

CENTRO FORMAZIONE PROFESSIONALE

QUALIFICAZIONE DI BASE

PROGETTO INTERDISCIPLINARE DI CLASSE

L'ENERGIA ELETTRICA



CORSI

OPERATORE ELETTROMECCANICO - INSTALLATORE IMPIANTI ELETTRICI

Anno formativo 2000\2001

SERRAVALLE, Giugno 2001

INDICE CONTENUTI

Capitolo I	Aspetti Storici	pag. 3
Capitolo II	Aspetti Sociali	pag.18
Capitolo III	Aspetti Tecnici	pag.31
Capitolo IV	Visita al Museo della Geotermia e Centrale geotermica di Larderello	pag.54

Hanno collaborato

TUTOR: Augusto Zonzini.

DOCENTI: Stefano Bartolini, Vilma Bevitori, Patrizia Grossi, Giuseppe Lazzari, Massimiliano Mazza, Marino Vicini, Massimo Zonzini.

ALLIEVI: Fabio A., Nicola B., Enrico C., Massimiliano G., Gian Luca L., Marco M., Cristian N., Mario C. R., Salvatore T., Nicola U., Gian Luca Z.

ASPETTI STORICI

- Cenni storici generali sull'energia elettrica
- I principali personaggi della storia dell'energia elettrica

CENNI STORICI GENERALI SULL'ENERGIA ELETTRICA

Come sarebbe il nostro pianeta senza energia elettrica?

Proviamo ad immaginare come rimarrebbero gli abitanti del nostro pianeta se improvvisamente venisse a mancare su tutto il globo l'energia elettrica, se ci fosse il "black out" completo dell'elettricità.

Di notte ci sarebbe il buio totale. Ogni attività sarebbe ferma. Ci sarebbero scene di follia collettiva: infatti alcuni anni fa quando c'è stato il blocco totale di energia elettrica, a New York, si sono avute scene di paura e di isterismo.

Situazioni di grave disagio si hanno attualmente (Gennaio 2001) nello Stato della California (USA), dove ci sono interruzioni elettriche programmate per mancanza di energia. Ci sono parti di città della California (San Francisco, Sacramento, San Josè,) di circa mezzo milione di abitanti, che a turno, sono avvolte dal blackout. Tutto rimane bloccato: dalle industrie agli uffici, dalle chiese ai cinema; vengono risparmiati solo gli ospedali e gli aeroporti. La crisi in totale colpisce circa tre milioni di persone.

Le cause di questa "apocalisse elettrica" sono molteplici.

Il fatto è che le due aziende fornitrici non riescono a produrre energia elettrica a sufficienza per soddisfare le richieste del mercato e quindi sono costrette a richiedere o la riduzione e il taglio dei consumi, oppure ad effettuare il blackout.

In poche parole l'uomo moderno non può più fare a meno dell'energia elettrica, in quanto quasi tutto funziona per mezzo di questa. Ma siamo talmente abituati ad usare questa forma di energia che ormai non ci accorgiamo più della sua esistenza.

Da quando l'uomo conosce questa forma di energia?

Proviamo a ripercorrere, per sommi capi, la storia dell'energia elettrica e l'evoluzione del sistema di produzione di tale energia.

- Le prime informazioni sull'energia elettrica ci giungono dall'antica Grecia, all'inizio del VI secolo a.C., quando si scoprì che *l'ambra (in greco "electron", da cui la parola "elettricità"), se strofinata con un panno di lana, attirava corpi leggeri.*
- Solo tre secoli dopo si trovano citazioni di altri materiali aventi le stesse capacità.
- Nell'antica Roma (circa 2000 anni fa) troviamo una distinzione fra gli effetti del fulmine, infatti ne vengono indicati tre tipi con caratteristiche differenti e più precisamente: *"il fulmine che incendia, quello che distrugge e quello che non distrugge".*
- Nella seconda metà dell'VIII secolo d.C. viene verificato sperimentalmente *che due corpi dello stesso materiale carichi elettricamente si respingono e che, materiali differenti (ad esempio vetro ed ambra) anch'essi carichi elettricamente, si attraggono.*

La deduzione logica fu che esistevano quindi due differenti gradi di elettrizzazione.

- Verso la metà del XVII secolo i primi e vari esperimenti nel campo dell'elettricità vengono eseguiti in Europa e negli Stati Uniti. Si cerca di capire a che tipo di energia ci si trovi davanti e quali caratteristiche possa avere.
- Il XVIII secolo vede importanti scoperte ed invenzioni, tra cui:

il primo apparecchio in grado di accumulare energia elettrica, così da permettere l'esecuzione di vari esperimenti e ricerche scientifiche;

il parafulmine;

- Il XIX secolo è sicuramente quello più denso di scoperte ed invenzioni nel campo dell'elettricità e del magnetismo.

*Si realizza il primo motore elettrico a corrente alternata, ciò contribuisce ad un utilizzo dell'energia elettrica come **energia motrice**, sempre più importante nell'industria.*

*Si utilizza l'energia elettrica come **fonte di illuminazione** con l'invenzione della lampadina elettrica.*

Grazie all'invenzione del trasformatore si risolve il problema del trasporto a grandi distanze dell'energia elettrica, con l'elevazione della tensione.

L'invenzione del telefono è decisamente una delle più grandi conquiste ottenute dall'uomo di quei tempi; il poter comunicare istantaneamente con altre persone a voce aprì nuovi orizzonti nello sviluppo dell'umanità.

Si fanno studi ed esperimenti sulle onde elettromagnetiche e studi sulla trasmissione dei segnali nell'etere, che culminano con l'invenzione della radio.

- Il XX secolo è quello del perfezionamento delle invenzioni dei secoli precedenti e **dell'utilizzo dell'energia elettrica su vasta scala**; infatti tutte le sperimentazioni precedenti vengono perfezionate ed utilizzate allo scopo di *favorire la produzione industriale, le comunicazioni ed i trasporti e di soddisfare i bisogni della vita quotidiana*. Tutto ciò ha contribuito moltissimo al miglioramento della qualità della nostra vita.

In Italia, come negli altri paesi più progrediti, l'energia elettrica si diffonde gradualmente, dapprima nelle grandi città e poi in periferia.

Nel 1962 vengono nazionalizzate le ditte produttrici di energia elettrica e viene costituito un unico Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (**ENEL**) di diritto pubblico che, attraverso piani nazionali di elettrificazione, porta l'elettricità su tutto il territorio nazionale.

L'ENEL detiene il monopolio della produzione e della distribuzione dell'energia elettrica fino a questi ultimi anni, quando la società viene privatizzata ed il Governo italiano attua la liberalizzazione del settore, nel senso che anche altre società possono produrre e distribuire liberamente energia elettrica; in questo modo viene introdotta anche in Italia la cosiddetta "*deregulation*"; in poche parole inizia la concorrenza anche in questo settore.

I PRINCIPALI PERSONAGGI DELLA STORIA DELL'ENERGIA ELETTRICA

Talète di Milèto (VI SECOLO A. C.)



scoprì che l'ambra, che in greco si chiama "Electron", se strofinata con un panno di lana, acquista la caratteristica e la capacità di attrarre corpi leggeri, quali ad esempio piccoli pezzi di paglia.

Nel 1540 nasceva William Gilbert



scienziato inglese, che, alla corte della Regina Elisabetta, grazie al sostentamento della stessa, iniziò i primi studi scientifici sul magnetismo, culminati nell'opera "*De Magnete*".

I primi esperimenti elettrostatici vennero eseguiti da parte del tedesco **Otto Von Guericke**



che lo portarono alla costruzione della " Sfera elettrostatica " a strofinio.

Nel 1692 nasceva a Leida l'olandese **Pieter Van Musschenbroek**

che con i suoi studi ebbe il merito di aver concepito e costruito la "Bottiglia di Leida", il primo apparecchio in grado di accumulare energia elettrica, così da permettere l'esecuzione di vari esperimenti e ricerche scientifiche.



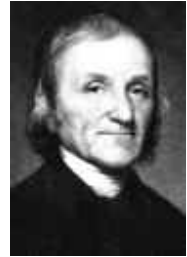
La vera distinzione ed attribuzione dei differenti tipi di cariche va attribuita allo scienziato statunitense **Benjamin Franklin**

che chiamò "positive" le cariche che si manifestano nel vetro e "negative" quelle che si manifestano nell'ambra. Franklin è ricordato ancora oggi per l'invenzione del parafulmine e per i suoi studi sulle scariche atmosferiche.



La legge secondo cui la forza esercitata tra cariche elettriche è proporzionale all'inverso del quadrato della loro distanza fu provata sperimentalmente intorno al 1766 dal chimico britannico **Joseph Priestley**.

Questi dimostrò inoltre che una carica elettrica si distribuisce uniformemente sulla superficie di una sfera metallica cava e che, in condizioni di equilibrio, il campo elettrico all'interno di un conduttore è sempre nullo.



Intanto **Luigi Galvani**

fece i suoi primi esperimenti di Elettrologia con le rane, scoprendo una certa elettricità animale, rivelatasi in seguito un errore.

Nel 1745 nasceva il genio italiano **Alessandro Volta**



che iniziò la sua attività di ricercatore e sperimentatore seguendo le ricerche del Galvani.

Nell'anno 1799 Volta costruì un dispositivo a cui diede il nome di " *apparato elettromotore* ", che in seguito venne denominato "Pila di Volta". La pila di Volta era costituita da una serie di dischi in zinco e rame impilati l'uno all'altro, interposti ad essi vi erano dischi di feltro imbevuti di sostanza acida; era nato così il primo generatore statico di energia elettrica.

Tra il 1785 e il 1787 un celebre fisico francese **Charles - Augustine de Coulomb** eseguì alcuni importanti esperimenti di elettrostatica, inventando e costruendo poi la "Bilancia di Torsione", che gli consentì di effettuare alcuni esperimenti che lo portarono all'enunciazione della legge di Coulomb.



Circa 30 anni dopo l'inglese **Michael Faraday**,



proseguendo gli studi e le ricerche iniziate dal danese **Hans Cristians Oersted**



e dal francese **André Marie Ampère**,



scoprì che la corrente elettrica poteva essere generata da variazioni di un campo magnetico, studiò e scoprì il fenomeno dell'elettromagnetismo, gettò le basi per gli studi sull'elettrolito e inventò la "gabbia di Faraday", efficace parafulmine.

Importanti studi e relativa Legge furono fatti da **Georg Simon Ohm**, che studiò i rapporti tra resistenza, tensione, corrente.

Nel 1797 nasceva **Joseph Henry**,



fisico statunitense, famoso per la scoperta della autoinduzione, il quale perfezionò gli elettromagneti e costruì i primi relè.

Nel 1802 nasceva **Charles Wheatstone**,



fisico, che ideò lo stereoscopio ed inventò un tipo di telegrafo che fu il primo ad essere impiegato praticamente. Inventò un ponte per la misurazione delle resistenze da cui prese il nome (Ponte di Wheatstone).

Ad Hannover nel 1803, nasceva **Henrich Daniel RuhmKorff**

elettromeccanico tedesco, che costruì il rocchetto ad induzione che da lui prese nome " Rocchetto di RuhmKorff"

Si tratta di un trasformatore, ormai di valore soltanto storico, che permette di ottenere elevate differenze di potenziale.



Altri esperimenti e studi sull'elettrostatica ed elettromagnetismo furono portati avanti dal fisico tedesco **Wilhelm Eduard Weber**

che elaborò una teoria sui fenomeni elettrostatici ed elettrodinamici ed un sistema di unità elettrostatiche.



Nel 1816 nasceva a Lenthe, **Werner Von Siemens**,



tecnico ed industriale tedesco, il quale dopo un passato giovanile in carriera militare, lasciò l'esercito e fondò insieme ai fratelli l'azienda Siemens.

Altri studi importanti su elettricità ed elettromagnetismo furono portati avanti dallo scozzese **James Clerk Maxwell**



che formulò un teorema per la risoluzione dei circuiti elettrici.

Nel 1826 nasceva a Liegi **Zenobe Theophilé Gramme**,



fisico, che portò avanti importanti studi ed invenzioni sull'elettrostatica ed elettromagnetismo. Nel campo dell'elettromagnetismo perfezionò la dinamo e costruì il primo alternatore per usi industriali.

Nel 1826 nasceva ad Aosta il vero ed unico inventore del telefono, **Innocenzo Manzetti**.



Nel 1808 nasceva a Firenze **Antonio Meucci**

a cui tutti attribuiscono l'invenzione del telefono, ma che lo stesso Meucci riconobbe al Manzetti.



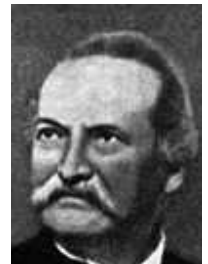
Altro inventore a cui si attribuisce la paternità dell'invenzione del telefono è l'americano **Bell**.



L'importanza dell'invenzione del telefono è decisamente una delle più grandi conquiste ottenute dall'uomo di quei tempi; il poter comunicare istantaneamente con altre persone, a voce, aprì nuovi orizzonti nello sviluppo dell'umanità.

Con il perfezionamento degli studi e delle ricerche sull'elettromagnetismo si spalancarono nuove porte per la produzione e l'utilizzo dell'energia elettrica come energia motrice, tramite dinamo ed alternatori.

I primi esperimenti, che si rivelarono in seguito pietre miliari per l'invenzione del campo magnetico rotante, furono effettuati dall'italiano **Antonio Pacinotti**, che con il suo "anello" riuscì a costruire la prima macchina in grado di trasformare l'energia meccanica in energia elettrica continua.



Nel 1847 nasceva a Livorno Piemonte un fisico, che divenne poi di fama mondiale, **Galileo Ferraris**.



I suoi studi si concentrarono sul campo magnetico rotante e sulla teoria del motore asincrono e culminarono con la costruzione dei primi modelli di motore elettrico asincrono.

Grande disputa di quegli anni erano il sistema e le modalità per il trasporto dell'energia elettrica continua o alternata.

Nel 1850 nasceva il francese **Lucien Gaulard**,



che grazie all'invenzione del trasformatore risolse il problema del trasporto a grandi distanze dell'energia elettrica, permettendo di elevare la tensione della stessa.

Un'altra grande sfida di questi tempi era quella di utilizzare l'energia elettrica come fonte di luce e sistema innovativo di illuminazione. Quindi alcuni grandi personaggi si contesero l'invenzione della lampadina elettrica.

I primi esperimenti furono eseguiti da **Sir Joseph Wilson Swan** in Inghilterra nel 1845.



Nel 1847 nascevano due personaggi (stesso anno, vedi la coincidenza), a Milan nello stato dell'Ohio Stati Uniti D'America **Thomas Alva Edison**

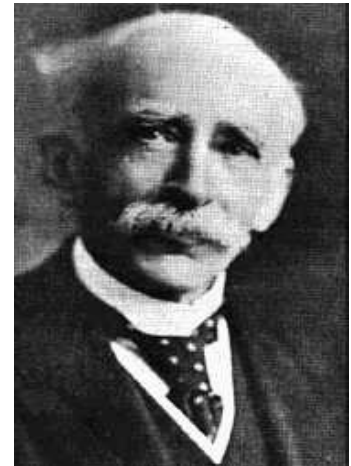


e a Piosasco, Torino Italia, **Alessandro Cruto**;



entrambi contribuirono all'invenzione ed al perfezionamento della lampada ad incandescenza, un'invenzione che esiste quasi immutata da oltre 120 anni (1878 accensione prima lampadina di Swan).

Nel 1849 nasceva in Inghilterra **John Ambrose Fleming**, noto per i suoi studi sull'elettromagnetismo e per l'enunciazione " *delle regole delle tre dita o regole di Fleming* ". Nel 1904 inventò il diodo, la prima valvola termoionica a due elettrodi; con l'invenzione del diodo si iniziano a vedere le prime avvisaglie di elettronica.



Importanti ricerche e studi furono eseguiti da un altro scienziato e ricercatore, **Heinrich Rudolph Hertz**.



Nato ad Amburgo nel 1857. Hertz fu lo scopritore delle onde elettromagnetiche che furono poi applicate dal Marconi per l'invenzione della radio.

Un fisico statunitense di origine Jugoslava, nasceva a Smiljan [Croazia] nel 1857
Nikola Tesla



Furono molto importanti i suoi studi sulle correnti ad altissima frequenza, "Correnti di Tesla". Realizzò il primo motore elettrico a induzione a corrente alternata, ciò contribuì ad un utilizzo dell'energia elettrica come trazione sempre più importante nell'industria.

Nel 1874 nasceva a Bologna **Guglielmo Marconi**, sicuramente il genio italiano più celebre al mondo. Con gli studi e gli esperimenti sulle onde elettromagnetiche e la trasmissione dei segnali nell'etere, che culminarono con l'invenzione della radio, si aprivano nuovi orizzonti per l'umanità intera.



ASPETTI SOCIALI

- L'energia elettrica e l'economia
- L'energia elettrica, l'ambiente e l'uomo

L'ENERGIA ELETTRICA E L'ECONOMIA

- Il costo dell'energia elettrica in Italia
- L'utilizzo dell'energia nucleare
- L'utilizzo e l'incentivazione delle fonti rinnovabili

IN ITALIA IL COSTO DELL'ELETTRICITA' E' MOLTO ELEVATO

Una ricerca Nus (National utility service), organizzazione multinazionale che cura il controllo e il risparmio dei costi che le utenze aziendali debbono sostenere per gli approvvigionamenti energetici (acqua, gas, elettricità e telecomunicazioni), mostra che l'Italia è al primo posto per i costi delle tariffe. *I prezzi, seppure in discesa, sono sempre più alti, e di molto, rispetto alla media europea. La deregulation (privatizzazione e concorrenza nel settore elettrico) ha avuto l'effetto di comprimere le tariffe, ma i costi che le aziende italiane devono sostenere per la fornitura dell'energia sono i più alti in assoluto fra i Paesi industrializzati. Dall'aprile 1998 all'aprile '99, il prezzo medio per chilowattora è sceso del 12,05%, a 140,6 lire, contro un valore medio internazionale di 94,9 lire. La bolletta elettrica delle imprese nazionali supera, quindi, di circa il 50% quella che tocca ai concorrenti dei maggiori mercati.*

L'ultimo rapporto sull'elettricità ha preso in considerazione, in 16 Paesi ad alto tasso di industrializzazione, le tariffe pagate nell'aprile '99 da aziende - tipo (potenza installata mille kW, consumi mensili pari a 450mila kWh), confrontandole con quelle dell'anno precedente. Le meno salassate sul fronte delle forniture risultano le aziende svedesi, che pagano un chilowattora meno di 50 lire, seguite da quelle di Sudafrica (52) e Australia (60). Dopo l'Italia, invece, i Paesi più cari risultano Spagna (133,9), Belgio (130) e Germania (123). Inoltre, la tassazione nazionale penalizza

pesantemente le aziende italiane: per esempio, in Belgio, Francia e Germania non c'è alcun prelievo fiscale sull'energia elettrica; in Spagna le imposte incidono per il 5% e in Italia per il 15 per cento. *Inoltre a differenza di questi Paesi, il modello italiano crea sì più soggetti per la gestione della rete ma non separa i soggetti tra distribuzione e vendita, se non per i grossi clienti. In Italia, infatti, a poter decidere se approvvigionarsi dall'Enel, dalle aziende municipalizzate, dai produttori indipendenti o dai nuovi entranti saranno solo i clienti cosiddetti "idonei", cioè i consorzi, i clienti multisito e quelli con prelievo in un unico punto superiore a 30 GWh nel 1999, 20 nel Duemila e 9 nel 2002.*

La Repubblica di San Marino, per ovvi motivi, non produce energia elettrica e perciò si è sempre rifornita, con contratti particolari, dall'Enel. Da quest'anno, essendo scaduto il contratto di fornitura con l'Enel e con l'avvenuta liberalizzazione del settore in Italia, avrebbe potuto rifornirsi da qualsiasi utente italiano o internazionale, ma dopo sondaggi di mercato ha potuto constatare che il miglior offerente è ancora l'Enel seppure privatizzato; perciò, dopo la fornitura per quest'anno assicurata con un prezzo molto vantaggioso, sicuramente l'AASS continuerà anche in futuro i rapporti con questa società.

COSTEREBBE MOLTO MENO L'ELETTRICITA' DA CARBONE

Il costo energetico e monetario per produrre elettricità in Italia è molto alto. E' quanto emerge dalla delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale del 13 agosto 1997, che ai fini dell'onere termico (quanto costa alle aziende elettriche produrre elettricità con i combustibili) ha fissato il rapporto tra un kilowattora e la quantità di combustibile necessaria per produrlo. Il rapporto, che ovviamente influisce anche sulle tariffe, è il seguente:

-- per il metano, 0,258 mc/kWh;

-- per l'olio combustibile, 0,222 kg/kWh (0,217 per l'Enel);

-- per il carbone, 0,359 kg/kWh (0~349 per l'Enel

Anche se occorre una maggiore quantità di carbone per produrre un kWh, tuttavia, dato il suo basso costo è di gran lunga più conveniente per produrre elettricità. *Un kilowattora ottenuto da carbone costa all'Enel 35 lire, contro le 51 lire di quello ottenuto da olio combustibile e ben 75 lire di quello ottenuto dal gas.* Se soltanto il metano, dal quale proviene il 25% dell'energia elettrica, fosse sostituito dal carbone, le tariffe potrebbero essere abbassate con un risparmio totale per gli utenti di circa 1.000 miliardi l'anno.

Il fatto è che l'uso sempre più massiccio del metano deriva da calcoli e interessi notevoli. Negli Stati Uniti d'America il 52% dei combustibili usati nella produzione di energia elettrica è costituito dal carbone, in Germania è il 70%, in Danimarca il 76%, in Australia il 78%, in Sud Africa il 92% e così via, mentre in Italia è solo l'11%. E non sono sostenibili neanche ragioni ecologiche per il progressivo abbandono del carbone, dato che vi sono norme comunitarie e nazionali severissime per le emissioni inquinanti. Se poi affonda una nave carica di carbone non succede niente, mentre una nave carica di petrolio provoca guai enormi.

OCSE: FINO AL 2010 CRESCERA' L'ELETTRICITA' DAL NUCLEARE

La produzione di elettricità di origine nucleare continuerà a crescere nei paesi dell'Ocse dello 0,90% fino al 2010.

Secondo l'Aen, la domanda di elettricità continuerà ad aumentare a un ritmo di circa l'1,7% all'anno anche dopo il 2000. Il parco attuale nella zona Ocse è di 358 reattori con una potenza di 300,9 gigawatts elettrici. L'energia nucleare rappresenta circa il 78% della produzione di elettricità in Francia, 60% in Belgio, 46% in Svezia, 40% in Svizzera e in Ungheria, 36% in Germania, 35% in Corea, 33% in Giappone e in Finlandia, 29% in Spagna, 28% in Gran Bretagna, 20% nella Repubblica Ceca, 19% negli Usa, 14% in Canada, 7,5% in Messico e 3% in Olanda.

In Italia non ci sono attualmente centrali nucleari funzionanti perché sono vietate dalla legge, ma ci sono centrali termoelettiche, idroelettriche, geotermiche, eoliche.

ENERGIA SOLARE E FONTI RINNOVABILI

Con il termine ENERGIA SOLARE, l'ISES (*International Solar Energy Society*) indica l'energia proveniente dal sole che investe direttamente la terra e tutte quelle forme di energia che da essa derivano:

l'energia idroelettrica, eolica, geotermica, delle biomasse, delle onde, delle correnti marine e delle maree.

Tutte queste forme di energia sono comunemente indicate con il nome di fonti di energia rinnovabili. A differenza dei combustibili fossili e nucleari, destinati ad esaurirsi in un tempo finito, queste forme di energia possono essere considerate virtualmente inesauribili in quanto legate al ciclo solare.

Il flusso delle energie rinnovabili sulla terra è essenzialmente pari al flusso di energia dovuto alla radiazione solare. Ogni anno sulle terre emerse il sole irradia energia equivalente a 19.000 miliardi di TEP (tonnellate equivalenti petrolio). La domanda annuale di energia nel mondo è attualmente di 8 miliardi di TEP. In Italia la domanda di energia nel 1994 è stata di 167 milioni di TEP.

Il potenziale sfruttabile delle fonti rinnovabili derivanti dalla radiazione solare e riferito all'utilizzo dell'1% delle terre emerse è stimabile in 14 miliardi di TEP all'anno per l'energia solare diretta, in 2.2 miliardi di TEP all'anno per l'energia eolica, in 4.6 miliardi di TEP all'anno per l'energia dalle biomasse, in 1.7 miliardi di TEP all'anno per l'energia idroelettrica, in 0.8 in altre forme di energia.

Oggi solo l'energia idroelettrica, geotermica, eolica ed in parte quella da biomassa, vengono convertite in modo significativo con tecnologie considerate mature.

Le fonti rinnovabili forniscono, a livello mondiale, un contributo al fabbisogno dell'energia commercializzata dell'ordine dell'8%, proveniente in maggior parte dai grandi impianti idroelettrici. Tale contributo raggiunge circa il 18% se si considerano anche le fonti non commerciali, soprattutto lignee e rifiuti vegetali e animali nei paesi in via di sviluppo.

Nell'Unione Europea, le energie rinnovabili contribuiscono per il 6% (circa 43 milioni di TEP) alla copertura dei bisogni di energia primaria. L'obiettivo indicato dal Libro Bianco della Commissione europea è di raggiungere la quota del 12% per il 2010.

Per questo motivo il Parlamento europeo ha adottato un programma per incentivare le fonti energetiche rinnovabili.

PROGRAMMA "ALTENER" PER PROMUOVERE LE FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI

Adozione programma ALTENER II (1998-2002) - Guce L 79 del 30 marzo 2000. Decisione n. 646/2000/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 28 febbraio 2000

Oggetto

Programma pluriennale per promuovere le fonti energetiche rinnovabili nella Comunità e sostenere la realizzazione entro il 2010 di una strategia comunitaria e un piano d'azione per le fonti energetiche rinnovabili. La dotazione di massima è di 77 milioni di euro.

Obiettivi

Contribuire a creare le condizioni necessarie per attuare il piano d'azione comunitario per le fonti energetiche rinnovabili, in particolare le condizioni giuridiche, socioeconomiche e amministrative, inclusi i nuovi strumenti e meccanismi di mercato; promuovere gli investimenti privati e pubblici nei settori della produzione e dello sfruttamento delle energie ottenute da fonti rinnovabili.

Azioni

Studi e altre azioni destinati ad attuare e completare altre misure comunitarie e degli Stati membri adottate per sviluppare il potenziale delle fonti energetiche rinnovabili;

- A. azioni pilota d'interesse comunitario volte a creare o ampliare le strutture e gli strumenti per lo sviluppo delle energie rinnovabili;
- B. misure volte a sviluppare le strutture dell'informazione, dell'insegnamento e della formazione;
- C. azioni mirate per favorire la diffusione sul mercato delle fonti energetiche rinnovabili e del relativo know-how;
- D. azioni di monitoraggio e valutazione.

Finanziamento

Il contributo comunitario per le azioni A, C ed E è del 100 %; le azioni pilota (azioni B) saranno finanziate con un contributo comunitario massimo del 50%; per le azioni D, la quota di finanziamento è stabilita annualmente per ciascuna azione mirata.

PREGI E DIFETTI DELLE FONTI RINNOVABILI

L'utilizzo su larga scala delle fonti rinnovabili è stato sempre guardato con un certo "sospetto" dall'opinione pubblica: la domanda più frequente che ci si pone è "E quando non c'è vento?" oppure "E quando non c'è il sole?" A prima vista può sembrare effettivamente un difetto l'impossibilità di "concentrare" ad esempio l'energia eolica o quella solare per poterle utilizzare quando più ci fa comodo, come ad esempio succede con i combustibili fossili.

Il problema è però facilmente aggirabile, e la soluzione consiste nell'accumulare l'energia prodotta, non tramite le classiche batterie di accumulatori, ma mediante sistemi più sofisticati. In questo modo non ci si deve preoccupare dei giorni in cui non c'è vento, o di una giornata nuvolosa, perchè l'energia che ci serve è stata già prodotta nei periodi "buoni" ed' è pronta per essere utilizzata in ogni momento.

L'ENERGIA ELETTRICA, L'AMBIENTE E L'UOMO

- La produzione di energia elettrica e l'elettrosmog provocano inquinamento ambientale: per diminuire l'inquinamento si favoriscono le energie rinnovabili e si emanano direttive contro l'elettrosmog.
- L'utilizzo dei rifiuti per produrre energia elettrica.

INTERESSE PER LE ENERGIE RINNOVABILI

L'interesse per le energie rinnovabili nasce nei primi anni '70, quando l'incremento dei prezzi del petrolio deciso dai maggiori produttori mondiali rese indispensabile, per i Paesi non produttori, cercare delle fonti di energia alternative al petrolio stesso. In questo contesto l'Italia assunse un ruolo di prim'ordine, ponendosi all'avanguardia nella ricerca sull'Energia Solare ed Eolica. Col passare del tempo però questo interesse è drasticamente calato, i finanziamenti sono sempre più diminuiti e la ricerca, tranne alcuni sporadici casi di veri "appassionati", si è fermata.

Negli ultimi anni, però, si è finalmente capito che continuare a basarsi sulle fonti di Energia tradizionali (combustibili fossili, per la maggior parte) significherebbe, visti gli attuali tassi di incremento del fabbisogno energetico, condannare il Pianeta a subire drastiche mutazioni, a causa soprattutto dell'effetto serra, e degli sconvolgimenti climatici ad esso collegati. Negli ultimi anni quindi si è assistito a una ripresa considerevole del settore delle energie rinnovabili, specialmente per quanto riguarda l'Energia Eolica, che attualmente è la fonte di Energia con i tassi di crescita più elevati in assoluto (ogni anno si ha un 40% in più di potenza installata nel mondo), ma anche per quanto riguarda tutte le altre fonti rinnovabili.

L'ELETTROSMOG

Il paesaggio italiano è ormai una giungla di cavi e di piloni in quanto esistono oltre un milione di km. di linee elettriche ed oltre 50.000 antenne trasmettenti per radiotelevisione e telefonia mobile, a cui si aggiungeranno le 55.000 antenne in fase di installazione per il sistema di telefoni cellulari UMTS.

E' ovvio che questa invasione di onde invisibili stia creando ovunque timori.

E' vero che le onde elettromagnetiche esistono anche in natura (luce e raggi cosmici) ed è anche vero che conviviamo con loro da parecchio tempo in quanto qualsiasi apparecchio elettrico ne genera, ma non stanno diventando troppe?

La nuova legge in Italia sull'inquinamento elettromagnetico, varata a Febbraio, regola anche gli elettrodotti che dovranno essere messi a norma entro 10 anni. La legge non fissa i limiti alle loro emissioni: i limiti più probabili sono quelli di 100 microtesla per tutti, 0,5 per quelli in zone abitate e 0,2 per i nuovi impianti(il tesla è l'unità di misura dell'induzione magnetica).

E' ormai sicuro che le onde elettromagnetiche possono interferire sul funzionamento delle macchine, infatti si è constatato che queste hanno provocato numerosi incidenti aerei mandando in tilt gli strumenti di bordo, oppure incidenti sui luoghi di lavoro mandando in tilt le apparecchiature elettroniche.

VENTICINQUE ANNI DI STUDI E ANCORA NESSUNA PROVA: LE ONDE ELETTROMAGNETICHE FANNO MALE, OPPURE NO, ALL'UOMO?

Per il momento non ci sono prove universalmente accettate che le emissioni di onde elettromagnetiche possano fare male all'uomo.

L'Organizzazione mondiale della sanità classifica le onde elettromagnetiche *come possibili cancerogene, cioè nella terza categoria dopo i cancerogeni certi e quelli probabili.*

Ma in base a quali studi si sospetta delle onde elettromagnetiche?

La prima accusa, in riferimento ad elevatissime frequenze, riguarda l'emissione di calore da parte delle onde, che provocherebbero cecità e sterilità; la seconda accusa, in riferimento a campi elettromagnetici bassi, è che provocherebbero leucemie soprattutto infantili.

Per ora si può parlare solo di rischio con cui si indica la possibilità di subire il danno, ma le norme di sicurezza previste dalla legge servono a proteggere gli individui proprio dal rischio, fissando dei valori limite di esposizione sufficientemente al di sotto dei livelli che provocano effetti biologici accertati.

L'ipotesi che i campi elettromagnetici siano cancerogeni risale al 1979, quando due ricercatori americani sembrarono dimostrare la responsabilità degli elettrodotti. Questo studio fu seguito da altri ma con risultati molto equivoci.

Anche il risultato dello studio, in base al quale l'1,3% dei bambini italiani si ammalerebbe di leucemia a causa delle linee dell'alta tensione, non è stato interamente verificato.

ASPETTI ECOLOGICI DELLO SFRUTTAMENTO DELL'ENERGIA IDROELETTRICA

I corsi d'acqua naturali ospitano un molteplice mosaico dei più diversi habitat caratterizzati da cenosi straordinariamente ricche di specie animali e vegetali. Questa diversità ambientale e paesaggistica viene drasticamente compromessa dalla costruzione di centrali idroelettriche. Solo circa il 10% dei corsi d'acqua delle Alpi possono ormai essere classificati come "prossimi allo stato naturale", questo è lo sconcertante esito di una ricerca condotta dalla CIPRA nel 1992. Conseguentemente rari sono diventati anche i boschi

alluvionali e le fasce di vegetazione golenale di una certa estensione, che possono insediarsi e sopravvivere solo lungo corsi d'acqua naturali.

Chi costruiva centrali idroelettriche veniva per lo più accolto a braccia aperte nelle valli. Questi impianti hanno in effetti senza dubbio contribuito in molti casi alla crescita economica, pagata tuttavia con un alto prezzo in termini ecologici.

Portate residue

Tratti fluviali costituiti da portate residue si hanno quando a monte il fiume viene sbarrato da un vaso artificiale oppure quando una captazione sottrae parte della portata idrica. Le "vecchie" centrali idroelettriche sottraggono spesso pressoché tutta la portata, per cui i tratti fluviali sottesi rimangono completamente all'asciutto in periodi di magra. Gli habitat delle diverse comunità animali e vegetali ospiti del fiume vengono così completamente distrutti. Da alcuni anni la maggior parte dei paesi alpini prescrive il rilascio di portate residue (deflusso minimo vitale) calcolate attraverso formule diverse: è come se gli organismi acquatici ricevessero in cambio della loro spaziosa vecchia casa plurifamiliare un monocale, o tutt'al più due camere. L'habitat fortemente ridotto provoca tuttavia una drastica riduzione della diversità specifica e del numero di organismi. Ma il danno può almeno essere mantenuto entro certi limiti. Le portate residue minime necessarie dal punto di vista ecologico non corrispondono però quasi mai con le ambizioni di profitto dei gestori degli impianti idroelettrici.

Complessivamente la gestione degli impianti idroelettrici ha conseguenze molto complesse, con effetti estremamente negativi dal punto di vista ecologico. Questi possono essere mantenuti entro certi limiti mediante opportune misure (scale di risalita per i pesci, definizione di portate residue ecologicamente adeguate ecc.), ma non possono essere completamente rimossi. I corsi d'acqua fanno parte degli ambienti più minacciati del territorio alpino, per cui una loro ulteriore compromissione o riduzione dovrà essere assolutamente evitata.

GRAN BRETAGNA: LIQUAMI DI DEPURAZIONE TRASFORMATI IN ELETTRICITA'

L'azienda dell'acqua Thames Water, la più grande del Regno Unito, ha avviato un progetto per trasformare i liquami di depurazione in elettricità che verrà fornita a 38 mila abitanti nel sud dell'Inghilterra. In collaborazione con la Renewable Energy Company, la Thames Water ha adottato due metodi, uno a gas metano e l'altro a vapore, per valorizzare i liquami che generalmente vengono smaltiti in mare. In questo modo l'azienda ottiene energia rinnovabile in 22 dei suoi impianti di trattamento. Il ciclo combinato con cogenerazione di calore ed elettricità viene adottato in vari centri, tra cui quelli di Oxford, Swindon e Slough (tutti situati nel sud), dove all'inizio si procede a separare la frazione liquida da quella solida. Quest'ultima viene stoccata in una vasca per 17 giorni e portata a 32° C per produrre il metano necessario per generare energia elettrica.

ELETTRICITA' DALLE OLIVE E DAL LETAME: IN SPAGNA SI PUO'

Tutti i cuochi sanno che le olive sono molto più che un ottimo antipasto visto che dalle olive si ricava l'ingrediente base per la dieta mediterranea, l'olio. Ma in Spagna, il maggiore produttore di olive al mondo, presto saranno usate per produrre un altro elemento fondamentale per la vita moderna: l'elettricità.

Il progetto di Endesa

Endesa, la maggiore società elettrica spagnola, sta costruendo due impianti per generare elettricità dai residui delle olive: si tratta di uno dei primi progetti al mondo per utilizzare gli scarti della produzione di olio d'oliva come combustibile. Il residuo della spremitura delle olive - in spagnolo "orujillo" - è difficile da smaltire e può essere pericoloso per l'ambiente: una volta nei fiumi infatti toglie ossigeno ai pesci e li porta lentamente alla morte. Ma può fornire combustibile pulito per le centrali elettriche.

In passato l'orujillo era usato per accendere il fuoco e riscaldare le case o nelle fornaci di mattoni; oggi lo usano sempre meno persone, quindi è difficile smaltirlo. Le nuove centrali sorgeranno nelle province di Jaen e Ciudad Real, nel nord della Spagna, il cuore della regione delle olive.

Tecnica sperimentata

Un altro impianto simile a quelli in via di realizzazione è già operativo nella provincia di Cordoba: è alimentato a orujo, un residuo della lavorazione più concentrato dell'orujillo. Per realizzare il progetto Endesa investirà più di 39 milioni di dollari, circa 78 miliardi di lire. L'impianto avrà un potenziale di 32 megawatts, e potrà soddisfare le richieste di energia elettrica per uso domestico di 100.000 persone.

Quando le due centrali saranno operative, nella seconda metà del 2001, ogni chilovattore consumato da una famiglia brucerà 0,92 chili di residuo di olive. Ogni impianto consumerà circa 105.000 tonnellate di orujillo all'anno. Se l'esperimento funzionerà, Endesa pensa di costruire altre 30 installazioni in tutta la Spagna, per un totale di 500 megawatt, la metà dell'energia prodotta da una centrale nucleare.

Riciclo del letame degli animali

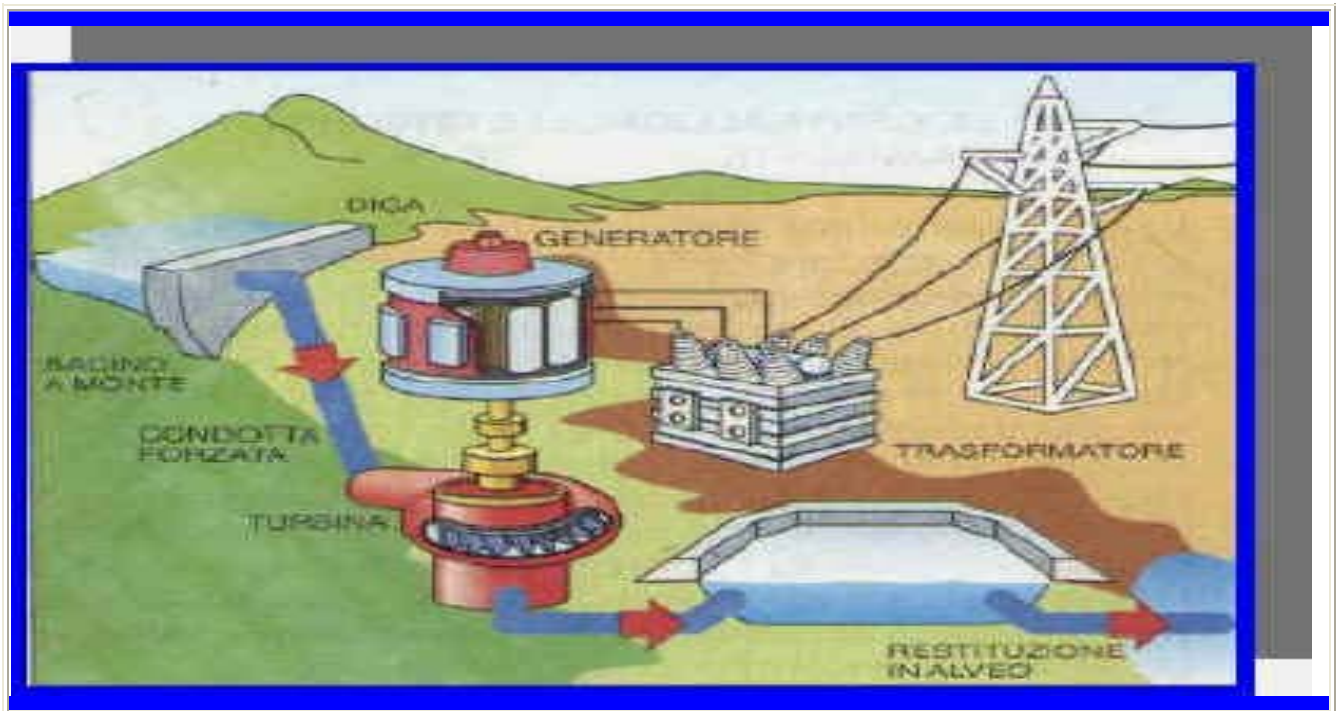
La trasformazione di residui organici in materiale da combustione non si ferma all'olio d'oliva. Hidroelectrica de Catabrico, la società concorrente di Endesa, investirà circa 25 milioni di dollari per due impianti che riciclino il letame degli animali. Gli impianti saranno i primi di una serie di dodici. Il primo sorgerà nella regione delle Asturie, nel Nord del Paese.

In corso di elaborazione o di realizzazione ci sono progetti per usare di tutto, dalle barbabietole da zucchero ai noccioli di mandorle, al letame degli animali.

ASPETTI TECNICI

- Centrale idroelettrica
- Centrale termoelettrica
- Centrale geotermoelettrica
- Centrale eolica
- Centrale solare elettronucleare
- Centrale fotovoltaica
- L'alternatore
- Il trasformatore
- Le turbine
- L'energia geotermica

CENTRALE IDROELETTRICA



Principio di funzionamento

L'energia elettrica viene prodotta in appositi stabilimenti che prendono il nome di centrali elettriche. Le centrali idroelettriche usano l'acqua come materia prima. Occorre, naturalmente averne sempre a disposizione perché la centrale possa funzionare in ogni momento.

Per realizzare una centrale idroelettrica viene costruita una diga per sbarrare la valle in cui scorre il fiume. Le acque non potendo più proseguire il loro corso formano un lago artificiale. Da questo è facile prendere acqua anche quando il fiume è in magra (cioè ha poca acqua) o addirittura quando è in secca (privo d'acqua).

Un canale a lieve pendenza conduce l'acqua spillata alla base della diga, in un punto più avanzato della valle che viene chiamato vasca di raccolta. Dalla vasca di raccolta, l'acqua viene inviata alla centrale idroelettrica per mezzo di grosse tubature, dette condotte forzate. Si chiamano così perché queste tubature, che hanno una fortissima pendenza, forzano l'acqua, cioè la costringono a scendere a grande velocità. Arrivata alla centrale l'acqua inizia a "lavorare". Questo suo lavoro sarà capace di produrre l'energia elettrica.

Nella centrale l'acqua mette in azione una macchina che si chiama turbina. La turbina è costituita da una grossa ruota metallica alla quale sono unite numerose pale, anch'esse in metallo. L'acqua, uscendo dalle condotte forzate con grande impeto, è proiettata sulle pale e fa girare la ruota.

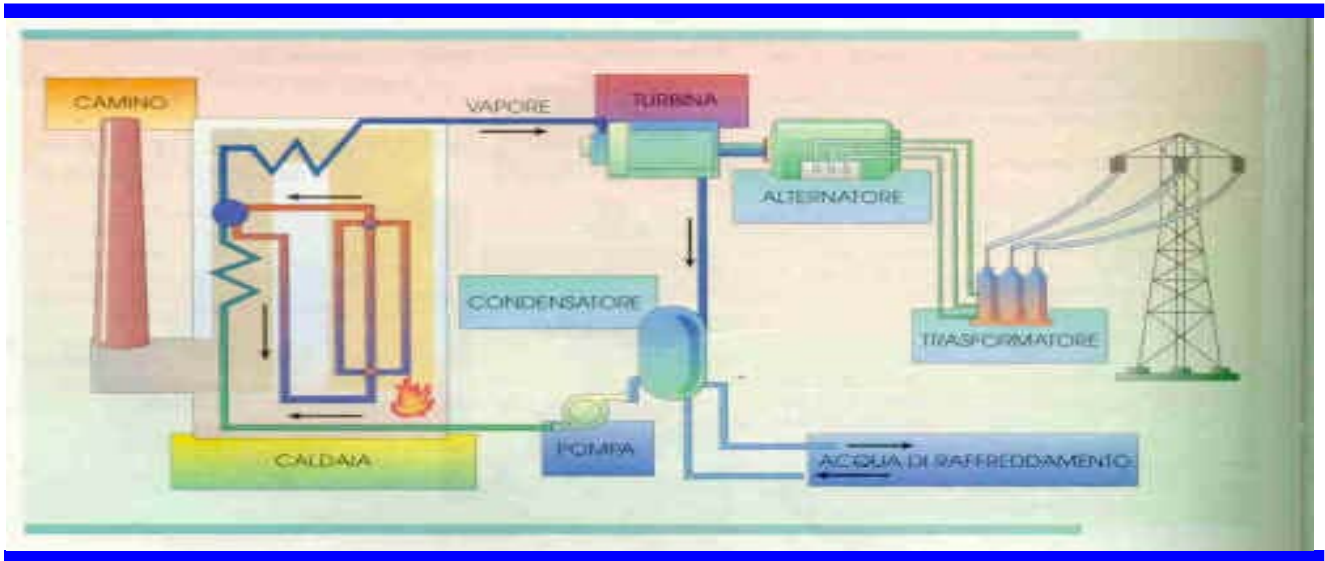
Dispositivi speciali sono in grado di far uscire una maggiore o minore quantità d'acqua dalla condotta forzata e, di conseguenza, di far girare più o meno rapidamente la ruota della turbina. Essa è collegata a sua volta con un'altra macchina : così il suo movimento mette in azione anche la macchina alla quale essa è collegata. Questa macchina è l'alternatore.

L'alternatore è una macchina in grado di trasformare in energia elettrica la forza che la turbina gli trasmette con il movimento. Possiamo dunque dire che l'alternatore è la macchina che produce energia elettrica.

A questo punto si presenta il problema di trasportare l'energia elettrica dalla centrale ai luoghi dove verrà poi utilizzata. Prima di essere convogliata nelle linee di trasmissione che la trasporteranno ai luoghi di utilizzazione, la corrente elettrica passa attraverso uno speciale apparecchio, che prende il nome di trasformatore.

Il trasformatore abbassa l'intensità della corrente prodotta dall'alternatore, elevandone però la tensione a migliaia di Volts. Giunta sul luogo di impiego, prima di essere utilizzata, la corrente passa di nuovo in un trasformatore che questa volta, alza l'intensità ed abbassa la tensione così da renderla adatta agli usi domestici.

CENTRALE TERMOELETTTRICA



Principio di funzionamento

Le centrali termoelettriche, sostanzialmente, sono costituite da sistemi di conversione che utilizzano l'energia chimica dei combustibili per trasformarla in energia elettrica.

Le centrali termoelettriche sono caratterizzate da una caldaia, alimentata automaticamente dal deposito che contiene il combustibile e attraversata da una serpentina nella quale circola l'acqua.

L'acqua, grazie alla combustione e all'energia termica conseguente, viene riscaldata fino a 300°C e si trasforma in vapore; questo viene ulteriormente riscaldato fino a 450°C ed acquisisce una notevole pressione.

Il vapore convogliato sulla turbina, cede la sua energia cinetica facendo ruotare la stessa.

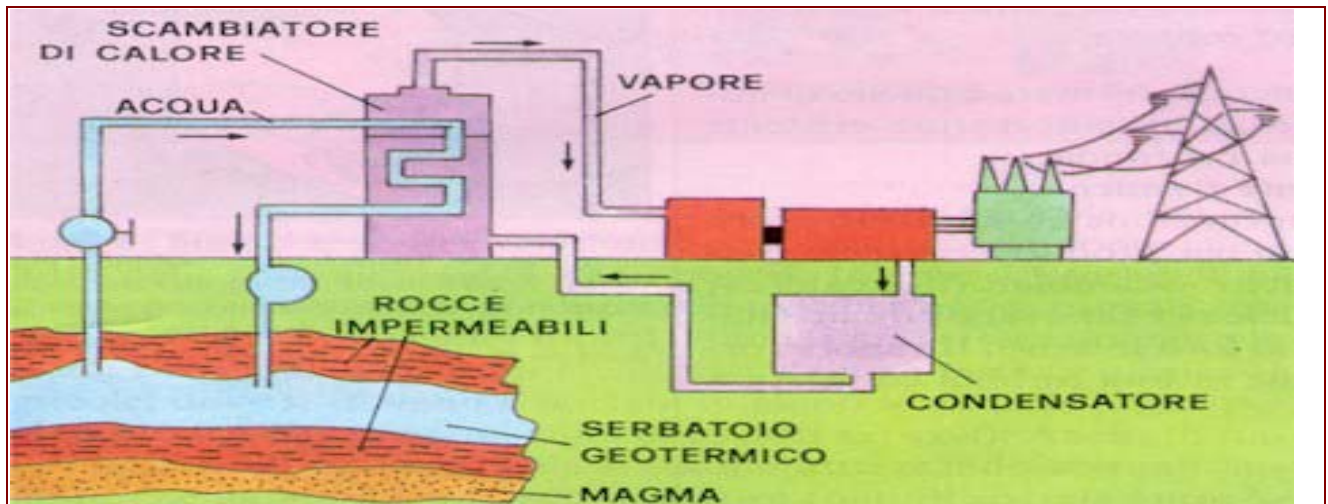
La turbina, collegata all'asse dell'alternatore lo trascina in rotazione. Nell'alternatore, grazie al fenomeno dell'induzione elettromagnetica, l'energia meccanica trasmessa dalla turbina, viene trasformata in energia elettrica.

L'energia elettrica prodotta dall'alternatore viene trasmessa al trasformatore che ne innalza la tensione, per evitare perdite, prima di immetterla nella rete di distribuzione.

Il vapore che esce dalla turbina viene riportato allo stato liquido nel condensatore e ripompato nella caldaia.

Il camino provvede ad espellere nell'atmosfera i fumi della combustione.

CENTRALE GEOTERMoeLETTICA



Principio di funzionamento

Le centrali geotermiche sfruttano il calore delle profondità terrestri. A grande profondità, l'interno della Terra è molto caldo. Il calore deriva probabilmente dal decadimento radioattivo (un fenomeno di origine nucleare) delle rocce.

Attraverso le rotture degli strati rocciosi, dovute ad assestamenti della crosta terrestre o a eruzioni vulcaniche, le acque e i vapori riscaldatisi in profondità salgono verso la superficie e possono essere utilizzati come fonte di calore oppure per produrre energia elettrica.

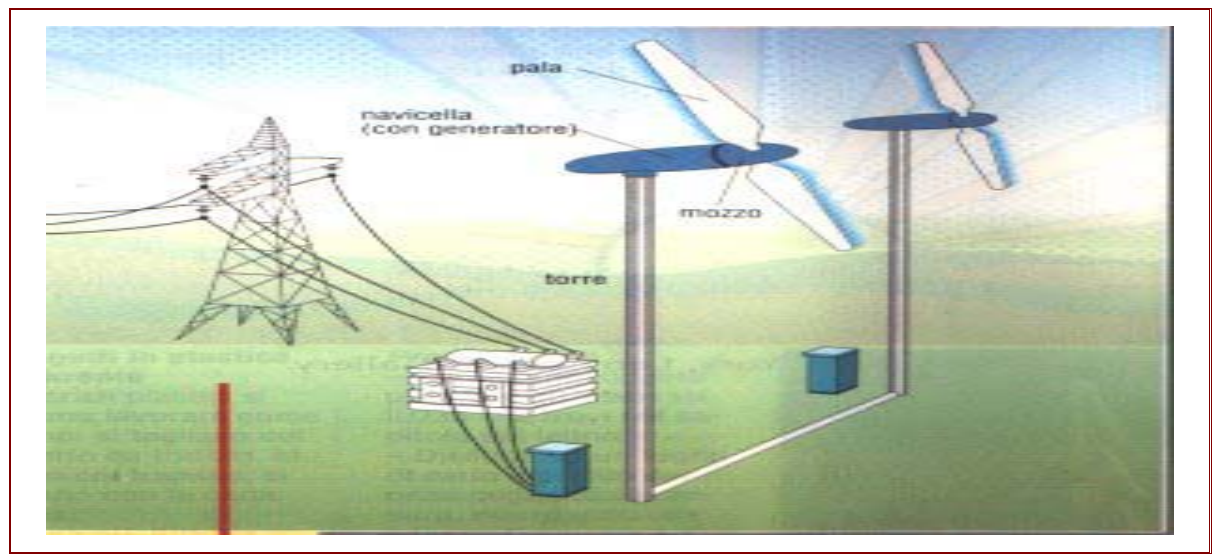
Se il vapore è presente ad alta temperatura (200° - 300°) viene convogliato direttamente alla turbina che ne trasforma l'energia cinetica in energia meccanica di rotazione. L'asse della turbina è collegato al rotore

dell'alternatore che, ruotando, trasforma l'energia meccanica ricevuta in energia elettrica alternata che viene trasmessa al trasformatore.

Il trasformatore innalza il valore della tensione (400.000.v) e la immette nella rete di distribuzione.

Quando la temperatura del vapore è bassa (come nello schema sopra) il calore dello stesso viene utilizzato per portare all'evaporazione, nello scambiatore apposito, un altro liquido che a sua volta trasformato in vapore verrà convogliato nella turbina innescando il procedimento sopra descritto.

CENTRALE EOLICA

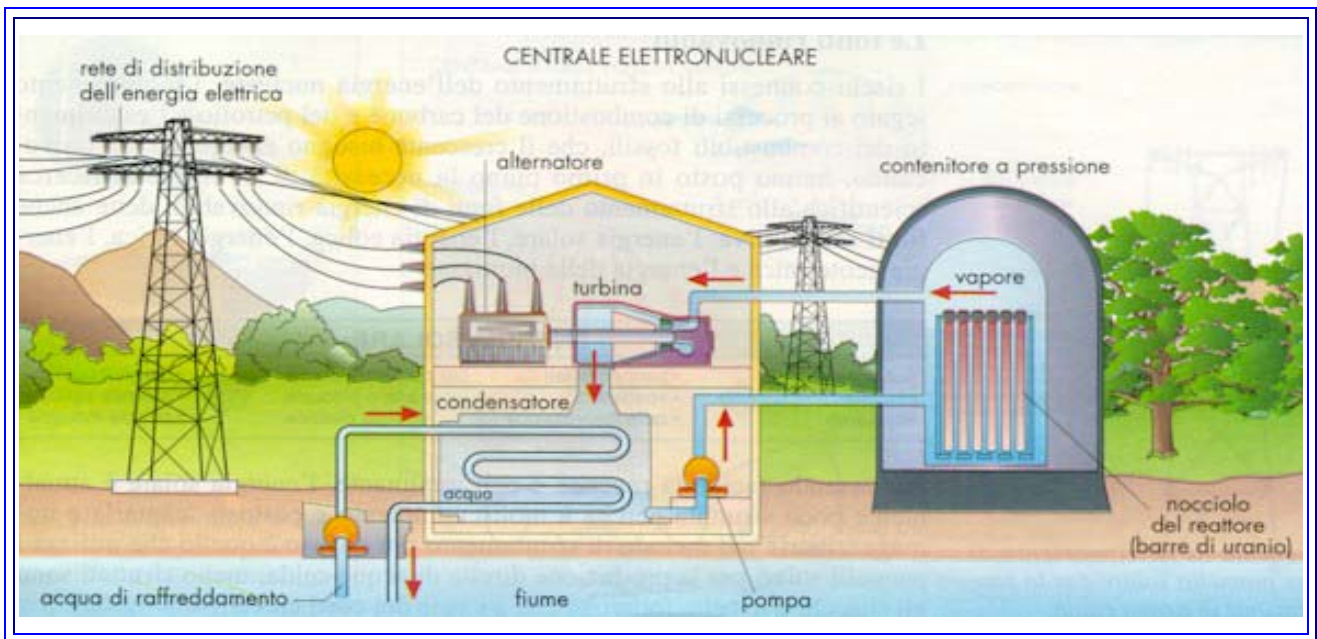


Principio di funzionamento

Una centrale eolica è costituita da una serie di generatori eolici. Un generatore eolico consta di una torre sulla quale è fissata una capsula di forma aerodinamica, la navicella, contenente il generatore elettrico, e di un rotore, formato da tante pale. Quando soffia il vento, le pale si mettono a girare e l'energia cinetica è trasformata in energia elettrica dal generatore della navicella. L'energia così prodotta viene convogliata su un trasformatore che ne innalza la tensione prima che venga immessa nella linea di trasmissione. Per poter funzionare correttamente, le centrali eoliche hanno bisogno di vento alla velocità di 20/40 Km/h. La scarsa potenza di queste centrali limita la loro utilizzazione alla produzione di energia elettrica nelle sole zone montane o nelle piccole isole. In Italia una centrale eolica è stata realizzata in Sardegna ed è dotata di 10

aerogeneratori.

CENTRALE ELETTRONUCLEARE



Principio di funzionamento

Il principio di funzionamento delle centrali nucleari é simile alle centrali termoelettriche. La differenza sostanziale è la modalità di produzione del vapore.

Nelle centrali nucleari la produzione del vapore per azionare la turbina si compie nel reattore nucleare. La parte fondamentale di quest'ultimo é il nocciolo, costituito da contenitori nei quali viene inserito il combustibile nucleare: cilindretti di uranio.

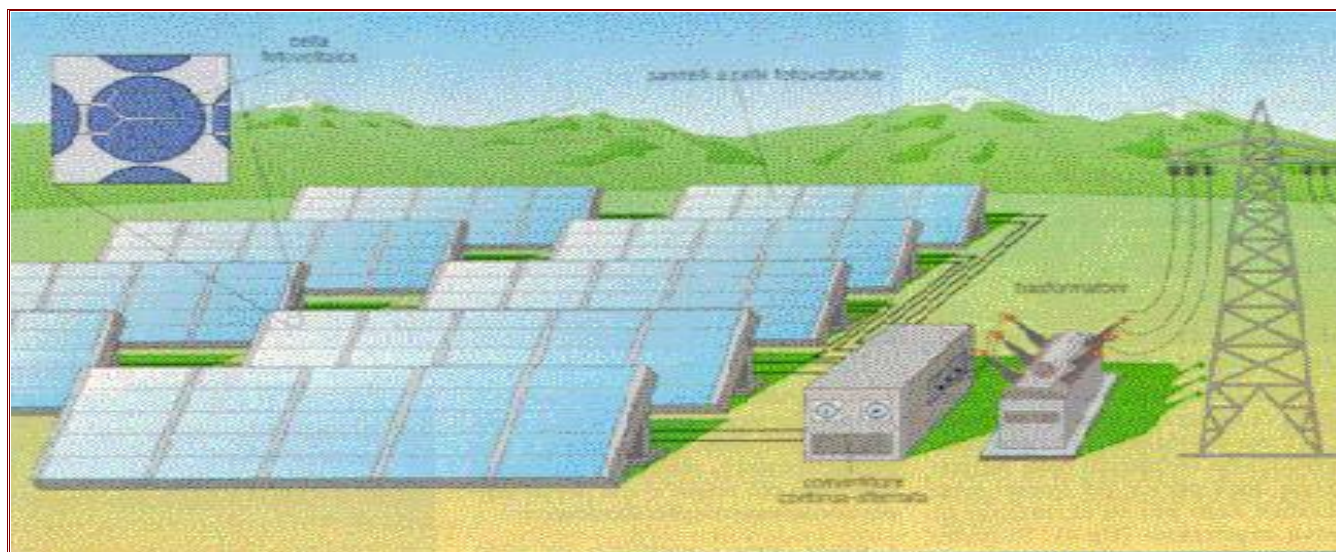
All'interno del nocciolo viene innescato il processo di fissione nucleare controllato che produce il calore necessario a scaldare l'acqua e trasformarla in vapore ad alta pressione. Il vapore viene convogliato sulla turbina che

ruotando trasmette la sua energia meccanica all'alternatore che a sua volta la trasforma in energia elettrica grazie al fenomeno dell'induzione elettromagnetica.

Il controllo del processo di fissione avviene attraverso le barre di controllo, le quali si inseriscono nel reattore per regolarne la potenza. Il reattore deve avere una struttura in grado di non lasciare fuoriuscire le sostanze radioattive che si sprigionano durante il processo di fissione. Il reattore è inserito in un cilindro d'acciaio inossidabile posto all'interno di un contenitore in cemento armato dello spessore di almeno un metro. Anche l'edificio che contiene il reattore è fatto di una solida struttura in cemento armato.

In Italia esistono tuttora quattro centrali nucleari, ma a seguito del referendum del 1987 che ha vietato l'uso del nucleare, sono forzatamente inattive.

CENTRALE SOLARE FOTOVOLTAICA



Principio di funzionamento

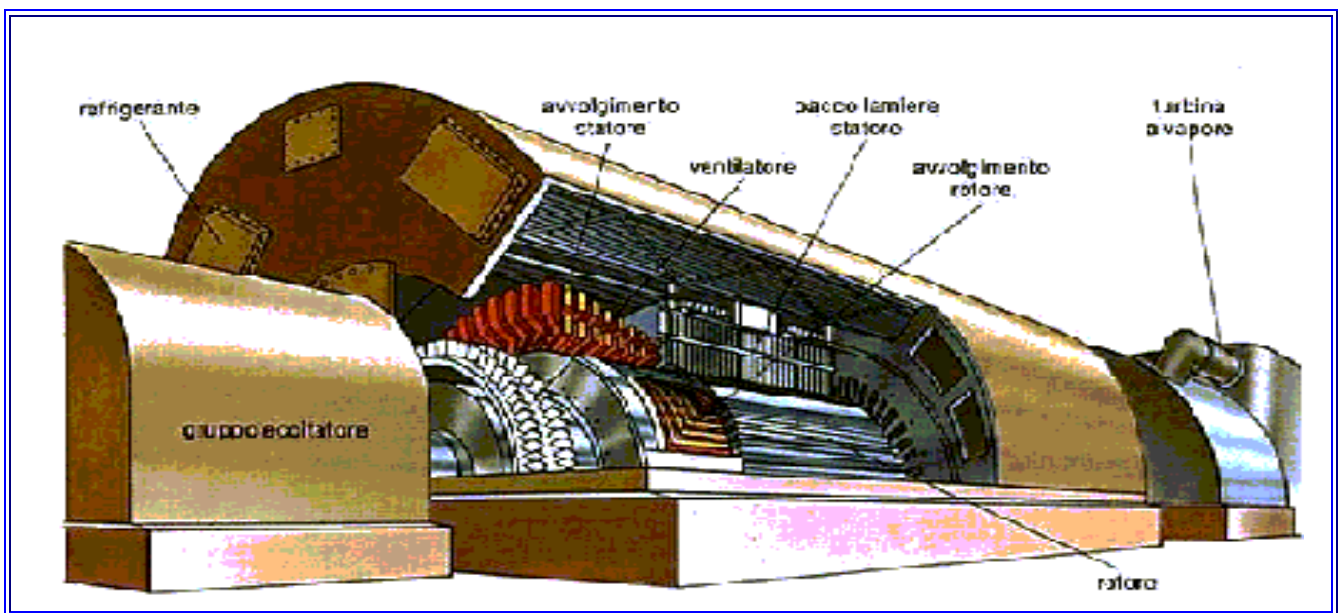
Il funzionamento delle centrali fotovoltaiche é basato sulla conversione diretta dell'energia luminosa in elettrica senza l'uso del vapore acqueo.

I componenti più importanti di questo tipo di centrale sono le celle fotovoltaiche, dispositivi costituiti da materiali molto particolari, appartenenti alla famiglia dei semiconduttori, che presentano la capacità, quando colpiti dalla luce, di sprigionare un flusso di elettroni che opportunamente guidati costituiranno una corrente elettrica di tipo continua.

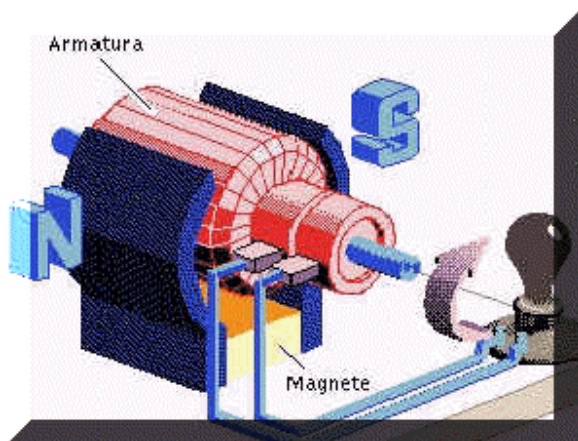
La corrente così generata viene inviata ad un convertitore dal quale ne esce sotto forma di corrente alternata, tale da poter essere poi trasformata in

corrente ad alta tensione dal trasformatore dal quale la corrente passa prima di essere immessa nella linea di distribuzione.

L'ALTERNATORE



Costruzione e principio di funzionamento



Macchina elettrica che trasforma energia meccanica in energia elettrica a corrente alternata. L'energia meccanica è fornita da motori: turbine idrauliche, a vapore o a gas, motori a carburazione e Diesel. Gli alternatori sono costituiti da due parti fondamentali, una fissa e l'altra rotante, dette rispettivamente statore e rotore, su cui sono disposti

avvolgimenti di rame isolati. I due avvolgimenti si dicono induttore e indotto; a seconda del tipo di alternatore l'induttore può essere disposto sul rotore e l'indotto sullo statore e viceversa. Gli alternatori sincroni sono macchine reversibili, ossia possono funzionare anche come motori, cioè si mettono in movimento rotatorio se ricevono energia elettrica. In essi generalmente si dispone sullo statore l'avvolgimento indotto e sul rotore l'induttore. Quest'ultimo è realizzato con elettromagneti eccitati in corrente continua (poli). Gli alternatori a magnete permanente, simili ai precedenti, utilizzano magneti permanenti in sostituzione dei poli di eccitazione. Negli alternatori a ferro rotante gli avvolgimenti indotti e induttori sono fissi e la produzione di energia elettrica si ottiene con il movimento del rotore, costituito da un cilindro di ferro lamellato sul cui bordo sono ricavati denti che assolvono la stessa funzione dei poli negli alternatori sincroni. Gli alternatori asincroni sono costituiti da motori asincroni fatti rotare da motori primi a velocità leggermente maggiore di quella di sincronismo.

Indotto = parte di una macchina elettrica comprendente l'insieme degli avvolgimenti percorsi da correnti indotte

Collettore = organo che raccoglie la corrente generata nell'interno della macchina e la invia nel circuito esterno di utilizzazione.

In breve

L'alternatore è una macchina semplice e affidabile. Viene utilizzato per la produzione elettrica nelle centrali. La corrente viene prelevata sotto forma di corrente alternata, che cambia periodicamente senso e intensità. La potenza del generatore viene espressa in watt (W) ed è data dal prodotto dell'intensità di corrente per la differenza di potenziale: $W = V \times I$

TRASFORMATORE

Macchina elettrica statica atta a trasferire, sfruttando il fenomeno dell'induzione elettromagnetica, energia elettrica a corrente alternata da un circuito a un altro modificandone le caratteristiche. Schematicamente un trasformatore è costituito da due avvolgimenti, ciascuno formato da un certo numero di spire di filo di rame avvolte attorno a un nucleo di ferro di elevata permeabilità magnetica, dei quali uno, detto *primario*, riceve energia dalla linea di alimentazione, mentre l'altro, detto *secondario*, è collegato ai circuiti di utilizzazione. Il rapporto tra le forze elettromotrici nei due avvolgimenti è uguale a quello dei numeri di spire. Negli autotrasformatori si ha un unico avvolgimento in cui il secondario è derivato dal primario

In breve

Il trasformatore serve ad alzare il voltaggio della corrente in uscita dall'alternatore per evitare eccessive perdite di energia elettrica in linea.

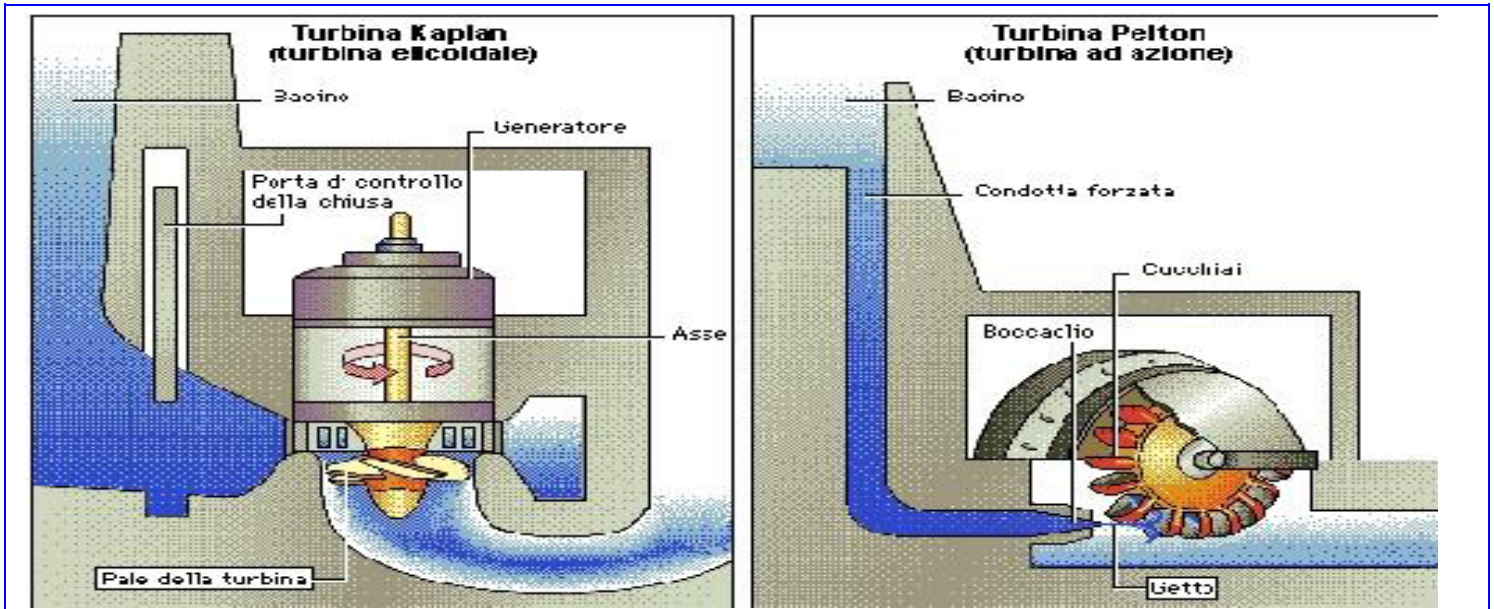
Trasformatore di alimentazione

I trasformatori di alimentazione o di potenza, industriali e residenziali, possono essere monofase o trifase, e servono per produrre alte tensioni e correnti intense. Un efficiente sistema di trasmissione di potenza richiede un trasformatore elevatore, che innalzi il voltaggio e conseguentemente riduca la corrente, in corrispondenza della centrale di produzione dell'energia elettrica. Poiché le perdite lungo le linee elettriche sono proporzionali al prodotto del quadrato dell'intensità di corrente e della resistenza della linea stessa, per le trasmissioni a lunga distanza conviene utilizzare voltaggi molto alti e correnti poco intense. Al punto di arrivo, i trasformatori abbassatori riducono il voltaggio ai livelli tipici degli usi residenziali o industriali, cioè generalmente intorno ai 220 V.

Il rendimento dei trasformatori, tanto maggiore quanto minore è la quantità di energia dissipata sotto forma di calore durante il processo di trasformazione, supera generalmente il 99%, ed è dovuto all'uso di

particolari leghe di acciaio che facilitano l'accoppiamento dei campi magnetici indotti tra l'avvolgimento primario e il secondario. La dissipazione di una quantità anche piccola di potenza trasmessa da un grande trasformatore sviluppa grandi quantità di calore, per cui sono richieste speciali misure per il raffreddamento. I trasformatori di potenza più comuni sono installati in contenitori sigillati, all'interno dei quali si fa circolare olio o qualche altra sostanza che faccia da tramite per il trasferimento all'ambiente circostante del calore sviluppato

LE TURBINE



Descrizione

Macchine motrici provviste di un organo rotante a cui è impresso il moto da un fluido in movimento. Le turbine idrauliche sono macchine che utilizzano l'energia disponibile in un salto d'acqua per fornire energia meccanica. Sono costituite dal distributore (fisso) e dalla girante (mobile). Il primo indirizza e regola il flusso d'acqua, la seconda comunica all'albero su cui è montata l'energia sottratta all'acqua. In base alle caratteristiche della girante si hanno i diversi tipi: turbine Pelton, turbine Francis, turbine a elica. In base alle caratteristiche dinamiche, le turbine si dividono in turbine ad azione, in cui l'energia dell'acqua in uscita dal distributore è tutta cinetica, e in turbine a reazione, in cui lo è solo parzialmente. Le turbine si differenziano a seconda del dislivello a cui è sottoposta l'acqua che le fa muovere:

Pelton: dal nome dell'inventore, nel caso di alte cadute (anche più di 1700 m);

Francis: in caso di medie cadute, con pale fisse;

Kaplan: nel caso di un basso dislivello di un fiume di grande portata, derivate dal modello Francis, molto costose e, di conseguenza, trovano un'applicazione ridotta, hanno pale orientabili di qualche grado per sfruttare l'angolo di incidenza dell'acqua.



L'energia geotermica: il calore della Terra

Dal nucleo alla superficie

Sorgenti, geysers e serbatoi

Vapore o acqua calda per la produzione di elettricità

Le tipologie di centrale

Gli altri usi del calore geotermico

Opportunità e prospettive di mercato

I vantaggi per l'ambiente

Il termine "geotermia" deriva dal greco e significa calore della Terra. L'energia geotermica si ottiene sfruttando tale calore.

Da sempre i popoli hanno usato l'acqua geotermica che fluiva liberamente alla superficie dalle sorgenti calde. L'uso più antico e diffuso è stato, naturalmente, quello termale. Poi questa "acqua magica" fu impiegata anche per altri scopi.

I Romani curavano con l'acqua proveniente dal centro della Terra i disturbi della pelle e degli occhi e riscaldavano gli edifici di Pompei, ma già alcuni millenni prima gli Indiani d'America la usavano per cucinare, oltre che per scopi medicinali, così come facevano i Maori della Nuova Zelanda.

Più di recente, a partire dagli anni '60 la Francia scalda fino a 200.000 case con acqua geotermica.

Dal nucleo alla superficie

Il nucleo della Terra, a circa 6400 km di profondità, ha una temperatura intorno ai 5000°C. Il calore fluisce verso la superficie e viene condotto dalle rocce del **mantello**, lo strato che circonda il nucleo.

Quando temperatura e pressione aumentano oltre un certo limite, la roccia del mantello fonde e diventa **magma**, che, essendo meno denso della roccia circostante solida, sale lentamente, per convezione, verso la **crosta**, trasportando calore dal basso verso l'alto .

A volte il calore arriva in superficie attraverso una fenditura sotto forma di lava; molto più spesso rimane sotto la crosta, scaldando le rocce e l'acqua circostanti (ossia pioggia che si è infiltrata in profondità attraverso gli strati rocciosi), con temperature che arrivano fino a circa 370°C.

Sorgenti, geysers e serbatoi

L'acqua calda, geotermica, risalendo attraverso faglie e fratture, può raggiungere la superficie e formare **sorgenti calde e geysers**.

La maggior parte rimane invece nel sottosuolo, intrappolata in fratture e strati porosi di roccia: in questi casi si ha la formazione di un **serbatoio geotermico**.

Oggi gli esperti studiano il sottosuolo per localizzare i serbatoi di fluido geotermico da portare in superficie attraverso la realizzazione di **pozzi** profondi anche alcune migliaia di metri, operazione che richiede un'attenta valutazione perché la perforazione di un pozzo costa diversi miliardi di lire e può non portare a risultati produttivi.

Quando l'acqua o il vapore arrivano in superficie attraverso i pozzi, vengono avviati agli impianti di produzione di elettricità, le **centrali geotermiche**, o sono impiegati per usi non elettrici.

Vapore o acqua calda per la produzione di elettricità

Nelle centrali, il vapore o l'acqua calda forniscono la forza necessaria a muovere le **turbine** che producono elettricità.

L'acqua di scarico delle centrali geotermiche viene poi reiniettata in profondità nel serbatoio, attraverso appositi **pozzi di reiniezione**,

mantenendo così la pressione del serbatoio ed evitando l'inquinamento di falde o corsi d'acqua in superficie.

L'acqua reiniettata sarà di nuovo scaldata dalla Terra.

Le tipologie di centrale

Ci sono tre tipi di centrali geotermiche, in funzione della temperatura e della pressione del serbatoio che le alimenta:

a) Nei **campi** dove si produce essenzialmente vapore "secco", in aggiunta a poca acqua, questo può essere inviato direttamente alla turbina dell'impianto, attraverso dei **vapordotti**. Il più grande serbatoio di questo tipo, sfruttato fin dagli anni '60, è "The Geysers", che si trova circa 140 km a Nord di San Francisco in California (Usa).

Il primo campo di questo genere al mondo è stato invece quello di Larderello in Toscana, dove l'imprenditore fiorentino Pietro Ginori Conti, che aveva sposato la figlia del conte De Larderel, nel 1904 produsse energia elettrica mediante una dinamo trascinata da un motore azionato dal vapore endogeno.

Con il calore geotermico negli anni '40, in Italia venivano già prodotti 132 MW.

Per livello di produzione geotermoelettrica l'Italia è oggi il quarto Paese del mondo. Erga S.p.A. del Gruppo Enel è proprietaria dei campi di Larderello (il solo a vapore dominante), di Travale e dei Monte Amiata in Toscana e di Latera nel Lazio.

b) Un serbatoio che produce acqua calda è detto ad acqua dominante ed è impiegato per alimentare **centrali a flash** o a separazione.

L'acqua, la cui temperatura varia da circa 180 a 370 °C, arriva in superficie tramite i pozzi e poiché passa rapidamente dalla pressione del serbatoio a quella dell'atmosfera, si separa (flash) in una parte di vapore, che è mandato in centrale, e una parte di liquido che è reiniettato in serbatoio.

La maggior parte dei campi geotermici del mondo, tra i quali anche quelli di Travale e dell'Amiata, appartengono a questa tipologia.

c) Per serbatoi che producono acqua a temperature moderate (tra i 120 e i 180°C), la tecnologia del **ciclo binario** è la più redditizia.

In questi sistemi il fluido geotermico viene utilizzato per vaporizzare, attraverso uno scambiatore di calore, un secondo liquido (ad esempio isopentano), con temperatura di ebollizione più bassa rispetto all'acqua.

Il fluido secondario si espande in turbina e viene quindi condensato e riavviato allo scambiatore in un circuito chiuso, senza scambi con l'esterno.

Il fluido geotermico, dopo aver attraversato lo scambiatore, torna al pozzo di reiniezione per essere ripompato in serbatoio. Il campo laziale di Latera è un esempio di questo tipo.

Gli altri usi del calore geotermico

Oltre che per generare elettricità, il calore geotermico è impiegato in applicazioni dirette, che assicurano un risparmio d'energia fruttando acqua a temperature comprese tra i 20 e i 150°C.

Accanto alle cure termali, l'acqua calda geotermica viene usata per riscaldare serre per la fioricoltura e l'orticoltura, vasche per l'itticoltura, per pastorizzare il latte, per essiccare cipolle o legname, per lavare la lana. Altro uso abbastanza diffuso è rappresentato dal riscaldamento di edifici, sia privati che pubblici, o di interi quartieri.

Lo schema di questo tipo di applicazione è simile a quello delle centrali a ciclo binario, qui però il liquido secondario è acqua pulita di città che scorre in tubazioni che si diramano fino agli edifici da riscaldare.

Il primo esempio di questo genere fu avviato a **Boise** in Idaho (**Usa**), ma l'impianto più grande è oggi quello di Reykjavik in Islanda.

Lo stesso sistema, basato su tubi di acqua calda interrati, può essere usato per mantenere sgombre dalla neve strade e scalinate o per far crescere ortaggi e piante senza chiuderli nelle serre.

Infine è da menzionare l'impiego nei sistemi a pompe di calore che producono caldo in inverno e fresco in estate, consumando pochissima elettricità e sfruttando la temperatura del terreno.

Opportunità e prospettive di mercato

Agli inizi dei 2000 risultavano installati in 22 Paesi impianti geotermici per una potenza totale di circa 8000 MW, con una produzione di energia elettrica di circa 50 TWh.

I Paesi guida sono: Usa, Nuova Zelanda, Italia, Islanda, Messico, Filippine, Indonesia e Giappone.

Nel breve termine le applicazioni descritte continueranno ad essere le uniche commercialmente utilizzabili. Per l'uso finalizzato alla produzione di elettricità è stimato un potenziale di circa 80 GW.

Molti serbatoi si trovano in Paesi in via di sviluppo e, in tal caso, la risorsa geotermica può essere considerata anche un'eccellente opportunità di crescita economica.

Nel medio e lungo termine si prevede uno sviluppo della tecnica basata sull'utilizzo di rocce calde secche (hot dry rock) situate in profondità.

Gli esperti di molti Paesi, tra cui Usa, Giappone, Inghilterra, Francia, Germania, Belgio e Italia, stanno studiando la possibilità di perforare pozzi in zone dove non ci sono serbatoi e di iniettarvi acqua per farla scaldare in profondità dal calore della Terra, farla risalire da altri pozzi e infine utilizzarla come fluido energetico.

I vantaggi per l'ambiente

L'energia da fonte geotermica è generata senza ricorrere a combustibili fossili, quindi non produce le sostanze inquinanti associate a questi combustibili.

Le emissioni di anidride carbonica sono in larga misura quelle già presenti allo stato naturale nell'area.

Negli impianti di moderna concezione viene emessa una quantità di anidride carbonica pari ad un sesto di quella rilasciata da impianti convenzionali.

Le centrali geotermiche producono inoltre altri inquinanti gassosi non condensabili, come idrogeno solforato, metano, ed i reflui liquidi possono contenere disciolte sostanze quali metalli pesanti e silicati.

I moderni sistemi di controllo delle emissioni e le tecniche di reiniezione nel sottosuolo hanno tuttavia ridotto al minimo quest'impatto.

Un aspetto ambientale da curare in sede di progetto è l'inserimento ottimale nel territorio dei vaporodotti e degli acquedotti di reiniezione.

Infine, il problema della rumorosità si manifesta essenzialmente nella fase di perforazione dei pozzi e, durante l'esercizio degli impianti, in brevi situazioni transitorie connesse all'apertura delle valvole di sfioro del vapore.

VISITA MUSEO DELLA GEOTERMIA E CENTRALE GEOTERMICA DI LARDERELLO

- Larderello
- Riflessioni

LARDERELLO

NOTIZIE STORICHE

La prima notizia storica sull'esistenza di acque calde in Etruria viene fornita da *Licofrone*, uno scrittore greco del 270 a.c. quando racconta dell'esistenza di un fiume, denominato **Lynceus**, che possiede acque calde medicamentose.

Il fiume *Lynceus* fu identificato da Filippo Cluverio nella *Italiae Antiquae Descriptio*, pubblicata nel 1626, con l'attuale fiume **Cornia**, che viene alimentato da sorgenti termali di acque boriche.

Gli Etruschi utilizzavano i sali borici, che si depositavano ai bordi dei lagoni naturali, sia per uso farmaceutico, sia per la preparazione di smalti, infatti i *Vasi Sigillati* del Museo di Arezzo contengono del boro, che allora era possibile reperire solo in questa zona.

Nel segmento III della *Tabula Itineraria Peutingeriana*, una carta militare del III secolo d.C. che descriveva le strade romane dal Gange alla Spagna, si trovano indicati due importanti stabilimenti Termali, le **Acquas Volaternas** e le **Aque Populanie**, con in posizione mediana un lago a forma circolare.

Le Aquas Volaternas sono da identificarsi con il Bagno a Morbo, presso l'attuale Larderello.

Tale bagno ebbe grande fortuna nel Medio Evo e nel Rinascimento, per le proprietà medicamentose delle acque calde. Lorenzo il Magnifico frequentava tali bagni e di un bagnuolo teneva la chiave solo per se e per la sua famiglia.

Le Aque Populanie si trovano in vicinanza delle *Acquas Volaternas*, ma di tali terme se ne era persa ogni traccia. Uno scavo archeologico, nella zona di

Sasso Pisano, ha ritrovato un grosso complesso termale etrusco e romano, terme che nel Medio Evo erano chiamate Bagno del Re e Bagno di S.Quilico, che potrebbero identificarsi con le Aque Populanie, in quanto si è trovato sulle tegole il marchio dell'antica città etrusca di Populonia.

Il Lago raffigurato in mezzo alle suddette terme è probabile che rappresenti, la zona boracifera dove erano presenti numerosi laghetti bollenti o lagunae che in seguito furono chiamati lagoni.

Nel Medio Evo dai lagoni naturali venivano estratti lo Zolfo, il Vetriolo e l'Allume che i mercanti volterrani vendevano in tutta Italia.

Fazio degli Uberti e Dante Alighieri, padre della lingua italiana, ricordano queste zone ricche di lagoni bollenti e di fumarole nel Dittamondo e nel Canzoniere e Dante probabilmente si è immaginato l'inferno visitando queste zone.

Infatti la valle di Larderello veniva chiamata *Valle del Diavolo*.

ORGANIZZAZIONE DELLE FABBRICHE

In seguito alla scoperta dell'Acido Borico, per lo sfruttamento industriale dello stesso, il fondatore dell'industria, **Francesco De Larderel**, nato a Vienne in Francia nella regione del Delfinaria, dovette procedere ad una organizzazione industriale e sociale delle fabbriche. Dal plastico che rappresenta il paese di Larderello, che ha preso il nome dal suo fondatore, si vede che le case degli operai, la Chiesa, la farmacia la caserma le attività ricreative e sociali erano insieme alle caldaie e alle attività industriali, cioè l'operaio viveva nella fabbrica.

Nel **1849** il De Larderel elaborò il **REGOLAMENTO GENERALE**, dove veniva esposta l'organizzazione industriale e sociale delle fabbriche dell'Acido Borico. In tale Regolamento, nella parte che riguarda l'organizzazione della

fabbrica vengono descritti i compiti sia dei diretti collaboratori del De Larderel, come l'**Ispettore Generale**, i **Ministri** che erano i capi delle fabbriche, sia degli operai addetti alla produzione dell'acido borico.

L'organizzazione sociale delle fabbriche prevedeva il Farmacista, il Medico, le Scuole per i figli degli operai, la Dispensa per lo spaccio di generi alimentari, il Cappellano, la Musica, l'assistenza alle vedove ed altre attività sociali importanti per i lavoratori.

Tale Regolamento risente delle idee sociali della Rivoluzione Francese che venivano applicate anche per facilitare l'afflusso e la permanenza degli operai in luoghi poco popolati e poco ospitali.

Le difficoltà di collegamento con l'esterno fanno organizzare le attività industriali in maniera autonoma, infatti oltre ai mestieri legati all'attività estrattiva come il lagonaio, il perforatore, ed in seguito l'elettricista, vengono sviluppate le attività di manutenzione degli impianti come il meccanico, il saldatore, il muratore, il falegname, per intervenire tempestivamente sugli impianti di produzione da riparare e per la costruzione di nuovi impianti.

ATTIVITA' CHIMICHE

Le attività industriali a Larderello sono nate con lo sfruttamento delle acque geotermiche per la produzione di acido borico.

L'acido borico veniva importato in Europa dal Tibet, dove veniva raccolto sui bordi di laghetti di acque calde e veniva chiamato *TINKAL*, gli arabi sotto il nome di *BÛRAQ*, lo portavano in Spagna e da qui veniva diffuso in Europa.

Attualmente l'acido borico viene utilizzato nella produzione degli smalti per le ceramiche, nella saldatura, nell'industria vetraria, in farmacia ed altri vari impieghi.

Nel 1777 Francesco Hoefel, direttore delle Farmacie del Granducato di Toscana, rilevò la presenza di acido borico nelle acque dei lagoni, ma solo nel 1818 iniziarono i primi tentativi di produrre industrialmente acido borico facendo evaporare le acque boriche in caldaie di ferro sotto le quali si accendeva del fuoco utilizzando la legna, il suddetto metodo era però costoso, perché la legna cominciò a scarseggiare e si doveva portare da luoghi sempre più lontani.

Nel 1827, Francesco de Larderel, utilizzò come energia termica il calore del vapore, in sostituzione del calore fornito dalla legna per fare evaporare le acque boriche.

Per questo scopo costruì il **LAGONE COPERTO**, cioè una cupola in muratura su un lagone naturale, che ne raccoglieva il vapore e lo faceva uscire ad una pressione sufficiente per alimentare termicamente le caldaie di evaporazione delle acque boriche.

Quando i sali borici erano precipitati, contenevano una grande quantità di acqua, per eliminare la quale veniva utilizzato, in un primo tempo, un **torchio a pressione** ed in seguito una **centrifuga a vapore**, che sfruttando la pressione del vapore faceva girare velocemente un cestello nel quale venivano immessi i sali borici. Questi, ancora umidi, venivano fatti asciugare nei cosiddetti terrazzi, cioè grandi stanze sotto il pavimento delle quali circolava il vapore, il pavimento era caldo e stendendo il sale borico su questo, si asciugava ed era pronto per essere spedito.

La forza del vapore veniva utilizzata anche per pompare le acque boriche da un punto ad un altro della fabbrica, e dalla parte bassa terminale delle caldaie di evaporazione alla parte alta delle stesse, utilizzando **pompe a cavallino** mosse da vapore in pressione.

La pressione del vapore veniva utilizzata per estrarre le acque boriche, da piccoli fori fatti per captare una maggiore quantità di acqua borica, alimentando delle macchine chiamate **pressatori**.

Attualmente a Larderello l'acido borico viene prodotto utilizzando un minerale di boro, chiamato **Colemanite**, che viene importato dalla Turchia e dall'Argentina.

ATTIVITA' DI PERFORAZIONE

La perforazione iniziò nel 1828, ed aveva lo scopo di reperire una maggiore quantità di acque boriche, solo in un secondo momento si perforò per disporre di sempre maggiori quantità di vapore ad alta temperatura e pressione per produrre energia elettrica.

Le prime macchine di perforazione venivano costruite nelle officine di Larderello e avevano la torre costruita in legno, come sono riprodotte nel **plastico**.

La percussione veniva data dagli operai usando argani a mano, come quello esposto, e scalpelli a taglio che venivano girati manualmente.

Dopo alcuni anni venne rialzato il piano di lavoro per evitare che gli operai fossero esposti a ustioni, a causa dell'acqua bollente o del vapore che fuoriusciva.

Le aste di perforazione erano di ferro e già si usavano attrezzi per il recupero delle aste che si fossero rotte in pozzo, carotieri per la perforazione a carotaggio continuo, collari per tubazioni ed altri attrezzi esposti.

Agli inizi del 1900 si utilizzò la forza del vapore per muovere un argano a vapore che meccanicamente dava la percussione, sostituendo la forza dell'uomo.

Ciò permise di aumentare considerevolmente la profondità delle perforazioni e di reperire maggiori quantità di vapore, necessarie per il funzionamento delle nuove centrali elettriche.

Nei primi anni del 1920 si iniziò ad utilizzare le prime macchine per la perforazione a rotazione, con tavola rotary azionata da motore elettrico, ed aste di perforazione cave per la circolazione del fango.

Nel 1931 un sondaggio, riuscì a raggiungere la roccia serbatoio, erogando circa 220 tonnellate/ora di vapore a 200° C con pressione di 4.5 Ata, denominato Soffionissimo, creando notevoli problemi tecnici, risolti i quali, si ebbe la possibilità di disporre di notevoli quantità di fluido ad alta pressione e temperatura, dando impulso allo sviluppo delle attività di produzione di energia elettrica, che relegarono in secondo piano le attività chimiche.

Dopo gli eventi bellici degli anni '40 sono state utilizzate macchine di perforazione a rotazione, usate anche per ricerca petrolifera, opportunamente adattate alle ricerche geotermiche.

La perforazione geotermica ha bisogno di pozzi a grande diametro e le alte temperature che si incontrano, oltre 400° C, creano problemi ai materiali impiegati.

Gli attuali pozzi di perforazione hanno raggiunto la profondità massima di 5000 metri.

ATTIVITA' ELETTRICHE

Nel 1904 il Principe Ginori-Conti riuscì a trasformare la forza del vapore in energia elettrica accendendo le prime 5 lampadine e nel 1905 venne fornita energia elettrica per l'illuminazione della fabbrica e del paese di Larderello.

Nel 1915 entrò in esercizio la centrale N. 1 di Larderello con due gruppi da 2570 KW di potenza, le torri di raffreddamento erano in legno come quelle dei modelli esposti.

Poiché il vapore era umido se era immesso direttamente in turbina provocava corrosione ed incrostazioni, quindi il vapore naturale cedeva il calore ad un fluido secondario, costituito da acqua pura, che in uno scambiatore di calore si trasformava in vapore che veniva immesso in turbina.

Il turbo alternatore esposto risale al 1923, ed era una macchina sperimentale che produceva 23 KW. Dopo le distruzioni belliche fu ritrovato e allacciato ad un soffione, riprese a funzionare e fornì energia elettrica per la saldatura elettrica dei turboalternatori danneggiati della centrale N. 2 che dopo appena un mese dal passaggio del fronte ripresero a produrre e fornirono la prima energia elettrica per la rete nazionale.

Dopo l'esplosione del Soffionissimo del 1931, iniziò il rapido sviluppo della produzione dell'energia elettrica, grazie alla notevole potenza dei nuovi soffioni, passando dai 14 MW installati nel 1933, ai 66 MW del 1939.

Nel 1937 furono costruite le prime torri di raffreddamento in cemento armato, che sostituirono quelle di legno.

Nelle vetrine situate sull'anello interno della cupola sono esposti vari strumenti elettrici di misura.

Dopo la guerra, le centrali elettriche furono ricostruite, e poiché il vapore era surriscaldato di circa 30° C rispetto alla curva di vaporizzazione, e non incrostante, le turbine delle nuove centrali vennero alimentate direttamente dal vapore proveniente dal sottosuolo, abbandonando il sistema di alimentazione con vapore secondario.

Riflessioni degli allievi sulla visita

Fabio A.: Non mi aspettavo di vedere una cosa così brutta, c'erano tubi dappertutto. La cosa più bella che ho visto è stato il pozzo profondo 150 m che ci hanno aperto e da dove è uscito il vapore.

Enrico C.: Avendo visto anche la centrale idroelettrica di Bargi (Uscita didattica dello scorso anno scolastico), posso dire che l'impatto ambientale della centrale di Larderello per me è inferiore, infatti a Larderello ci sono solo dei tubi utilizzati per il trasporto del vapore e sei torri di raffreddamento che però non sono più utilizzate, invece a Bargi c'era oltre alla centrale vi era anche un lago artificiale che ha riempito una valle.

Massimiliano G.: Mi hanno colpito particolarmente i vaporodotti che si estendono per centinaia di Km e che creano un grosso impatto ambientale, interessante anche il pozzo che rilasciava vapore a sole "2" atmosfere.

Gian Luca L.: Mi hanno colpito i tantissimi tubi che c'erano ovunque e anche le grosse torri di raffreddamento. Mi è rimasto molto impresso anche il getto di vapore che usciva dal pozzo.

Marco.: Quello che mi ha colpito maggiormente è stato vedere un paese intero pieno di tubi, inoltre molto brutte sono anche le vecchie torri di raffreddamento in disuso. Bello il soffione.

Mario C. R. : Il paesaggio di Larderello è caratterizzato dai tanti tubi che ricoprono tutta la valle e i monti circostanti. La centrale produce 120 MW e

non vi è neanche un operaio che lavora all'interno della centrale. Interessante anche la parte storica che ci è stata raccontata dalla nostra guida sulle origini del complesso di Larderello.

Salvatore T.: La centrale per me, come impatto ambientale, colpisce molto, infatti vedere tutti quei tubi in mezzo a quel paesaggio verde è molto brutto. Molto brutte anche le vecchie torri di raffreddamento alte 70 m.

Nicola U.: Ritengo che tutti quei tubi abbiano rovinato il paesaggio circostante alla centrale. Bello anche se molto rumoroso il soffione boracifero che abbiamo visto.

Gian Luca Z.: La vallata era piena di tubi da tutte le parti. Una cosa che mi ha colpito è il fatto che dentro alla centrale non vi fosse del personale, infatti le uniche persone che abbiamo visto all'interno della centrale stavano solo effettuando della manutenzione, questo perché tutta la centrale è gestita con un telecontrollo da una sala operativa principale. Interessante anche aver visto una vecchia turbina a vapore con le sue numerosissime palette piccole.