



# Energia pulita l'energia che serve

Campagna di informazione,  
comunicazione ed educazione  
a sostegno delle fonti  
rinnovabili, del risparmio  
e dell'uso efficiente  
dell'energia



*Ministero delle Attività Produttive*



*Ministero dell'Ambiente  
e della Tutela del Territorio*



**APAT**  
Agenzia per la protezione dell'ambiente  
e per i servizi tecnici

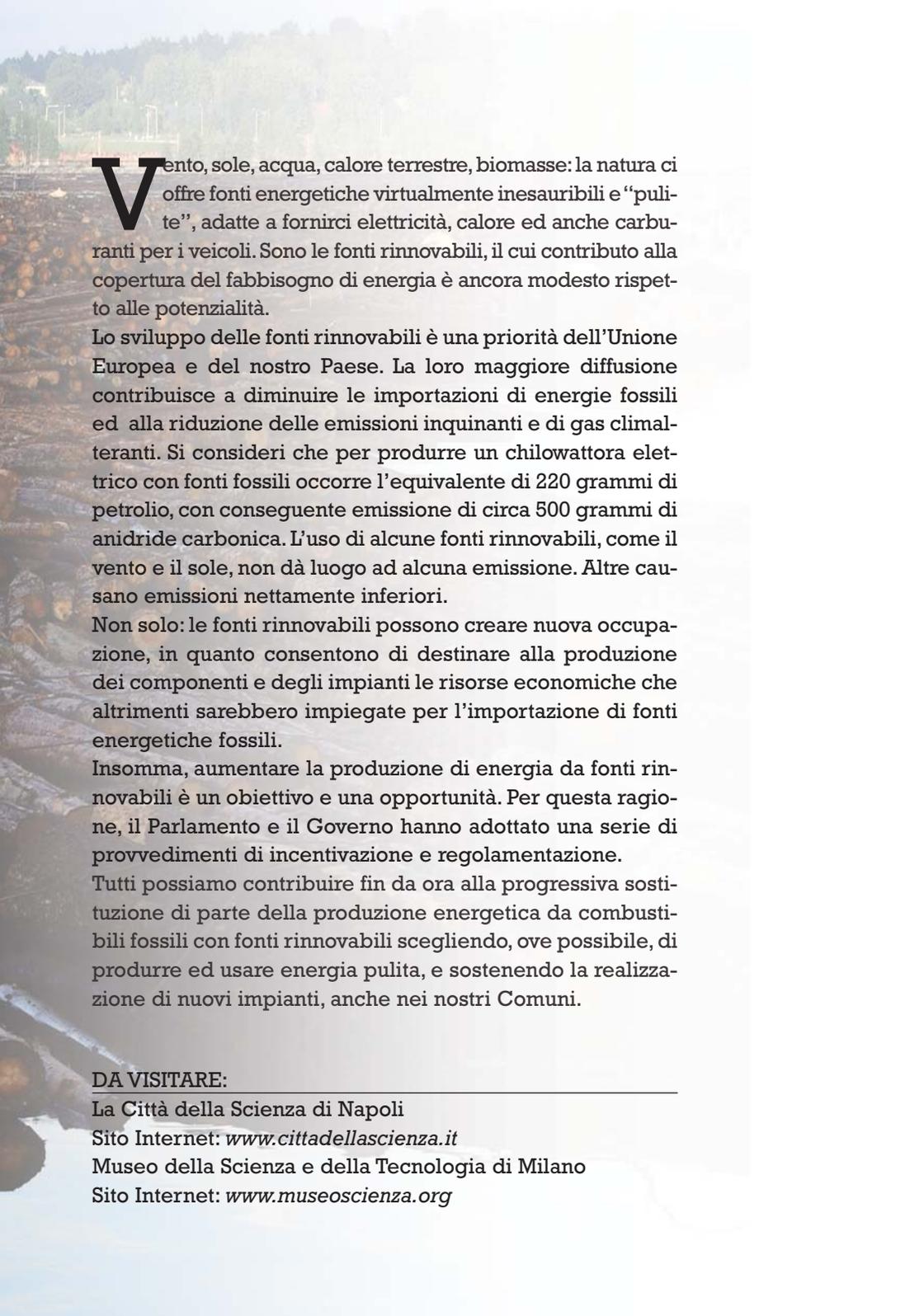
 Renael



*...perchè il respiro della vita  
è nella luce solare*

*e la mano della vita  
è nel vento...*

*(Kahlil Gibran)*



**V**ento, sole, acqua, calore terrestre, biomasse: la natura ci offre fonti energetiche virtualmente inesauribili e “pulite”, adatte a fornirci elettricità, calore ed anche carburanti per i veicoli. Sono le fonti rinnovabili, il cui contributo alla copertura del fabbisogno di energia è ancora modesto rispetto alle potenzialità.

Lo sviluppo delle fonti rinnovabili è una priorità dell’Unione Europea e del nostro Paese. La loro maggiore diffusione contribuisce a diminuire le importazioni di energie fossili ed alla riduzione delle emissioni inquinanti e di gas climalteranti. Si consideri che per produrre un chilowattora elettrico con fonti fossili occorre l’equivalente di 220 grammi di petrolio, con conseguente emissione di circa 500 grammi di anidride carbonica. L’uso di alcune fonti rinnovabili, come il vento e il sole, non dà luogo ad alcuna emissione. Altre causano emissioni nettamente inferiori.

Non solo: le fonti rinnovabili possono creare nuova occupazione, in quanto consentono di destinare alla produzione dei componenti e degli impianti le risorse economiche che altrimenti sarebbero impiegate per l’importazione di fonti energetiche fossili.

Insomma, aumentare la produzione di energia da fonti rinnovabili è un obiettivo e una opportunità. Per questa ragione, il Parlamento e il Governo hanno adottato una serie di provvedimenti di incentivazione e regolamentazione.

Tutti possiamo contribuire fin da ora alla progressiva sostituzione di parte della produzione energetica da combustibili fossili con fonti rinnovabili scegliendo, ove possibile, di produrre ed usare energia pulita, e sostenendo la realizzazione di nuovi impianti, anche nei nostri Comuni.

#### DA VISITARE:

---

La Città della Scienza di Napoli

Sito Internet: [www.cittadellascienza.it](http://www.cittadellascienza.it)

Museo della Scienza e della Tecnologia di Milano

Sito Internet: [www.museoscienza.org](http://www.museoscienza.org)

Il vento è una fonte rinnovabile utilizzata dall'uomo da secoli, ad esempio per il trasporto marittimo, per far girare le macine dei mulini o per azionare pompe idrauliche.

I moderni generatori eolici, o aerogeneratori, sono macchine che convertono direttamente l'energia cinetica del vento in energia elettrica.

I Paesi europei all'avanguardia sono la Germania, con oltre 17.000 Megawatt di potenza installata, la Spagna con 8.500 Megawatt e la Danimarca, che con la fonte eolica copre circa il 20% del proprio fabbisogno di energia elettrica (dati riferiti a metà 2005).

In Italia sono installati impianti solo per 1.500 Megawatt, che producono meno dell'1% dell'energia elettrica richiesta.

L'obiettivo è di raddoppiare la potenza degli impianti entro il 2010.

## LA TECNOLOGIA E LE APPLICAZIONI

L'energia del vento viene convertita in energia elettrica con una macchina chiamata aerogeneratore, costituito da un pilone sul quale è posizionata la girante, usualmente formata da tre pale. La girante, azionata dal vento, trasmette il movimento a un generatore di energia elettrica. La tipologia di aerogeneratore oggi più diffusa ha un pilone alto fino a 50 metri e una girante di diametro variabile da 40 a 60 metri. Erega una potenza compresa tra 800 e 2000 kilowatt ed è in grado di coprire il fabbisogno di energia elettrica di 800-2000 famiglie. Gli impianti eolici sono solitamente costituiti da più aerogeneratori, che immettono l'elettricità prodotta nella rete elettrica.

Sono presenti sul mercato anche aerogeneratori di potenza e dimensioni più contenute, adatti per soddisfare le necessità di singole utenze.

Un aerogeneratore opera a seconda della forza e della continuità del vento: è fermo quando la velocità del vento è inferiore a 4 metri al secondo, produce potenza crescente con vento fino a 20 metri al secondo.

Al di sopra di tale velocità viene messo fuori servizio per ragioni di sicurezza.

## BENEFICI E IMPATTO AMBIENTALE

La produzione di energia dal vento non dà luogo ad alcuna emissione in atmosfera.

Talune preoccupazioni sono connesse all'impatto visivo degli impianti eolici.

È tuttavia possibile governare il problema con un accorto inserimento degli aerogeneratori nel paesaggio. Per questi scopi sono



disponibili strumenti quali la valutazione di impatto ambientale, effettuata dalla regione interessata e l'individuazione di criteri per il corretto inserimento degli impianti nel paesaggio. Sono inoltre disponibili sofisticati strumenti che consentono di simulare come l'impianto può essere integrato al meglio nel paesaggio. Altri aspetti ambientali riguardano le emissioni acustiche, le possibili interferenze elettromagnetiche e il disturbo all'avifauna stanziale e migratoria. Si tratta comunque di elementi che trovano adeguate soluzioni nella fase di progettazione e autorizzazione alla costruzione dell'impianto.

Il processo di diffusione dell'eolico in Italia ha portato sinora alla creazione di circa 3.000 nuovi posti di lavoro, soprattutto nelle regioni del Mezzogiorno, più ricche della risorsa vento.

## I COSTI

L'energia eolica è una delle fonti rinnovabili più convenienti. Il costo degli impianti realizzati con aerogeneratori di 800-2000 kilowatt è compreso fra 900 e 1.200 euro per ogni kilowatt di potenza installata. Gli impianti che impiegano macchine di piccola taglia costano invece nell'ordine dei 1.500-2.500 euro per ogni kilowatt di potenza installata a causa del minore sviluppo del mercato.

### L'energia eolica: cenni storici

Sfruttare il vento per produrre energia è un sistema adottato sin dall'antichità. Ma impiegarlo per generare energia elettrica è una conquista dell'era contemporanea. Se pensiamo a quello che l'uomo è riuscito a fare con la forza del vento la prima immagine sono le barche a vela e i mulini. Si parte da molto lontano. Già nel 1700 a.C. in Mesopotamia le popolazioni costruirono le prime giranti eoliche per macinare i cereali e per molti secoli questi mulini a vento furono utilizzati per il grano o le olive. Grande diffusione ebbero in particolare nei Paesi Bassi fra il 1700 e il 1800. Negli Stati Uniti i cosiddetti "Westernmill", molto sfruttati nella cinematografia western americana, erano utilizzati come pompe dell'acqua per le prime industrie che allora nascevano. Con la costruzione nel 1887-88 a Cleveland (Ohio) del primo impianto eolico ad opera dell'americano Charles F. Brush iniziò la produzione di elettricità sfruttando il vento. Dopo la crisi petrolifera del 1973 in Europa si è avuto il vero boom della costruzione di impianti eolici, in particolare in Danimarca, e in tutti quei paesi caratterizzati da vento forte e costante come, appunto, quelli del Mar del Nord.

# L'energia solare: il solare termico

L'energia solare può essere sfruttata in due modi fondamentali: per la produzione di acqua calda, utilizzando gli impianti solari termici, o per la produzione di energia elettrica, principalmente mediante gli impianti solari fotovoltaici.

## **SOLARE TERMICO**

L'impiego della radiazione solare per la produzione di acqua calda è molto diffuso in diversi Paesi europei, come la Germania, la Grecia e Cipro. Il nostro Paese, pur favorito da un ottimo livello di radiazione solare, non ha ancora adeguatamente sviluppato l'uso di tale fonte.

## **LA TECNOLOGIA E LE APPLICAZIONI**

L'elemento fondamentale della tecnologia del solare termico è il "collettore solare", costituito da una piastra con una o più coperture trasparenti, in grado di captare la radiazione solare. Il collettore trasmette l'energia termica acquisita dalla radiazione solare al fluido, generalmente acqua, che viene indirizzato verso un accumulatore termico (serbatoio).

I collettori solari sono impiegati principalmente per il riscaldamento dell'acqua per usi domestici, sanitari e in applicazioni particolari, come il riscaldamento dell'acqua delle piscine.

Poiché l'energia solare è una fonte discontinua, i collettori vengono solitamente impiegati ad integrazione dei tradizionali impianti di generazione di calore.

*In tabella si riportano alcuni esempi di dimensionamento per la produzione di acqua calda sanitaria a uso domestico.*

N° persone	Collettori	Accumulo
<b>Da 1 a 3</b>	<b>da 2 a 2,5 m<sup>2</sup></b>	<b>da 130 a 150 litri</b>
<b>Da 3 a 5</b>	<b>da 3,5 a 5 m<sup>2</sup></b>	<b>da 200 a 300 litri</b>
<b>Da 6 a 8</b>	<b>da 5,5 a 8 m<sup>2</sup></b>	<b>da 350 a 450 litri</b>

### Consiglio

Le piscine (e le docce) si possono riscaldare grazie al sole e in modo molto efficace. È un'applicazione ideale per il solare termico, perché la piscina non necessita di un riscaldamento a temperature molto alte, ma è sufficiente raggiungere i 24-26°C.

### BENEFICI E IMPATTO AMBIENTALE

L'impiego dei collettori solari non provoca alcun tipo di emissione in atmosfera.

L'unico impatto ambientale dei collettori solari termici è quello visivo, che può essere ridotto quando la loro installazione viene programmata già in fase di progettazione degli edifici. In tal caso, i collettori possono essere installati o integrati nelle coperture delle strutture che li utilizzano.

### I COSTI

I costi dei collettori solari possono variare sensibilmente in funzione della tecnologia e del conseguente rendimento: si passa dai 400 euro per metro quadrato fino ad arrivare ai 1.000 euro per metro quadrato. La scelta è spesso determinata dalla superficie disponibile.

Una famiglia di 4 persone che consuma 50÷60 litri di acqua calda a persona ogni giorno spende circa 550 euro per riscaldare l'acqua con energia elettrica e circa 400 euro se la scalda con caldaia a metano. Se l'impianto solare integra la caldaia per il 60÷70%, il risparmio annuo oscilla tra 250 e 400 euro, che consente di ammortare in 6-8 anni il costo dell'impianto solare.



## **SOLARE FOTOVOLTAICO**

L'uso della radiazione solare per la produzione di energia elettrica ha mosso i primi passi negli anni '50 per l'impiego nello spazio. Successivamente, è iniziato lo sviluppo di tecnologie meno costose per le applicazioni sulla Terra. Ottimi risultati sono stati raggiunti in Giappone e in Germania. L'Italia ha avviato politiche di sviluppo negli anni '80. Dopo una fase di stasi, un decisivo impulso al settore è stato dato da un recente provvedimento dei Ministri delle attività produttive e dell'ambiente.

## **LA TECNOLOGIA E LE APPLICAZIONI**

Il funzionamento dei dispositivi fotovoltaici si basa sulla capacità di alcuni materiali semiconduttori, solitamente a base di silicio, di convertire l'energia della radiazione solare in energia elettrica in corrente continua. L'elemento base di questa tecnologia è la cella fotovoltaica che è in grado di produrre circa 1,5 Watt in pieno sole. Tale tecnologia è modulare: collegando infatti più celle si ottengono i cosiddetti moduli fotovoltaici; collegando opportunamente più moduli si ottengono impianti della potenza desiderata.

Gli impianti fotovoltaici possono essere distinti in due tipologie fondamentali:

- *Impianti connessi alla rete elettrica.* L'elettricità prodotta può essere in parte consumata e in parte ceduta alla rete elettrica, dalla quale può di nuovo essere prelevata di notte e quando il fabbisogno supera la produzione. Non hanno necessità di sistemi di accumulo ma di un "inverter", che trasforma la corrente continua prodotta dai moduli in corrente alternata.
- *Sistemi autonomi.* Dotati di un dispositivo di accumulo (batterie), vengono utilizzati per fornire energia elettrica a unità abitative, o altre utenze isolate, difficilmente collegabili alla rete perché situate in aree poco accessibili e che necessitano di coprire autonomamente l'intero fabbisogno elettrico. Vengono inoltre usati per alimentare apparecchiature isolate come lampioni stradali e stazioni meteo.

## **BENEFICI E IMPATTO AMBIENTALE**

I benefici ambientali ottenibili dall'adozione di sistemi fotovoltaici sono riconducibili all'eliminazione delle emissioni in atmosfera derivanti, invece, dall'uso delle fonti convenzionali fossili.

L'impatto ambientale è rappresentato dall'occupazione di super-

ficie e dal possibile impatto visivo. Entrambi gli effetti possono essere fortemente attenuati mediante l'integrazione dei moduli nelle strutture edilizie, opzione per la quale la tecnologia fotovoltaica è particolarmente adatta.

## I COSTI

Il costo di un impianto fotovoltaico connesso alla rete elettrica oscilla dai 5.000 ai 7.000 euro per ogni kilowatt di potenza. Si tratta di un costo ancora elevato, che può essere sostenuto solo in presenza di adeguati incentivi.

Tenuto conto del rilievo strategico e industriale del solare fotovoltaico, i Ministri delle attività produttive e dell'ambiente hanno introdotto, per la prima volta in Italia, un meccanismo di incentivazione, il cosiddetto "conto energia", che valorizza l'energia elettrica prodotta dagli impianti fotovoltaici connessi alla rete elettrica. Gli incentivi consistono in un premio su ogni kilowattora prodotto, riconosciuto per 20 anni. Il valore di questo premio è riportato nella tabella seguente.

Entità degli incentivi per energia prodotta da fotovoltaico  
(per le domande presentate negli anni 2005 e 2006):

Potenza impianti

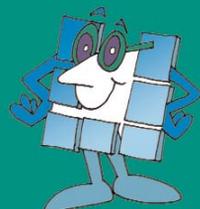
da 1 a 20 kW	0,445 €/kWh
da 20 kW a 50 kW	0,460 €/kWh
da 50 kW a 1.000 kW	0,490 €/kWh

(valore massimo soggetto a ribasso in base a una gara)

Da osservare che all'incentivo riportato nella tabella si aggiunge, per gli impianti fino a 20 kilowatt, il risparmio conseguente all'uso diretto dell'energia prodotta e, per gli impianti di potenza superiore, il ricavo dalla vendita dell'energia.

## CURIOSITÀ

La storia ci racconta che il primo moderno strumento per catturare l'energia solare fu costruito nel 18° secolo dallo scienziato svizzero Horace Benedict de Saussure: era costituito da una scatola di legno coperta da un vetro, che riusciva a immagazzinare le radiazioni. Nel secolo successivo Sir John Herschel utilizzava lo stesso sistema per cucinare i cibi durante i suoi viaggi nell'Africa australe.



“Biomassa” è un termine che riunisce una gran quantità di materiali di origine vegetale e animale, di natura estremamente eterogenea. La biomassa utilizzabile ai fini energetici comprende tutte quelle sostanze organiche che possono essere utilizzate direttamente come combustibili o che possono essere trasformate in bio-combustibili solidi, liquidi o gassosi.

La biomassa rappresenta una forma naturale di accumulo di energia solare. Questa, infatti, consente alle piante di convertire, durante la loro crescita, l’anidride carbonica atmosferica in materia organica, tramite il processo di fotosintesi.

## LA TECNOLOGIA E LE APPLICAZIONI

La biomassa può essere utilizzata direttamente, tramite combustione, o indirettamente come materia prima per la produzione di bio-combustibili.

- *Uso diretto*: le principali applicazioni sono quelle connesse a all’uso di caldaie per la produzione di energia termica o di sistemi per la produzione combinata di energia termica ed energia elettrica.
- *Uso indiretto*: la biomassa, in questo caso, costituisce la materia prima per ottenere, attraverso adeguati processi di trasformazione, vari bio-combustibili (biodiesel, etanolo, olio vegetale, metano, etc.).

Tra le varie tecnologie di conversione energetica delle biomasse alcune possono considerarsi giunte a un livello di sviluppo tale da consentirne l’utilizzazione su scala industriale, altre necessitano invece di ulteriore sperimentazione al fine di aumentare i rendimenti e ridurre i costi di conversione energetica.

## I BENEFICI E L’IMPATTO AMBIENTALE

Lo sfruttamento a fini energetici delle biomasse può assumere un ruolo strategico, contribuendo a uno sviluppo sostenibile ed equilibrato del pianeta.

Un impiego diffuso può, infatti, comportare notevoli ricadute positive a livello economico, ambientale e occupazionale attraverso:

- l’incentivazione della manutenzione dei boschi, attraverso la valorizzazione di residui agroforestali;
- la creazione di nuove opportunità di sviluppo per zone marginali e la riduzione di surplus agricoli, con sostituzione di colture

- tradizionali con “colture energetiche” dedicate;
- l'utilizzo di residui di lavorazione di prodotti agricoli;

La biomassa è una risorsa ampiamente disponibile, pulita e rinnovabile. L'utilizzazione delle biomasse locali per fini energetici è considerata ad impatto nullo sull'effetto serra, poiché la quantità di anidride carbonica emessa risulta equivalente a quella assorbita durante la crescita della biomassa stessa.

Meritevoli di attenzione sono invece i problemi connessi al controllo dei fumi negli impianti di combustione e di gestione delle infrastrutture necessarie per il trasporto e il trattamento delle biomasse.

## I COSTI

I costi degli impianti variano a seconda della tecnologia e della forma di energia utile prodotta (elettricità, calore o biocombustibili). In genere, comunque, l'energia prodotta ha un costo sensibilmente più elevato dell'energia prodotta con l'impiego di combustibili fossili. Per tale ragione, il Governo ha introdotto incentivi di diversa natura, finalizzati a sostenere tutte le possibili produzioni energetiche da biomasse.

### Dalla scoperta del fuoco...

Nel momento in cui l'uomo primitivo scoprì il fuoco, bruciando dei pezzi di legno, era già iniziato l'utilizzo delle biomasse. Quando si parla di biomasse, infatti, si intende soprattutto il legname, gli scarti di natura agricola, altri vegetali, rifiuti animali e l'alcol derivato dai cereali. A livello globale l'energia derivante dalle biomasse è seconda per importanza dopo i combustibili fossili, e rappresenta il 10% del totale dell'energia prodotta. Tale risorsa rinnovabile, però, è utilizzata soprattutto nei Paesi in via di sviluppo come combustibile per produrre energia termica.



Varie sono le forme con le quali l'acqua ci offre energia: è possibile, in principio, sfruttare l'energia delle onde, delle maree, delle correnti marine. Tuttavia, una sola forma di energia dell'acqua ha assunto sinora rilievo. Si tratta dell'energia cinetica delle acque della superficie terrestre, che può essere convertita in energia elettrica mediante apposite turbine idrauliche (energia idroelettrica).

Oggi l'energia idraulica è la principale fonte nazionale per la produzione di elettricità, con una potenza installata di circa 17.000 Megawatt e una produzione annua che oscilla intorno ai 45 miliardi di kilowattora.

### **L'IDROELETTRICO NELLA STORIA**

L'impiego dell'energia proveniente dall'acqua ha una storia molto antica in quanto l'uomo, prima della scoperta dei combustibili fossili, ne ha da sempre utilizzato la forza per creare energia. I Romani sfruttavano la forza esercitata dalla corrente dei fiumi per far funzionare le pale che azionavano le macine dei mulini. Di questo è rimasta testimonianza in un calco a forma di ruota idraulica impresso in una stratificazione di travertino: l'impronta era quella di una ruota idraulica di 2000 anni fa! A distanza di un millennio un censimento commissionato dall'imperatore Guglielmo I all'inizio dell'anno 1000 documenta la presenza di più di 5000 mulini ad acqua nella sola Inghilterra. Nelle prime fabbriche dell'età moderna tali mulini consentivano il lavoro di macinazione del grano, degli artigiani tessili, delle segherie, dei conciatori e dei maniscalchi.

Con l'avvento dell'energia elettrica si avviarono progetti che catturavano l'acqua con dighe e bacini e la convogliavano verso moderne ruote, le turbine idrauliche.

### **Da visitare: Museo dell'energia idroelettrica**

#### **Montereale Valcellina, Pordenone**

La costruzione della centrale risale al 1905 ed è stata adibita a museo. All'interno una mostra fotografica illustra il passato industriale legato all'utilizzo dell'energia idroelettrica e vi si conservano turbine, alternatori, trasformatori e altri macchinari del tempo. Oltre ad avere uno specifico interesse architettonico, la conservazione di questa struttura risponde all'esigenza di valorizzare la fiorente storia industriale italiana, che grazie a questa iniziativa può arricchirsi di fonti documentarie originali.

Il primo impianto idroelettrico italiano è stato costruito alla fine del 1800. Fino al 1960 l'acqua è stata la principale fonte per la produzione di elettricità, superata poi dai combustibili fossili, resisi necessari a seguito del boom economico.

---

### **NON SOLO DIGHE E BACINI**

L'utilizzazione di questa risorsa attraverso la costruzione di grandi impianti idraulici ha raggiunto in Europa il massimo livello, ma restano ancora diverse opportunità connesse all'impiego di impianti di piccola dimensione, che sfruttano la corrente di un fiume o di un canale.

Gli impianti di piccola dimensione, inoltre, possono apportare benefici ai corsi d'acqua in termini di regolarizzazione del flusso dei corpi idrici a carattere torrentizio, soprattutto nelle aree montane degradate o dal suolo dissestato, concorrendo efficacemente alla salvaguardia del territorio.

Attenzione va comunque prestata agli effetti ecologici connessi alla eventuale sottrazione di acqua dai corpi idrici.

---

### **ENERGIA DAL MARE**

In linea di principio è possibile convertire almeno quattro tipi di energia presenti nel mare: quelle delle correnti, delle onde, delle maree e del gradiente termico.

Attualmente esiste solo un impianto per lo sfruttamento delle maree, in Francia, mentre sono in corso esperimenti per lo sfruttamento del potenziale energetico delle onde nel Regno Unito e in Giappone, e del gradiente termico negli Stati Uniti. L'Unione Europea ha di recente concluso uno studio che identifica circa 100 siti suscettibili di essere utilizzati per la produzione di energia elettrica dalle correnti marine; tra questi lo stretto di Messina è stato identificato tra i siti più promettenti.



# Calore terrestre o geotermia

Lo sfruttamento del calore proveniente dal sottosuolo (calore geotermico) è noto dall'antichità. I Romani facevano ampio uso di tale calore, ad esempio nelle terme.

L'uso del calore geotermico per la produzione di elettricità e calore ha avuto inizio ai primi del 1900. L'Italia ha avuto un ruolo pionieristico, con la realizzazione dei primi impianti in Toscana. Ancora oggi l'Italia è all'avanguardia, con una potenza installata di circa 700 Megawatt e una produzione annua che rasenta i 5 miliardi di kilowattora. In alcune aree, ove la temperatura del fluido proveniente dal sottosuolo è troppo bassa per produrre elettricità, lo stesso fluido viene impiegato per riscaldare case ed ambienti.

La temperatura all'interno del nostro pianeta aumenta con la profondità, di circa 3 gradi centigradi ogni 100 metri. Si calcola che solo l'energia contenuta nei primi 2-3 chilometri di crosta terrestre sia superiore a quella ottenibile dai giacimenti di combustibili fossili.

Purtroppo gran parte di questa energia non è utilizzabile in quanto si manifesta, alla superficie, sotto forme violente (si pensi alle eruzioni vulcaniche).

Sebbene, comunque, il potenziale residuo sfruttabile con le attuali tecnologie sia, nel nostro Paese, in via di esaurimento, progressi sono possibili con lo sviluppo di nuove tecnologie e l'affinamento delle tecniche di esplorazione del sottosuolo.

Ulteriori sviluppi tecnologici rendono accessibile l'impiego di calore a bassa temperatura proveniente da strati poco profondi della crosta terrestre, ad esempio con le "pompe di calore geotermiche", che sfruttano la differenza di temperatura fra la superficie e il terreno a media profondità (da 200 a 300 m).

## Curiosità: il geotermico nel mondo

Molteplici sono gli utilizzi di questa energia rinnovabile.

In Nuova Zelanda il calore geotermico si usa anche per l'essiccazione del legname; in Islanda ha un vasto uso, fra cui per applicazioni industriali, per l'industria del pesce e le coltivazioni in serra; in USA e Giappone per l'allevamento di alligatori; in Italia anche per il riscaldamento di ambienti.

## Da visitare

Museo della Geotermia di Larderello (PI) e alcune installazioni situate nella zona.

