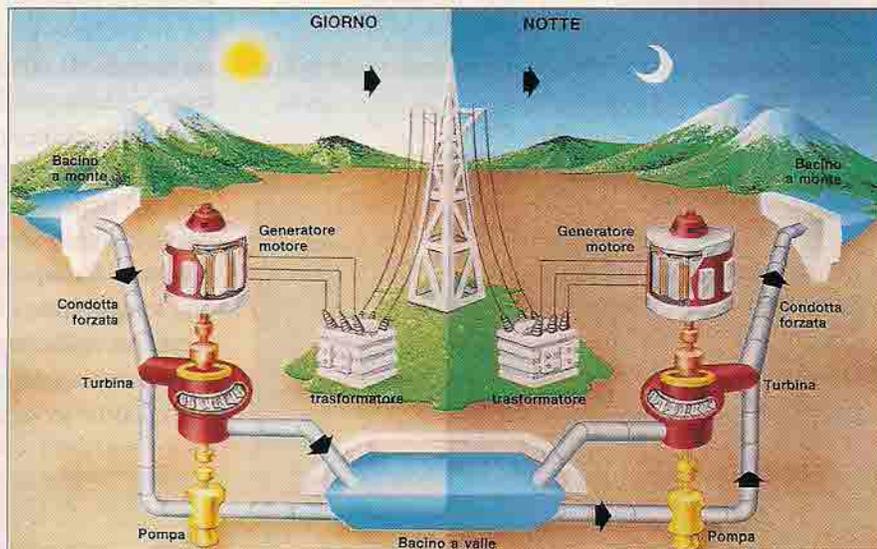
Nei momenti di maggiore richiesta di energia, quella stessa acqua immagazzinata nel serbatoio a monte fluisce verso il basso, azionando la turbina e quindi il generatore.



■ La diga che forma il lago Powell (Arizona).



■ Centrale idroelettrica: sala macchine.



■ Schema di funzionamento di una centrale idroelettrica di pompaggio.

APPROFONDIMENTI

LE CENTRALI IDROELETTRICHE E L'AMBIENTE

La costruzione delle dighe che sbarrano il corso naturale delle acque può talvolta avere dannosi effetti collaterali.

Si pensi, ad esempio, alla grandiosa diga di Assuan in Egitto che, chiudendo il corso dell'Alto Nilo e formando il lago Nasser, impedisce il trasporto delle sostanze fertilizzanti in sospensione nell'acqua (il *limo*), nel tratto inferiore del fiume, con danno per l'agricoltura.

Ma, allo stesso tempo, le dighe possono anche servire per irrigare o per rifornire d'acqua potabile intere regioni.

Uno sfruttamento più intensivo dell'energia idroelettrica potrebbe contribuire ad aumentare la produzione energetica di molti Paesi, senza dover far ricorso ai combustibili fossili, così preziosi, o al nucleare, sempre contestato.

Se ciò è vero su scala mondiale, dove esistono indubbiamente

ancora grandi potenzialità da sfruttare, è meno vero per l'Italia, dove l'energia idroelettrica è già ampiamente sfruttata.

Nel nostro Paese sono rimaste poche le aree dove localizzare le grosse centrali. Due di queste aree, poi fanno parte di Parchi nazionali (*Gran Paradiso* e *Parco Nazionale d'Abruzzo*) e trovano forte resistenza tra gli ecologisti, preoccupati delle profonde modificazioni che sconvolgerebbero l'ambiente naturale dei Parchi.

A queste considerazioni, si aggiunga poi il fatto che lo sbarramento di corsi d'acqua per la realizzazione di grandi bacini, comporta problemi non solo legati all'ambiente, ma anche alla sicurezza. Gravi incidenti, come quelli del *Vajont* in Italia e di *Morvi* in India, dove l'acqua del bacino ha invaso la vallata sottostante provocando migliaia di vittime, devono far riflettere sull'opportunità di costruire nuove grandi opere in territori densamente popolati come quello italiano.