

# DAL FUOCO ALL'ATOMO



*Quattro miliardi e mezzo di anni fa pezzi di roccia formati dalla polvere primordiale in orbita intorno al Sole si unirono per formare la Terra. Ora, negli ultimi istanti dei 4 miliardi e mezzo di anni del nostro pianeta, la vita è divenuta abbastanza intelligente da estrarre e bruciare quei combustibili fossili del sottosuolo. Per questo noi umani non saremo cacciati dal giardino dell'Eden ma potremmo finire per distruggerlo.*

di

**Donata Allegri**

[www.innovazioni.net](http://www.innovazioni.net)

Giugno 2004



## Il Fuoco

L'uso del fuoco è uno degli elementi che differenzia l'uomo dagli animali, la sua scoperta si fa risalire a circa 400.000 anni fa e fu una delle più grandi rivoluzioni della storia; è probabile che l'uomo lo abbia conosciuto durante eventi naturali come incendi spontanei nelle savane causati da fulmini o da eruzioni vulcaniche. Inizialmente la visione del fuoco, doveva rappresentare un'esperienza di grande terrore per la sua spaventosa forza distruttrice, capace di divorare intere foreste. In seguito spinti dal desiderio di conoscenza che animava sempre più le loro menti, vinsero la paura delle fiamme, si avvicinarono ad esse ed impararono a mantenerle accese. Solo più tardi riuscirono a comprendere che battendo una pietra con un'altra pietra o sfregando con forza i rami secchi, si producevano scintille, che cadendo su foglie secche rametti di legno, accendevano il fuoco. Il fuoco veniva acceso nelle caverne ed è facile intuire perché veniva venerato dato che donava calore nelle fredde giornate invernali, rendeva il cibo più saporito e faceva luce durante la notte ma era anche terribilmente pericoloso e distruggeva tutto ciò che toccava. Il fuoco continuò ad essere venerato durante i millenni successivi, basta ricordare il culto di Efesto ( Vulcano per i Romani), e fu la base di un gran numero di miti che vivono fino ai nostri giorni. A questo proposito basta ricordare che dall'India alla Nuova Zelanda, dai Balcani alla Malesia, dalla Spagna alle Isole Fiji esiste ancora l'usanza di camminare su uno strato di carboni ardenti. Da quella prima grande conquista, il controllo di una forza della natura, l'uomo ha tratto per lungo tempo solo un vantaggio marginale. Per molti secoli infatti il fuoco e' stato usato solo per illuminare, riscaldare, cuocere i cibi e fondere i metalli, essendo la mente umana ancora troppo giovane per coglierne e sfruttarne tutte le potenzialita'.



## Le Prime Macchine

Il fuoco è stato il motore trainante per tutte le tecnologie su cui si fondano le civiltà umane. Ma alle genti di allora mancavano ancora la maturità culturale e le conoscenze tecniche per lo sfruttamento pieno dell'energia prodotta dal fuoco, per questo si sono nel frattempo sviluppati altri metodi per alleviare le fatiche quotidiane dell'umanità. Si diffuse così lo sfruttamento dell'energia muscolare, soprattutto animale, utile per spostarsi su lunghe distanze e per azionare i primi meccanismi (pompe idrauliche e mantici soprattutto). In alcune zone favorite dalla conformazione geologica e fisica del territorio, già in tempi remoti si sfruttavano altri eventi naturali quali lo scorrere delle acque e il soffiare del vento. Per i primi mulini era l'acqua la fonte di energia più usata mentre il vento, già ampiamente utilizzato con successo per la navigazione, venne applicato ai mulini solo in aree circoscritte del globo. Ma fu ancora il fuoco ad essere protagonista indiretto di una nuova rivoluzione quando la brillante mente del francese Denis Papin nel 1681, sotto la protezione dello scienziato R. Boyle, si accorse che l'acqua messa a bollire produceva un tipo di energia facilmente canalizzabile e altamente efficiente, più di qualsiasi altra risorsa fino ad allora utilizzata. Nacque così la prima pentola a pressione, antenata delle macchine a vapore



## L'Elettricità

Parallelamente, un altro fenomeno naturale (che agli albori della storia regalo' il fuoco agli uomini), i fulmini destavano l'interesse delle menti dell'epoca. Nel XVIII sec. alcuni autodidatti cominciarono ad interessarsi ai fenomeni legati all'elettricità statica finchè nel 1745 all'Università di Leyden Pieter von Musschenbroek inventò casualmente la bottiglia di Leyda, era il primo condensatore della storia, ossia un dispositivo in grado di accumulare grosse quantità di elettricità. Negli anni seguenti Benjamin Franklin riuscì a catturare un fulmine con un aquilone e lo fece scaricare in una bottiglia di Leyda, dimostrando così che i fulmini sono una manifestazione dell'elettricità. Secondo Franklin l'elettricità era un fluido e ogni corpo materiale ne possedeva una certa quantità: se un corpo aveva un eccesso di questo fluido era carico positivamente, se ne aveva in difetto era carico negativamente. Oggi quella teoria è stata abbandonata ma è rimasta la terminologia. Fra cariche di segno opposto si esercita una forza di attrazione mentre cariche con lo stesso segno si respingono. L'intensità di questa forza diminuisce all'aumentare della distanza fra le cariche, proprio come l'intensità della luce solare diminuisce all'aumentare della distanza dal Sole. A partire dal XIX sec cominciò una serie di scoperte ed invenzioni sull'elettricità. Nel 1800 Alessandro Volta inventò la pila; nel 1820 Hans Christian Oersted scoprì che un filo elettrico collegato ai poli della pila di Volta deviava l'ago di una bussola, in questo modo due fenomeni, l'elettricità ed il magnetismo, che prima sembravano non avere relazione fra loro risultavano due aspetti dello stesso fenomeno. Negli anni seguenti molti tentarono di scoprire il fenomeno inverso: come usare un magnete per creare corrente elettrica. Questa scoperta venne fatta nel 1831 da Michael Faraday che era un autodidatta come Franklin. Faraday scoprì che muovendo un magnete attraverso una bobina di rame si induce l'insorgere di una corrente elettrica. Tale fenomeno si chiama induzione elettromagnetica ed è il metodo con cui gran parte dell'elettricità viene generata oggi. Una turbina viene usata per mettere in rotazione una bobina di materiale conduttore entro un campo magnetico; si produce così corrente alternata che viene poi trasportata a grande distanza. Nella seconda metà del XIX sec. James Clerk Maxwell oltre ad unificare definitivamente elettricità e magnetismo, cercò di misurare l'intensità della forza elettrica e quella della forza magnetica, e vide che quel rapporto era la velocità della luce. Ricavò quelle che oggi si chiamano equazioni di Maxwell nelle quali descrive matematicamente tutto quello che c'è da sapere su elettricità e magnetismo. Tra la fine del XIX sec e gli inizi del XX sec. altri scienziati come Thomas Edison e Nikola Tesla riuscirono ad utilizzare l'elettricità con invenzioni molto importanti. Tutti i dispositivi elettrici consumano energia che deve provenire da qualche

fonte; in genere proviene da una centrale che brucia combustibile che muove un generatore a turbina la quale compie un lavoro per far ruotare la bobina che induce la corrente elettrica secondo il principio di Faraday. La corrente elettrica viene convogliata a distanza con lunghi cavi per arrivare dove verrà utilizzata in molti modi diversi. Quando l'elettricità scorre in un filo conduttore incontra resistenza che trasforma parte dell'energia elettrica in calore, si tratta di un fenomeno noto come effetto Joule dal nome di chi lo ha scoperto, James Joule. A causa di questo fenomeno solo una parte dell'energia elettrica generata arriva all'utente (il 75% negli USA). E' possibile immagazzinare l'energia elettrica utilizzando dei condensatori ma solo in piccole quantità. Questo è uno dei problemi di gestione di una rete elettrica: non è possibile produrre energia di notte, quando la domanda è bassa, e metterla da parte in modo da utilizzarla di giorno. E d'altra parte bisogna produrne abbastanza da soddisfare i periodi di maggior richiesta. L'elettricità viene consumata allo stesso ritmo con cui viene generata.

### **Come si accumula energia (Anche tu Fisico)**

Sarebbe bello poter produrre energia elettrica sul posto dove e quando è richiesta. Forse questo sarà possibile, se e quando sarà disponibile la fusione fredda. Oggi lo si potrebbe fare con piccoli generatori termoelettrici dai quali si può ottenere il calore per scaldare ambienti ed energia elettrica per consumo domestico – rivendendo alle aziende distributrici l'energia prodotta in eccesso. Un apparecchio di questo tipo era il TOTEM della Fiat: usava un motore della 127, produceva 16 kW e scaldava un appartamento di 400 metri quadrati -- ma non ebbe fortuna. Non solo non è sempre facile generare elettricità dove e quando serve. Talora la generazione di elettricità può avvenire solo in certi luoghi e in certi tempi (come quando si capta energia meccanica dall'acqua fluente di un fiume oppure quando si produce corrente continua da un pannello solare fotovoltaico). Conviene, dunque, accumulare energia. Notoriamente lo si può fare caricando batterie, che però sono troppo costose, pesanti e scomode se le quantità di energia da accumulare sono ingenti. Il sistema più efficace per accumulare energia consiste nell'usarla per pompare acqua da laghi che stanno in basso a laghi (naturali o artificiali) che stanno a quota più alta. Quando si vuole usare di nuovo l'energia, si fa fluire di nuovo l'acqua dai laghi alti a quelli bassi facendola passare per turbine che generano di nuovo energia meccanica. Le turbine muovono alternatori che producono di nuovo energia elettrica. L'Italia ha un primato mondiale in questo campo dato che sulle Alpi e sugli Appennini ci sono molti laghi ad alta quota. La potenza installata in queste centrali di pompaggio è circa di 7 GW – equivalente a quella di 7 grandi centrali nucleari. Secondo il modo di vedere di Hubbert (monografie) la crisi verrà a metà strada e non al capolinea, perché una richiesta sempre crescente si troverà di fronte un'offerta in calo. Se le previsioni non sono esatte può darsi che la crisi tarderà di qualche decennio ma la sostanza non cambia e sarebbe saggio iniziare a prendere delle contromisure per attenuare le conseguenze di una crisi. Dovremmo migliorare le nostre capacità nello sfruttare le energie rinnovabili. Si può definire rinnovabile una fonte di energia che non si esaurisce durante il suo utilizzo (Sole, acqua, vento, biocombustibili...). Le rinnovabili sono una soluzione praticabile essendo. Le fonti energetiche rinnovabili, il sole, il vento, le risorse idriche, le risorse geotermiche, le maree, il moto ondoso e le biomasse, sono risorse energetiche compatibili con il sistema ambientale e sono in grado di rispondere al fabbisogno energetico in molti settori della domanda.



## Il Petrolio

I primi combustibili usati dall'umanità sono stati il legno, il carbone da esso ricavato, gli olii e la pece. Non tutti questi combustibili erano utili per far muovere le prime macchine, e il carbone si impose come il migliore, soprattutto quando al carbone di legna fu sostituito il carbon fossile. Le scienze e la tecnica ebbero un'impennata con l'invenzione delle macchine e l'evoluzione dell'umanità subì una notevole accelerazione a causa della diffusione di questa energia così accessibile. Si sono inventate nuove macchine, si è scoperta l'elettricità, il motore a vapore è stato sostituito da quello a scoppio e al classico carbone si sono aggiunti altri combustibili di origine fossile. Gran parte dell'energia utilizzata, ora come allora, a livello mondiale, trae origine da giacimenti di combustibili fossili (carbone, petrolio, gas naturale). Questi giacimenti che si sono formati nel corso delle evoluzioni geologiche sono, per loro stessa natura, in quantità limitate e quindi esauribili. L'insieme delle riserve di petrolio individuate hanno raggiunto nel 1990, 1000 miliardi di barili che corrisponderebbero a 40 anni di consumo al ritmo attuale. Su questo punto però i pareri sono discordi. Molti geologi infatti, dopo aver esaminato i dati della produzione di petrolio del mondo intero, sostengono che molto presto, forse in questo decennio, si raggiungerà il picco di Hubbert, cosa che accadrà quando avremo usato metà del petrolio disponibile perché, in quel momento, ad una crescente domanda farà fronte una diminuzione dell'offerta, con effetti disastrosi. La quantità di petrolio che viene pompato nel mondo ammonta a 25 miliardi di barili l'anno e le compagnie petrolifere indicano questo dato sotto la voce "produzione" ma nessuna compagnia petrolifera produce una sola goccia di petrolio, caso mai decidono dove effettuare le trivellazioni e poi lo estraggono.

## Unità di Misura

Prima di proseguire bisogna conoscere il significato di Mtep. che è un acronimo e sta per: "milioni di tonnellate equivalenti di petrolio" e bisogna conoscere le unità di misura che riporto nella seguente tabella:

<b>Prefisso</b>	<b>Valore</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Come si legge</b>
K	$10^3$	migliaia	Chilo
M	$10^6$	milioni	Mega
G	$10^9$	miliardi	Giga
T	$10^{12}$	Migliaia di miliardi	Tetra
P	$10^{15}$	Milioni di miliardi	Peta
E	$10^{18}$	Miliardi di miliardi	Exa

Perché è importante conoscere queste unità di misura? Perché altrimenti non si riesce a comprendere nel modo corretto i dati che si leggono. Alla fine del 2000 la domanda mondiale di energia ha raggiunto circa 9.200 Mtep. Ed i combustibili fossili soddisfano il 90% della domanda: 3.600 Mtep. con il petrolio, 2.350 Mtep. con il carbone e 2100 Mtep. con il gas naturale



## Energie Rinnovabili

La necessita' di trovare nuove risorse energetiche si e' cosi' arricchita della necessita' che queste risorse siano rinnovabili. La scienza umana ha rivolto lo sguardo in piu' direzioni:

- Il ritorno alle fonti energetiche di origine atmosferica (vento, acqua, fulmini...)
- Lo sfruttamento delle energie che tengono insieme l'atomo
- La radioattivita'
- Lo sfruttamento dell'energia radiante del sole

Non bisogna dimenticare che la vita sulla Terra non potrebbe esistere senza l'energia radiante del Sole, che muove le vaste correnti nell'atmosfera e negli oceani, riscalda il suolo e viene nuovamente re-irradiata nello spazio sotto forma di raggi infrarossi. L'energia atomica è molto temuta a causa dei terribili incidenti che si sono verificati nelle centrali nucleari come quella di Chernobyl che ha causato la morte di 2500 persone. Ci si dimentica però dei terribili incidenti che si sono verificati nelle miniere di carbone o nell'estrazione del petrolio; in Inghilterra nel XIX sec, ad esempio, morirono più di 100.000 persone nelle miniere. La sola parola "nucleare" suscita paura in molti tanto che la tecnica medico-scientifica, del tutto innocua, nota come Nuclear Magnetic Resonance (NMR) ha dovuto essere ribattezzata Magnetic Resonance Imaging (MRI) per essere accettata dai pazienti. Si parla di conservare l'energia ma non è l'energia che deve essere conservata, una delle leggi fondamentali della fisica dice che l'energia si conserva sempre, non si crea né si distrugge mai ma passa da una forma ad un'altra o da un corpo ad un altro. Ciò che consumiamo e che dobbiamo imparare a risparmiare si chiama combustibile. Non esiste un altro combustibile fossile in grado di rimpiazzare il petrolio a basso prezzo e se riuscissimo a bruciare tutti gli altri idrocarburi le conseguenze per il clima sarebbero incalcolabili ed imprevedibili. A proposito di risparmi energetici voglio riportare un paragrafo di un libro dell'ing. R. Vacca "La politica" "Ogni tanto qualche ambientalista propone di ridurre i consumi di energia e materie prime ai livelli di tanti anni fa e la proposta si lascia cadere – non perché sia sbagliata (come è), ma perché si parla d'altro. E giusto risparmiare energia, ma, come vedremo più oltre, stiamo già abbastanza bassi. Ridurre troppo i consumi energetici significa vivere peggio e correre maggiori rischi. Per tornare ai livelli industriali e socio economici di qualche decennio fa, forzeremmo i cittadini più poveri a condizioni di vita drammaticamente peggiori. Per tornare ai livelli di qualche secolo fa, condanneremmo a morte milioni di concittadini. Io ho elaborato i dati ISTAT fino al 1993, per quanto riguarda produzione e consumi di

elettricità e ho raggiunto conclusioni preoccupanti Nel 1993 abbiamo prodotto 223 TWh. (Terawattora, cioè miliardi di kiowattora) di energia elettrica e ne abbiamo consumati 262. Abbiamo importato 39 TWh (in gran parte dalla Francia: il 15%. E noto, ormai, che gli sviluppi energetici seguono le curve logistiche a S, studiate dal fisico Vito Volterra. Ho costruito, dunque, equazioni che si adattano ai valori rilevati di consumi e produzione (con errori standard bassi: 7 per mille). Queste indicano che il divario fra consumi e produzione tende a crescere. Fra cinquant'anni dovremmo essere a regime: consumeremo 340 TWh e ne produrremo 230 – solo 2/3 del necessario. Quanto sono sicure queste previsioni? L'analisi matematica eseguita include parecchie raffinatezze che la rendono abbastanza sicura purché non intervengano grossi fattori nuovi. Sarebbe pericoloso, invece, stimare a occhio l'andamento futuro delle curve logistiche. Taluno ci provò nel 1985 e concluse erroneamente che i consumi elettrici si sarebbero arrestati nel 2000 a 200 TWh. Sostenne, quindi, che non c'era bisogno di altre centrali dopo quella nucleare di Montalto. Dunque i piani energetici futuri avrebbero dovuto puntare solo sul risparmio – e sarebbero stati adeguati a creare una situazione prospera e sostenibile. Ora i numeri confermano che, invece, abbiamo urgente bisogno di nuove centrali, se vogliamo evitare sia una frenata dell'economia, sia importazioni eccessive. E' auspicabile, quindi, che entri in esercizio la centrale policombustibile (non più nucleare) di Montalto di Castro. A più lungo termine sarà bene ricorrere anche ad altre fonti energetiche che non producano anidride carbonica, per evitare possibili aumenti dell'effetto serra. Parlerò qui del potenziale idroelettrico africano e dei reattori nucleari ad alta sicurezza. Fra un decennio, forse, i costi di installazione dei sistemi fotovoltaici saranno scesi tanto da renderli competitivi. Ugualmente, però, è giusto insistere sul risparmio ed equalizzare i consumi durante il giorno. In Italia si spreca ancora parecchia energia: ma, di nuovo, guardiamo i numeri. In media un italiano consuma 4.500 kWh/anno di elettricità. Francesi, giapponesi e tedeschi stanno a 7.000 e gli americani a 13.000 kWh/anno. Un italiano, poi, consuma in totale un'energia equivalente a 3,8 tonnellate di petrolio: l'inglese è a 5, il tedesco a 6 e l'americano a 10. Possiamo migliorare, dunque, ma gli altri paesi industriali devono fare più strada di noi. Un parametro in cui, invece, siamo ancora indietro è il contenuto energetico del nostro prodotto nazionale. Per ogni 1000 dollari di prodotto noi consumiamo l'equivalente di 112 tonnellate di petrolio – i francesi 160, i giapponesi 92 e gli inglesi 76. Ci comportiamo meglio dei francesi – ma abbiamo molto da fare per raggiungere gli inglesi nel produrre più ricchezza usando meno energia. Gli sforzi da compiere sono notevoli. Un programma politico che si rispetti dovrà includere calcoli e decisioni in questi campi – oltre a tanti altri elementi concreti." Fin dall'inizio della rivoluzione industriale abbiamo immesso anidride carbonica ed altri gas serra nell'atmosfera bruciando risorse fossili. Alcuni scienziati sono certi che il risultato è stato un aumento significativo della temperatura del pianeta (Effetto Serra)(Scoperte) e che questo fenomeno potrebbe continuare ad intensificarsi.



## Energia Idroelettrica

L'energia idraulica è la risorsa rinnovabile attualmente più diffusa al mondo. rappresenta approssimativamente 1/4 dell'energia totale prodotta nel mondo. Per le sue caratteristiche è in grado di soddisfare i carichi di punta, ossia aumenti bruschi della richiesta da parte degli utenti oltre che di ricoprire funzioni di riserva. Gli impianti sono molto flessibili ossia sono in grado di rispondere in pochi minuti a richieste improvvise, possono seguire l'andamento mutevole dei periodi di punta regolando tensione, frequenza e potenza, ed è rapida anche la riaccensione in caso di black-out. In base alle caratteristiche idrografiche dei siti gli impianti vengono classificati: ad acqua fluente ed impianti a bacino o a salto geodetico; in base alla taglia unitaria, gli impianti vengono classificati: grandi impianti con potenza maggiore di 10 MW, piccoli impianti con potenze da 1 a 10 MW, mini impianti con potenze inferiori. L'impianto Itaipu sul Rio Paranà, tra Brasile e Paraguay, ufficialmente inaugurato nel 1982, ha la più grande capacità del mondo (12.600 MW a pieno regime). Le centrali idroelettriche necessitano di opere civili, macchinari e sistemi di controllo. I costi da sostenere per un impianto di piccola potenza dipendono dal sito e dal valore della caduta d'acqua, oscillano da 500 € a 2500 € per KW, le opere civili necessarie possono incidere al 90%. Una turbina idraulica è essenzialmente costituita da un organo fisso, il distributore, e da uno mobile, la ruota o girante. Il primo indirizza e regola il flusso d'acqua ossia l'energia potenziale posseduta dalla portata d'acqua è trasformata tutta o in parte in energia cinetica. Nella girante l'energia cinetica viene convertita tutta o in parte in energia meccanica che mette in funzione l'albero motore.

In base al principio di funzionamento esistono differenti tipi di turbina : turbina ad azione (Pelton)e turbina a reazione. (Francis):

**Pelton:**

in questa turbina il distributore converte tutta l'energia potenziale della portata d'acqua in energia cinetica. Sono costituite da un distributore a "spina" e una girante a "cucchiai" che vengono investiti dal flusso d'acqua che gli conferisce il moto;

**Francis:**

in questa turbina solo una parte dell'energia potenziale della portata d'acqua e trasformata in energia cinetica. L'ottimizzazione per la successiva trasformazione in energia meccanica delle due componenti (cinetica e meccanica) si realizza nella girante. Queste turbine sono costituite da un distributore a spirale, a pale orientabili, che avvolge la girante, a pale fisse, che viene investita dall'acqua in uscita dal distributore;

**Kaplan:**

costituite da un distributore a spirale, a pale orientabili, che avvolge la girante, a pale orientabili, che viene investita dall'acqua in uscita dal distributore. La scelta dei diversi tipi di turbine viene effettuata in base al salto e alla portata d'acqua disponibili. Per completare le fasi di trasformazione dell'energia e trasformare l'energia meccanica in energia elettrica la turbina è accoppiata ad un generatore elettrico, che può essere sincrono, per alimentare una rete isolata o asincrono per impianti connessi con la rete elettrica.



## Energia Geotermica

Con la definizione energia geotermica si indica il calore proveniente dall'interno della terra. Già i Greci, gli Etruschi ed i Romani impiegavano le acque calde che sgorgavano naturalmente alla superficie per la balneoterapia e per il riscaldamento degli ambienti; gli Indiani d'America la usavano per cucinare, oltre che per scopi medicinali, Gli Etruschi utilizzavano l'acido borico associato alle manifestazioni naturali per la preparazione degli smalti con cui decoravano i vasi. Tale calore, anche se in quantità enorme e praticamente inesauribile, risulta assai disperso e solo raramente concentrato. Il calore interno si dissipa con regolarità verso la superficie della terra; la sua esistenza è percepibile dall'aumento progressivo della temperatura delle rocce con la profondità; il gradiente geotermico è in media di 3°C ogni 100 m di profondità, ossia 30°C ogni km. L'origine di questo calore è in relazione con la natura interna del nostro pianeta e con i processi fisici che in esso hanno luogo. La principale utilizzazione dell'energia geotermica è la generazione di energia elettrica dal vapore naturale ma sono molto diffusi anche usi diretti, infatti le acque calde vengono usate nel riscaldamento di edifici, serre ed in processi industriali. Per poter trasformare l'energia del fluido in energia elettrica si deve "estrarre" ed incanalare il fluido geotermico (acqua o vapore) dal suolo; mediante i cosiddetti pozzi di estrazione. Dai pozzi di estrazione partono le tubazioni in acciaio, vapordotti, che trasportano il fluido caldo alla centrale geotermoelettrica. I vapordotti terminano alla centrale dove le turbine a vapore accoppiate ad un generatore effettuano la trasformazione dell'energia del vapore in energia meccanica e poi in energia elettrica. Successivamente i fluidi estratti vengono reiniettati in profondità nel terreno per evitare dissesti. In genere il più semplice e meno costoso degli impianti per la produzione di energia elettrica da giacimento geotermico utilizza direttamente il vapore proveniente dal pozzo che dopo il passaggio nella turbina viene scaricato nell'atmosfera. Questo sistema richiede 20 Kg ca. per ogni Kwh di elettricità prodotta. In impianti differenti il vapore che esce dalla turbina invece di essere scaricato nell'atmosfera, viene convogliato in una torre di condensazione ove si recupera parte dell'energia residua del vapore; in questo caso il consumo di vapore per produrre energia elettrica scende a 5 kg ca. per ogni Kwh. Esistono anche impianti che utilizzano vapore secco ad alta temperatura, e questo tipo di impianti vengono utilizzati in Italia, USA, Giappone e Indonesia. Se il pozzo fornisce acqua calda a 85°C è ancora possibile produrre energia elettrica però gli impianti sono più complessi in quanto deve essere usato un secondo fluido o fluido di lavoro (freon, isobutano, ammoniaca) con una temperatura di ebollizione più bassa di quella dell'acqua. Il "geotermico" può avere un minimo impatto ambientale dovuto ciò che viene immesso nell'atmosfera: vapore

immesso dopo l'utilizzo, CO<sub>2</sub> (0,2 Kg per ogni Kwh prodotto), ammoniaca, acido solfidrico, mercurio e radon. Tuttavia queste emissioni sono molto più basse rispetto ad un impianto a combustibili fossili: solfuri pari a solo 0,2 kg/MWh, contro i 4,7 kg/MWh degli impianti ad olio combustibile e 5,4 kg/MWh degli impianti a carbone. La emissione di anidride carbonica (dovuta ai gas incondensabili) è, in media, solo 45 kg/MWh, contro i 660 kg/MWh degli impianti ad olio combustibile e 900 kg/MWh degli impianti a carbone.



## Le Biomasse

Con il termine biomassa ci si riferisce ad una grande varietà di materiali organici, quali legna, residui della lavorazione di prodotti agricoli e forestali o ad apposite coltivazioni come soia e girasole, che vengono impiegati per produrre energia. Questi materiali utilizzano per il loro nutrimento delle semplici molecole, acqua e anidride carbonica e tutto questo grazie alla luce del sole che, attraverso il processo della fotosintesi rende possibile la formazione di sostanze organiche. Quindi la biomassa, grazie alla fotosintesi che trasforma l'energia del Sole in energia chimica, costituisce il sistema naturale di accumulo di carbonio nella biosfera terrestre. E' possibile fare una classificazione delle biomasse in funzione dell'utilizzo:

- Legno, residui vegetali, è quella più conosciuta e proviene dalla lavorazione di prodotti agricoli, forestali o da vegetali coltivati appositamente.
- Biocombustibili, sono combustibili liquidi ottenuti da biomassa solida trasformata per poter essere utilizzata in vari settori (carburante di veicoli e combustibile per il riscaldamento)
- Biogas, sono combustibili gassosi provenienti dalla fermentazione di residui delle lavorazioni agro-alimentari
- Legno, residui vegetali. Sono i più utilizzati nei paesi poveri per il riscaldamento. Nelle economie avanzate vengono utilizzati in sostituzione dei combustibili fossili. La potenza degli impianti varia da alcune centinaia di Kw a decine di Mw.
- Biocombustibili. Si tratta di oli o alcool di provenienza vegetale sperimentati come sostituti dei combustibili fossili, i più noti sono il biodiesel ed il bioetanolo. Il biodiesel è ottenuto da una reazione con il metanolo di alcuni oli vegetali come girasole, colza e soia.

Il bioetanolo si ottiene da eccedenze agricole, è il cosiddetto "spirito di vino" e da diversi anni si tenta di sostituirlo alle benzine nelle autovetture. Il biogas utilizzato per la produzione di energia elettrica può essere ottenuto anche dai rifiuti solidi urbani (Rsu) attraverso la combustione nel forno e lo scambio di calore tra i gas prodotti dalla combustione e l'acqua della caldaia con produzione di vapore ad elevata temperatura e pressione, per ogni Mw di potenza elettrica un impianto richiede 16.000 t. di Rsu e la taglia media degli impianti è di 15 Mw. Gli Rsu possono essere trasformati in gas attraverso processi pirolitici o di gassificazione. In Italia la produzione annuale di Rsu è intorno a 28 Mt. E gli impianti che producono biogas sono circa 90 con una produzione di

600 Gwh di elettricità nel 2002. Recentemente ricercatori della Scuola di Calcolo e Tecnologia della University of East London (UEL) hanno realizzato, in collaborazione con la società di consulenze ambientali Nustone, un impianto pilota su scala industriale che usa rifiuti domestici, fanghi di dragaggio, fanghi depurati e ceneri residue degli inceneritori per produrre materiali da costruzione che normalmente dovrebbero essere estratti dalle cave. A proposito di biogas riporto ora quanto scrive R.Vacca nel suo libro "La politica": "A Bettona(PG) esiste un impianto per estrarre metano dagli escrementi suini trasportati con 30 km di tubazioni da 33 allevamenti che totalizzano 70.000 maiali. Il metano alimenta motori che producono 1,1 MW di energia elettrica (fatturata all'ENEL per un miliardo di lire all'anno) e 1,2 MCal/h di energia termica. I prodotti di risulta sono dati gratis agli agricoltori della zona, la cui produzione è aumentata enormemente. Intanto l'intera zona è stata disinquinata. Se questa tecnica si usasse ovunque ci sono allevamenti suini in Italia, si produrrebbe energia elettrica equivalente a quella di una grossa centrale e si migliorerebbe l'ambiente. Ma i politici non se ne curano."



## Il Vento

Il vento è il prodotto di differenze di temperatura e di pressione tra diversi strati dell'atmosfera dovute alla radiazione solare; masse d'aria che si spostano al suolo da aree ad alta pressione atmosferica verso aree adiacenti di bassa pressione, con velocità proporzionale al gradiente di pressione. La maggior parte delle risorse eoliche è concentrata lungo le linee costiere e nelle regioni montuose poichè gran parte dell'energia radiante proveniente dal sole viene consumata per far evaporare l'acqua o è assorbita dall'acqua stessa, le masse d'aria sovrastanti gli oceani, i mari e gli specchi lacustri restano più fredde durante il giorno rispetto a quelle situate sopra i continenti, quindi l'aria al di sopra delle terre emerse si espande, diviene più leggera e si solleva mentre l'aria più fredda e più pesante che proviene dai mari e dagli oceani si mette in movimento per prendere il suo posto. Le turbine a vento sono installate e connesse alla rete sia isolate che in installazioni multiple (wind farms). Le risorse eoliche sono riportate in mappe per regioni e per paesi ed il potenziale eolico mondiale che ne risulta va dai 20.000 Twh ai 50.000 Twh. per anno, a seconda degli studi, tenendo presente che il fabbisogno elettrico italiano è 300 Twh e quello mondiale 15.000 Twh. Un'ulteriore possibilità per l'eolico è costituita dagli impianti off-shore (fuori costa), nel Regno Unito che ha il potenziale off-shore più elevato, saranno installati entro il 2007, 900 Mw. Come è fatta una macchina eolica: la macchina o aerogeneratore ha, generalmente, un asse orizzontale, le pale sono fissate su un mozzo e nell'insieme costituiscono il rotore. Il mozzo è collegato ad un albero lento che con un moltiplicatore di giri è collegato ad un albero veloce a valle del quale si trova un generatore elettrico. Ad eccezione del rotore e del mozzo, le altre parti si trovano all'interno della navicella, questa è posta sopra un supporto-cuscinetto perché possa facilmente orientarsi.

La potenza di un generatore dipende dall'area spazzata dalle pale e dalla velocità del vento, a parità di velocità del vento un generatore estrae tanta più energia quanto maggiore è l'area spazzata, ossia quanto più lunghe sono le pale, I generatori più diffusi sono quelli a tre pale ma esistono anche a due pale e ad una sola pala, esistono anche aerogeneratori ad asse verticale come quello innovativo proposto dalla società finlandese Winside. La potenza radiante che incide su una superficie perpendicolare alla direzione dei raggi del Sole , collocata al di fuori dell'atmosfera terrestre, ad una distanza media tra Terra e Sole è pari a 1353 watt/m<sup>2</sup> ed assume il nome di costante solare; quando il flusso radiante raggiunge la Terra si riduce molto ed al livello del mare è 1000 watt/m<sup>2</sup>. Generare elettricità da fonte eolica non provoca emissioni gassose in atmosfera ma, dato che le turbine devono essere installate in posti molto esposti, l'impatto ambientale è notevole inoltre i generatori producono emissioni acustiche dovute all'aria che scorre sulle pale ed all'attrito delle parti meccaniche



## Il Sole

La scoperta dell'effetto fotovoltaico è noto fin dal 1839, dalle esperienze del fisico francese Edmond Becquerel (1820–1891) che presentò alla Accademia delle Scienze di Parigi la sua "Memoria sugli effetti elettrici prodotti sotto l'influenza dei raggi solari", scoperta avvenuta casualmente mentre effettuava delle esperienze su una cella elettrolitica (quindi contenente una soluzione liquida) in cui erano immersi due elettrodi di platino. Tuttavia le conoscenze di quel tempo non consentivano di ottenere una buona resa dall'effetto fotovoltaico, cosa che diventata possibile con l'accettazione della meccanica quantistica che spiega come una cella fotovoltaica generi elettricità utilizzando direttamente i fotoni di luce del Sole, mentre con l'approccio classico si passava prima attraverso le trasformazioni intermedie dei cicli termodinamici. L'utilizzo di un nuovo materiale, il silicio, consentì di realizzare nei laboratori della Bell Telephone celle con un'efficienza del 6%. Ciò che diede veramente impulso all'industria fotovoltaica fu il programma spaziale americano che era alla disperata ricerca di sistemi affidabili e di lunga durata per fornire elettricità ai satelliti da lanciare in orbita. L'energia solare può essere utilizzata servendosi delle celle fotovoltaiche oppure dei sistemi solari a concentrazione. Le celle fotovoltaiche sono costituite da silicio che si ricava dalla sabbia in quanto è un elemento presente, come ossido, in tutte le rocce. Ogni cella è in grado di produrre circa 1,5 Watt di potenza in condizioni standard, vale a dire quando essa si trova ad una temperatura di 25 °C ed è sottoposta ad una potenza della radiazione pari a 1.000 W/m<sup>2</sup>. Un metro quadrato di moduli produce un'energia media giornaliera tra 0,4 e 0,6 kWh, in funzione dell'efficienza di conversione e dell'intensità della radiazione solare, l'efficienza di un modulo fotovoltaico è del 15 – 20 %. Recentemente però sono state prodotte sofisticate celle solari per uso spaziale e sono state realizzate dalla fabbrica californiana Spectrolab assieme alla Boeing, la loro resa è del 34%.

<http://www.ecplanet.com/canale/ricerca-8/Ricerca-50/celle+fotovoltaiche-/0/10770/it/ecplanet.rxd>

Esistono anche strutture con diodi raddrizzatori alimentati da un'antenna ricevente, si chiamano rectenne. Le prime erano usate per trasmettere energia con onde radio. Ora vengono studiate per applicazioni fotovoltaiche ad alto rendimento: se avranno successo, rivoluzioneranno il settore energetico.

Rectenne <http://www.crocevia.ecplanet.com/scienze07.html>

Sistemi Solari a concentrazione Tutte le tecnologie sono formate da 4 elementi fondamentali: – il collettore della luce del Sole che cattura la radiazione e la concentra sul ricevitore – il ricevitore della luce concentrata assorbe e trasferisce l'energia al fluido di lavoro. – il sistema di trasporto e di

accumulo del calore invia il fluido all'unità di generazione dell'energia elettrica. – il sistema di generazione dell'energia elettrica che è una turbina a vapore alla quale è associato un generatore elettrico. I sistemi usati per l'utilizzazione dell'energia solare "concentrata" sono tre: – Concentratori parabolici lineari (Cpl), concentrano l'energia solare su un tubo posizionato lungo la linea focale. All'interno vi è un fluido che si riscalda e trasferisce il calore ad uno scambiatore. – Concentratori parabolici puntuali (Cpp), usano specchi parabolici a forma di disco concavo. – Torre centrale. Utilizza una serie di specchi che inseguono il Sole e riflettono la luce su un ricevitore–scambiatore posizionato in cima ad una torre. A questo proposito mi sembra giusto menzionare il progetto, chiamato "solare Archimede" portato avanti da C.Rubbia all'ENEA

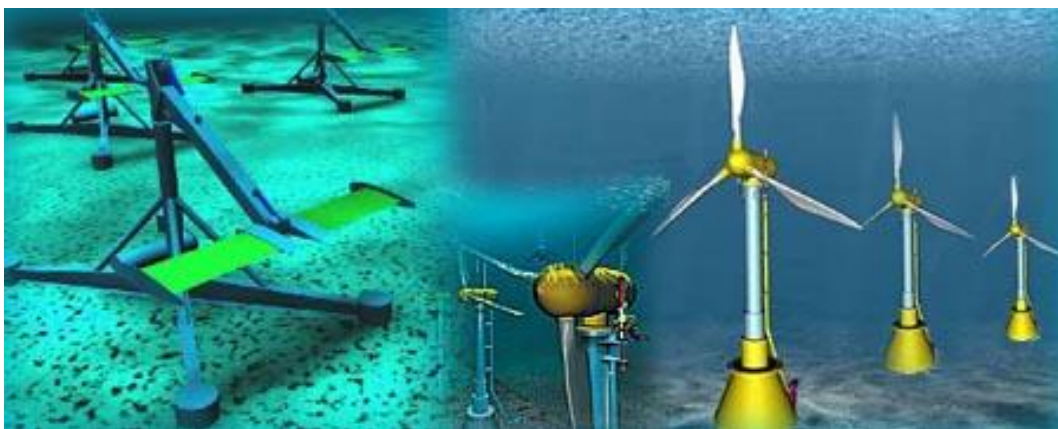
<http://www.ecplanet.com/canale/ricerca-8/Ricerca-50/celle+fotovoltaiche-0/11460/it/ecplanet.rxd>  
(solare Archimede).



## L'Energia Nucleare

Il nucleo atomico è una piccola massa che si trova al centro di ogni atomo e contiene quasi tutta la massa atomica. È composto dai protoni che hanno carica elettrica positiva e perciò tendono a respingersi se si avvicinano troppo l'un all'altro, e dai neutroni, particelle elettricamente neutre che aiutano a tenere insieme i protoni. La posizione di un atomo nella tavola periodica degli elementi è determinata dal numero di protoni presenti nel nucleo. Il numero di neutroni non è rigidamente determinato perché tutti gli elementi possono avere atomi con differente numero di neutroni, e perciò masse diverse. Queste "varianti" di un atomo si chiamano isotopi. Ad esempio, l'uranio ha nel suo nucleo 92 protoni. Il suo isotopo più comune ha 146 neutroni, per una massa atomica totale di 238 (significa che la sua massa è 238 volte quella di un singolo protone; protoni e neutroni hanno più o meno la stessa massa). Per indicare questo isotopo si usa la notazione  $^{238}\text{U}$ . Un altro isotopo dell'uranio,  $^{235}\text{U}$  che ha tre neutroni in meno, costituisce soltanto lo 0.7 % dell'uranio naturale. Questo raro isotopo ha un'importante proprietà: se cattura un neutrone libero lento, si rompe violentemente in molti frammenti nucleari, liberando (in media) 2.43 neutroni e una grande quantità di energia, una parte della quale è sotto forma dell'energia cinetica di quei neutroni liberi. Se si riesce a rallentare questi neutroni, essi possono venire catturati da altri nuclei di  $^{235}\text{U}$ , producendo altri neutroni liberi, che a loro volta urtano con altri nuclei di  $^{235}\text{U}$ , e così via. Questa è chiamata reazione a catena. L'unico modo di rallentare i neutroni e dare inizio alla reazione nucleare a catena consiste nel farli entrare in collisione con qualcosa che non sia molto più pesante di loro stessi. Se urtano contro un nucleo grande e pesante, infatti, rimbalzano come una palla di gomma contro un muro, trattenendo praticamente tutta la loro energia. Se l'urto avviene contro qualcosa di più leggero, l'oggetto viene messo in movimento, togliendo così energia ai neutroni. Nella maggior parte dei reattori nucleari l'acqua viene usata a questo scopo. Il raffreddamento dei neutroni riscalda l'acqua ed il calore prodotto aziona una turbina. Quindi è un po' come bruciare un combustibile fossile. Le centrali nucleari di nuova concezione sono molto più sicure tuttavia molti sostengono che nel caso si verificasse un incidente non si sarebbe attrezzati adeguatamente per fronteggiarlo, anche se si fossero investite tutte le risorse nella prevenzione. Poi c'è il problema dei rifiuti nucleari che, non ostante decenni di ricerca, non è ancora risolto, nessun paese ha ancora costruito un sito permanente per lo smaltimento dei rifiuti. Gli USA hanno deciso di crearne uno, nel giro di qualche anno, nel deserto del Nevada. Se, per ipotesi tutti i Paesi sostituissero le centrali alimentate da combustibili fossili con centrali nucleari, si allevierebbe il problema dell'anidride carbonica viene da chiedersi, se c'è abbastanza uranio. Si stima che le riserve

di uranio ( $^{235}\text{U}$ ) finora conosciute siano sufficienti, all'attuale ritmo di consumo, per 5 – 25 anni e questa stima non tiene conto del picco di Hubbert che vale anche per l'uranio. Esiste però la possibilità di usare l'isotopo  $^{232}\text{Th}$  del torio che può essere rigenerato nell'isotopo  $^{233}\text{U}$  dell'uranio, anch'esso fissile. I reattori nucleari al torio sono ancora rari ma si ritiene che questo isotopo sia una buona risorsa per il futuro dato che è tre volte più abbondante in natura dell'uranio.



## Il Mare

Questa è l'era delle energie rinnovabili, e questo tipo di energia è un business da molti miliardi di dollari. Il problema dello sfruttamento dell'energia del mare rappresenta da anni una sfida per gli scienziati di tutto il mondo. È possibile convertire almeno cinque tipi di energia presenti nel mare: quella delle correnti, delle onde, delle maree, delle correnti di marea e del gradiente termico tra superficie e fondali. I progetti riguardanti lo sfruttamento dell'energia ricavabile dal mare sono numerosi, ne citerò solo qualcuno. Nel 2004 al largo delle coste del Devon, nel Sud Ovest dell'Inghilterra, verrà installata una gigantesca elica per produrre elettricità, sarà messa in movimento dall'energia delle maree oceaniche. Questo progetto, avviato nel Regno Unito, sarà il primo al mondo basato su una turbina commerciale azionata dalla corrente delle maree, la sua capacità è di 300 KW. Il rotore, che ha un diametro di 15 m, è simile a un'elica, sarà montato su un palo tubolare di acciaio inserito in un apposito attacco fissato al fondo marino, l'energia elettrica prodotta verrà trasportata mediante un cavo sottomarino lungo 1 km. L'azienda che produce queste turbine idroelettriche è la Marine Current Turbines (MCT). Le turbine a corrente marina vanno collocate in zone con correnti di marea molto forti. Le maree hanno il grande vantaggio di essere una risorsa energetica prevedibile, diversamente dall'energia eolica o da quella ottenuta dal moto ondoso che dipendono invece dalle condizioni meteorologiche. La principale differenza rispetto al vento è che le turbine a corrente marina, di una data potenza nominale, sono più piccole perché la densità di energia nell'acqua in movimento è 2–4 volte superiore a quella del vento. Un altro vantaggio importante è nei confronti dell'impatto ambientale: queste turbine infatti restano invisibili, sono silenziose e non danneggiano l'ambiente e la fauna marina. Recentemente un gruppo di aziende europee e istituti universitari dell'Inghilterra meridionale ha presentato Sperboy, un nuovo tipo di collettore di energia da moto ondoso installato presso Plymouth. L'impianto, progettato e brevettato dall'azienda britannica Embley Energy, ha un diametro di circa 4,5 m e si estende per 12 m sotto il livello dell'acqua. Sfruttando il principio delle colonne d'acqua oscillanti, il cui movimento è indotto dalle onde, l'aria che viene spostata al di sopra del livello dell'acqua all'interno delle colonne aziona una turbina la quale, a sua volta, genera energia elettrica., questo collettore è libero di galleggiare autonomamente e di seguire il moto ondoso. Un altro progetto interessante è Stingray, della Engineering Business Ltd, si tratta di un grande idroplano simile all'ala di un aereo, largo circa 20 m e lungo altrettanto; le dimensioni arrivano a 24 m quando è completamente esteso. Viene montato su un braccio orizzontale collocato nel flusso delle maree. Quando l'idroplano ruota, la portanza e la resistenza imprimono al braccio un

movimento verticale verso l'alto e il basso. Il braccio mette in funzione dei cilindri idraulici e l'olio ad alta pressione aziona un motore idraulico collegato a un generatore elettrico. L'energia prodotta dal generatore mette in moto una trasmissione industriale, che a sua volta alimenta un bus a corrente continua. Un cavo sottomarino trasporta l'energia elettrica a terra, dove una trasmissione industriale produce corrente alternata. Stingray è stato testato sul fondale marino nei pressi dell'isola Yell delle Shetland e dovrebbe generare 5 MW di energia. Secondo gli scienziati, attualmente non esiste alcuna fonte di energia alternativa, né da sola né in combinazione con altre, che possa sostituire in modo soddisfacente i combustibili fossili; per questo è necessario investire in modo consistente nella ricerca per sviluppare nuove tecnologie che consentano di ritardare il riscaldamento globale e gli sconvolgimenti climatici dovuti all'effetto serra. "La differenza fra ciò che è necessario fare e ciò che può essere fatto senza difficoltà diventa sempre maggiore man mano che l'economia globale cresce, perciò quello che serve adesso è, ricerca mirata e cooperazione internazionale e volontà politica. Quanto si deve spendere pagare per ottenere energia? Una valutazione del costo complessivo dell'energia si ottiene da un'analisi di tre elementi: – Costi economici dell'installazione, che si dividono in costi fissi, per acquistare impianti e apparecchiature e costi variabili che comprendono il combustibile, il costo d'esercizio e la manutenzione. – Costi esterni, sono dovuti all'utilizzo dell'energia elettrica. Un'analisi di questi costi, che si chiamano esternalità, viene fatta sull'intero ciclo di vita dell'installazione, non sono caricati sul produttore ma sulla collettività. – Costi economici di domani, ossia la potenzialità per un ulteriore sviluppo della tecnologia in esame. Il costo dell'energia elettrica può essere espresso da:

$$C_{kwh} = \frac{C_{eE\&M}}{H} + \frac{C_c}{H} + \frac{C_p * A}{H}$$

Dove

A = Coefficiente di ammortamento

$C_{kwh}$  = è il costo dell'elettricità prodotta dall'impianto (€/kwh);

H = elettricità prodotta annualmente (kwh);

$C_{E\&M}$  = spese annuali di esercizio e manutenzione escluso il combustibile;

$C_c$  = costo annuale per l'acquisto di combustibile;

$C_p$  = costo di investimento per l'acquisto dell'impianto(euro)

Non esiste una soluzione miracolosa con cui risolvere tutti i nostri problemi energetici. Non esiste allo stato attuale una tecnologia in grado di rimpiazzare il petrolio. Se lasceremo che si esauriscano i combustibili fossili senza trovare dei sostituti, potremmo mettere in grave pericolo il clima del nostro pianeta. La speranza migliore per la nostra civiltà è nelle tecnologie non ancora sviluppate magari basate su scoperte scientifiche non ancora avvenute. Penso che il progresso potrà avanzare con piccole conquiste con nuove tecnologie e nuovi materiali; lo sviluppo di tutto questo richiederà uno sforzo enorme alla ricerca scientifica e questo sforzo, a mio avviso, dovrebbe avvenire in collaborazione con tutti gli Stati. L'essere umano ha dimostrato in varie occasioni che se si mette d'impegno, riesce a superare notevoli difficoltà. Dunque bisogna mettersi al lavoro seriamente e tutti insieme.