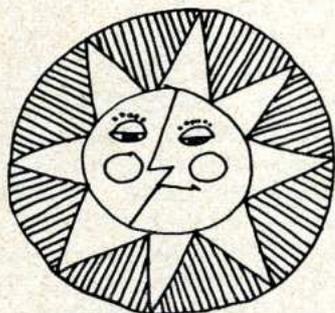


Suppl. Bollettino « Italia Nostra », n. 174, aprile 1979 - Pubblicazione mensile - Registrazione del Tribunale di Roma n. 5683 del 6-III-1957 - Spedizione in abbonamento postale gr. III (70%) - Direttore responsabile: SERENA MADONNA - Direzione e Amministrazione: Corso Vittorio Emanuele II, 287 - 00186 Roma.



Il fuoco d'oro

L'energia solare e le fonti energetiche rinnovabili

Appello di « Italia Nostra » per la giornata del Sole

In occasione del 23 giugno 1979, giornata internazionale del Sole, l'Associazione « Italia Nostra » lancia un appello perché lo sviluppo futuro dell'energia in Italia rivolga attenzione prioritaria alle fonti di energia rinnovabili che tutte derivano dal Sole, primo grande motore di ogni forma di energia sul pianeta Terra. L'energia derivante dal Sole si manifesta in numerose forme: come energia solare usabile direttamente come radiazione o fissata come biomassa vegetale, come energia del vento e del moto ondoso, come energia idrica e come energia ricavabile dalla differenza di temperatura fra gli strati superficiali e profondi dei mari.

« Italia Nostra » raccomanda che le azioni dirette all'uso dell'energia del Sole in tali varie forme tengano conto degli effetti diretti e indiretti sulla natura e sull'ambiente in modo da evitare danni, degradazione delle risorse naturali e del paesaggio.

« Italia Nostra » chiede inoltre che i vari processi di utilizzazione dell'energia derivante dal Sole evitino le spinte consumistiche ed offrano una reale occasione di sviluppo sociale, soprattutto per le comunità isolate e sottosviluppate e per coloro che hanno meno energia.

« Italia Nostra » riconosce nell'energia ricavata direttamente o indirettamente dal Sole una forma di energia non appropriabile da Stati, monopoli o privati e quindi a dimensione umana, usabile in strutture decentrate.

« Italia Nostra » riconosce nel Sole e nelle prospettive razionali — scientifiche e industriali — della sua utilizzazione un impegno di ricerca, un'occasione per nuovi posti di lavoro, un motivo di speranza nell'avvento di una società neotecnica, razionale e con minori sprechi rispetto all'attuale.

1. Verso un futuro neotecnico basato sull'energia solare

Il 23 giugno 1979 è stato proclamato « giorno europeo del Sole », un evento che fa seguito alla giornata mondiale del Sole proclamata per il 3 maggio nello scorso anno 1978.

Le « giornate del Sole » vogliono richiamare l'attenzione dell'opinione pubblica, dei pubblici amministratori e degli industriali sulle fantastiche prospettive implicite nell'uso della più importante fra le fonti di energia disponibili sul pianeta Terra. Rispetto, infatti, a circa 260 EJ (1) di energia consumata dai terrestri sotto forma di petrolio, carbone, gas naturale, energia idroelettrica e nucleare, il Sole fa arrivare sulla superficie del nostro pianeta circa 3.300.000 EJ di energia ogni anno, un milione di EJ all'anno sulla superficie delle terre emerse.

L'energia del Sole è alla base, direttamente o indirettamente, di tutte le energie disponibili sulla Terra. L'energia del Sole tiene in moto, attraverso l'atmosfera, ogni anno 400.000 miliardi di metri cubi di acqua che evaporano dagli oceani e dai continenti e ricadono lontano, sotto forma di pioggia, sulla superficie dei mari e delle terre emerse. 100.000 miliardi di metri cubi di quest'acqua scorrono sulla superficie dei continenti e ritornano al mare fornendo acqua agli esseri umani e, in parte, anche energia idrica e idroelettrica.

L'energia del Sole, scaldando diversamente le varie parti della superficie della Terra, mette in moto grandi masse d'aria che originano i venti, e, di conseguenza, il moto ondoso.

L'energia del Sole, attraverso la fotosintesi, « fabbrica » ogni anno, sulla superficie della Terra, circa 150 miliardi di tonnellate di sostanze organiche.

Si sono formate proprio in questo modo, da 200 a 100 milioni di anni fa, le sostanze organiche che si sono trasformate, in migliaia di secoli, nei combustibili fossili — carbone, petrolio, gas naturale — che costituiscono la quasi totalità delle fonti energetiche utilizzate attualmente e di cui esistono riserve pari a circa 300.000 EJ.

Vi è una sola differenza. L'uso delle fonti di energia fossili comporta l'estrazione, dalle viscere della Terra, di risorse energetiche formatesi in tempi lontanissimi, accumulate e *non rinnovabili*; tali fonti di energia, una volta bruciate e consumate, non si formeranno più.

Se invece ci si rivolge al Sole nelle sue varie forme — calore e radiazione, vento e moto ondoso, sostanze organiche fissate attraverso la fotosintesi nella biomassa vegetale — si usano delle risorse energetiche inesauribili, *rinnovabili*, che cioè ogni anno tornano ad essere disponibili proprio perché sono legate ai grandi cicli naturali.

(1) L'unità di misura dell'energia nel Sistema Internazionale è il joule (J). 1 EJ (exajoule) equivale a un miliardo di miliardi di J, cioè alla quantità di energia « contenuta » in 25 milioni di t di petrolio o in 35 milioni di t di carbone.

Ogni anno la quantità di acqua che scorre sulla superficie della Terra, la quantità di sostanza organica fissata nella vegetazione sono le stesse e non possono venire a mancare. Inoltre, per ragioni politiche od economiche, un paese può erogare più o meno petrolio dai suoi pozzi, può estrarre più o meno carbone dalle sue miniere. Ma l'energia del Sole che raggiunge un territorio sulla superficie del pianeta è sempre la stessa, indipendentemente dai monopoli e dagli eventi politici, e può essere prevista con certezza.

Gli avvenimenti verificatisi agli inizi del 1979 — cioè il nuovo aumento del prezzo del petrolio greggio, la diminuzione dei rifornimenti da parte dei paesi petroliferi, l'incidente al reattore nucleare americano e la conseguente discussione sulla sicurezza e sul futuro dell'energia atomica — hanno indicato che sempre di meno, in futuro, si potrà fare affidamento sulle fonti di energia non rinnovabili. sempre più urgente è il passaggio alle fonti energetiche rinnovabili basate sul Sole.

L'avvento di una società basata in prevalenza sulle fonti di energia rinnovabili è possibile soltanto con mutamenti profondi che richiedono ricerca scientifica, creazione di nuove industrie, spostamenti di attività produttive da un territorio all'altro.

I paesi che si renderanno conto più presto del cambiamento saranno quelli che potranno trarre maggior beneficio dalla rivoluzione imminente.

Per questo motivo, in occasione della « giornata internazionale del Sole », « Italia Nostra » ha voluto lanciare un appello, un « manifesto » per ricordare che il passaggio alle fonti energetiche rinnovabili non è una rinuncia al progresso, non significa tornare ad una vita misera e povera.

Anzi il crescente ricorso all'energia solare consente di progredire dall'attuale società « paleotecnica », inquinata, basata su risorse materiali ed energetiche scarse e usate irrazionalmente, ad una « *società neotecnica* » basata su un uso più intenso della scienza e della tecnica, una società meno inquinata e più umana.

2. Quanta e quale energia solare?

L'utilizzazione dell'energia solare è possibile con successo se si considerano realisticamente le caratteristiche della radiazione che il Sole invia sulla Terra.

La quantità di radiazione solare che raggiunge una unità di superficie della Terra varia da luogo a luogo, nelle varie stagioni dell'anno e nelle varie ore del giorno.

Riferiamoci alla situazione media italiana. Nel corso di un anno la quantità di radiazione solare che raggiunge un metro quadrato di superficie si aggira intorno a 5 GJ (2).

(2) 1 gigajoule (GJ) equivale a un miliardo di joule cioè a circa 240.000 chilocalorie o 280 chilowattore. 1 megajoule (MJ) equivale a un milione di joule, cioè a circa 240 chilocalorie.

Nei mesi estivi l'intensità della radiazione solare raggiunge circa 20 MJ/m² al giorno, mentre nei mesi invernali tale media scende a circa 4 MJ/m² al giorno.

La disponibilità di energia solare nelle varie ore del giorno segue una curva; la maggior parte dell'energia solare (circa il 70% del totale) è disponibile nelle poche ore centrali della giornata (d'estate dalle 7 alle 17, ore solari). Intorno al mezzogiorno solare la potenza disponibile d'estate è di circa un chilowatt per metro quadrato. Nelle prime e nelle ultime ore della giornata l'intensità della radiazione solare è bassa. Di notte, naturalmente, l'energia solare disponibile è zero.

A parità di altre condizioni, l'energia solare si presenta come un insieme di radiazioni elettromagnetiche di varia lunghezza d'onda: circa il 10% è sotto forma di radiazione ultravioletta (con lunghezza d'onda fra 0,2 e 0,4 micrometri (3)), circa il 50% è sotto forma di radiazione visibile (0,4-0,8 μm) e circa il 40% è sotto forma di radiazione infrarossa (0,8-3 μm).

Questa caratteristica è molto importante perché le varie componenti «spettrali» della radiazione solare — cioè le varie proporzioni dello spettro delle radiazioni elettromagnetiche — hanno un diverso comportamento quando si tratta di trasformare la radiazione solare in calore o in elettricità o quando tale radiazione interviene nella fotosintesi.

Quando il cielo è sereno e il Sole splende nel cielo si dice che è disponibile una radiazione solare *diretta*; con uno specchio è possibile riflettere tale radiazione solare e, con uno specchio parabolico, è possibile concentrarla. Quando il cielo è coperto dalle nuvole si ha a disposizione radiazione solare *diffusa* (diffusa, appunto, dalle nuvole): la radiazione diffusa non può essere concentrata, ma può essere utilizzata per scaldare un corpo a bassa temperatura e anche nei dispositivi fotovoltaici.

3. La cattura del calore solare a bassa temperatura

Quando si pensa all'energia solare viene subito alla mente di utilizzarla come fonte di calore: per esempio per scaldare le case d'inverno, per scaldare l'acqua per le necessità dei bagni e delle cucine, eccetera. Effettivamente la produzione di calore dal Sole è stata la prima e la più sperimentata applicazione.

Se si espone al Sole una superficie nera, cioè capace di assorbire una rilevante proporzione della radiazione incidente, per esempio una piastra metallica annerita, si constata facilmente che questa piastra si scalda. Non molto, però: generalmente la sua temperatura non supera i 50 °C.

Infatti il calore «catturato» dalla piastra nera viene rapidamente perduto verso l'aria e

l'ambiente circostante. Una parte del calore viene perduto per «conduzione»: l'aria a contatto con la piastra nera si scalda e la piastra si raffredda. Una parte viene perduto per «convezione»: la superficie calda scalda l'aria sovrastante che si mette a circolare rapidamente e viene sostituita da aria fredda che porta via altro calore; anche così la piastra si raffredda. Il terzo meccanismo di raffreddamento consiste nell'«irraggiamento» del calore. Un corpo ad una certa temperatura irraggia energia sotto forma di radiazione in tutte le direzioni. La quantità di energia irraggiata è proporzionale alla temperatura della piastra (anzi alla quarta potenza della temperatura assoluta (4) del corpo irraggiante). La radiazione ha una lunghezza d'onda che dipende anch'essa dalla temperatura assoluta del corpo.

Il Sole ha una temperatura superficiale di circa 5500 gradi Kelvin (5) e per questo appare «bianco», cioè emette radiazioni visibili con massimo a circa 0,55 μm.

D'altra parte un corpo relativamente «freddo», come la superficie della Terra o anche una piastra scaldata a 30-50 °C (circa 300-320 °K), emette energia sotto forma di radiazione avente lunghezza d'onda di circa 10 μm, cioè nella parte infrarossa dello spettro.

Se si vuole scaldare a temperature superiori a circa 50 °C un corpo esposto al Sole, occorre far diminuire le perdite di calore per convezione e per irraggiamento.

Immaginiamo di avere la solita piastra nera, esposta al Sole, e di coprirlo con una lastra di vetro disposta, diciamo, a dieci centimetri di distanza, parallelamente alla piastra. Inoltre la faccia inferiore della piastra deve essere isolata termicamente con uno strato, per esempio, di resina sintetica espansa o di lana di vetro o di amianto. Si evita così che la piastra perda il calore raccolto.

Il vetro lascia passare la radiazione solare (con lunghezza d'onda fra 0,2 e 3,0 micrometri), mentre non è trasparente alla radiazione a lunghezza d'onda superiore a 3 μm. Poiché la radiazione emessa dalla piastra calda a temperature fino a 100 °C possiede una lunghezza d'onda superiore a 3 μm, la quantità di energia perduta dalla piastra per irraggiamento verso l'aria esterna è molto bassa ed è come se l'energia solare restasse «intrappolata» sulla piastra nera, al di sotto della lastra di vetro.

(4) La scala delle temperature assolute, espresse in gradi Kelvin (°K), ha lo zero alla temperatura dello zero assoluto, cioè a - 273 gradi Celsius (o centigradi). Così zero gradi Celsius (la temperatura di fusione del ghiaccio) è uguale a 273 °K; 100 °C (la temperatura di ebollizione dell'acqua) è uguale a 373 °K, e così via.

(5) 5500 gradi è la temperatura della «crosta» esterna del Sole, relativamente «fredda» rispetto alle temperature interne di questa stella, le quali superano i molti milioni di gradi. Solo a tali temperature, infatti, i nuclei di idrogeno all'interno del Sole si uniscono e, nella reazione di «fusione nucleare», una parte della massa si trasforma in energia. Gran parte di tale energia è irraggiata verso gli spazi interplanetari (e un poco di questa è raccolta dalla Terra) a spese di una parte della massa del Sole che a poco a poco diventa sempre più piccolo (relativamente, s'intende).

(3) 1 micrometro (1 μm) (in passato talvolta denominato «micron») è una lunghezza uguale a un milionesimo di metro o, ciò che è lo stesso, a un millesimo di millimetro. Si può perciò dire che 1.000.000 micrometri = 1 m o che 1000 micrometri = 1 mm.

Questo fenomeno viene indicato come « effetto serra » perché le serre in cui si coltivano d'inverno fiori e verdura restano abbastanza calde proprio per lo stesso principio. La pur modesta radiazione solare che entra d'inverno attraverso la copertura di vetro o di plastica trasparente della serra resta intrappolata all'interno della serra nella quale viene a stabilirsi una temperatura un po' superiore a quella esterna.

Fra la lastra di vetro e la piastra sottostante si trova uno strato di aria quasi ferma, stazionaria, e le perdite di calore per convezione dalla piastra all'aria sono molto modeste. La copertura di vetro ha la funzione, quindi, di far diminuire molto le perdite di calore della piastra sia per convezione, sia per irraggiamento.

Le cose sono, in realtà, più complicate. La piastra irraggia il suo calore verso la superficie di vetro che si scalda ed è essa, adesso, a perdere calore per convezione e conduzione e anche per irraggiamento verso l'aria sovrastante. Insomma, in queste condizioni, quando l'intensità della radiazione solare è abbastanza elevata, si può arrivare a scaldare una piastra nera a temperature di 80-90 °C. Sono state proposte varie soluzioni per ottenere temperature un po' più alte. Si può coprire la piastra con due lastre di vetro, anziché con una sola, ma il dispositivo diventa più costoso e non è molto più efficiente. Si può eliminare l'aria dalla intercapedine fra la piastra e il vetro; in questo modo si possono raggiungere temperature di 120-130 °C, ma il dispositivo è complicato perché deve essere contenuto in un involucro capace di conservare il vuoto.

Si può coprire la piastra metallica con uno strato di sostanze chimiche (ossidi metallici) o con una vernice che siano « selettivi », in grado, cioè, di assorbire la massima quantità di radiazione incidente e di avere minima emissione nell'infrarosso. Alcuni dei collettori o pannelli solari commerciali sono rivestiti di superfici « selettive », ma, almeno alle basse temperature, il vantaggio non è poi molto grande.

4. Acqua e aria calda con l'energia solare

Una piastra nera scaldata dal Sole è soltanto la base di un collettore — o « pannello » — solare. Se si vuole usare il calore solare per scaldare l'acqua per i bagni o le cucine oppure per scaldare gli edifici occorre portare a contatto con la piastra calda una corrente di acqua o di aria.

L'acqua può essere fatta circolare in una serie di tubi stesi o incorporati nella piastra nera, oppure la si può fare circolare fra due piastre metalliche, tenute a pochi millimetri di distanza; la piastra superiore è quella annerita che raccoglie il calore solare.

L'acqua fredda entra dal basso e, scaldandosi, sale spontaneamente verso l'alto e viene raccolta in un serbatoio isolato termicamente; a mano a mano che da questo si preleva l'ac-

qua calda, dal basso del collettore entra nuova acqua fredda che a sua volta si riscalda.

Nel caso migliore si recupera dal 30 al 50% della radiazione solare incidente. Poiché 1 MJ di energia fa aumentare di circa 2,5 gradi Celsius la temperatura di 100 litri di acqua, d'estate, quando la radiazione solare è di circa 20 MJ/m² al giorno, con un collettore da 1 m² è possibile scaldare ogni giorno 100 litri di acqua da 20 a 45 °C, oppure 50 litri di acqua da 20 a 70 °C. D'inverno il riscaldamento ottenibile è molto più modesto e per molti giorni praticamente nullo.

Gli *scaldacqua solari* sono fra i pochi sistemi capaci di immagazzinare e conservare il calore solare a mano a mano che viene raccolto. Mediante pompe è possibile trasferire l'acqua calda dai collettori a serbatoi a pianterreno o interrati, dai quali le pompe la prelevano per distribuirla nelle stanze: il sistema è però complicato e aumentano le perdite.

Come in quasi tutte le applicazioni solari, le soluzioni semplici sono da preferire: in un serbatoio ben isolato tenuto ad un livello superiore a quello del collettore l'acqua si raccoglie per circolazione naturale, cioè senza bisogno di pompe, e si conserva calda con un sistema semplice e con elevati rendimenti.

Benché d'inverno sia necessaria una fonte di energia ausiliaria per scaldare l'acqua, l'acqua calda è richiesta nelle abitazioni e nelle fabbriche sia d'inverno sia d'estate: gli scaldacqua solari possono perciò utilmente sostituire quelli elettrici e consentire un risparmio di molti miliardi di chilowattora all'anno di elettricità, una fonte di energia pregiata.

Con un collettore solare costituito da una piastra nera è possibile scaldare una corrente d'aria che può, a sua volta, essiccare dei cibi o dei prodotti agricoli o scaldare l'interno di un edificio. Gli *essiccatori solari* presentano prospettive importanti in molti paesi in via di sviluppo.

Con il calore solare raccolto da un pannello solare è possibile far funzionare un *frigorifero* del tipo ad assorbimento e ottenere così freddo per la conservazione di alimenti o medicinali: questa applicazione, pur così utile, non ha peraltro ancora superato la fase sperimentale.

Sempre con un collettore solare è possibile scaldare in un circuito chiuso un liquido volatile; quando tale liquido evapora, aumentando di volume, viene fatto passare allo stato gassoso attraverso una turbina che fornisce energia meccanica o elettrica. Il gas viene poi fatto condensare per raffreddamento e torna al collettore allo stato liquido.

Un *motore solare* a turbina azionato da un fluido a temperatura di circa 80 °C trasforma in energia meccanica circa il 5% della radiazione solare incidente. L'energia ottenuta con i motori solari, alimentati con collettori piani, senza concentrazione, può essere utilizzata per sollevare l'acqua dai pozzi o per azionare piccoli motori elettrici.

L'energia elettrica ricavabile per metro quadrato di collettore è minore rispetto a quella ottenibile con le fotocelle solari (par. 9); tuttavia un motore solare alimentato con i collettori costa per ora meno di uno alimentato con le fotocelle.

5. L'accumulo del calore solare

In qualunque forma la si ricuperi, come acqua o aria calda, l'energia solare è disponibile in maniera intermittente e irregolare nelle varie ore del giorno e nei vari mesi dell'anno.

Il problema dell'accumulo è quindi molto importante: si è già detto che l'acqua è un semplice sistema di raccolta del calore e che l'acqua scaldata con un collettore solare può essere conservata almeno per alcuni giorni a temperatura abbastanza elevata.

Ogni corpo è capace di trattenere « dentro di sé » del calore sotto forma di « calore sensibile »: occorrono circa 4 kJ per scaldare un litro di acqua di un grado Celsius e quindi l'acqua è un modesto accumulatore di calore. Più promettenti sembrano certe sostanze che, quando ricevono calore, subiscono una variazione di stato, per esempio fondono passando, cioè, dallo stato solido allo stato liquido. Si parla allora di trasferire al corpo e successivamente ricuperare il « calore latente », per esempio di fusione.

Alcuni sali inorganici (per esempio il solfato di sodio) contengono delle molecole di acqua di cristallizzazione, cioè fermamente fissate nei cristalli solidi; a temperatura fra 20 e 50 °C queste sostanze fondono o si trasformano più o meno completamente in un liquido assorbendo calore, in ragione di circa 200 kJ/kg. Per raffreddamento le sostanze tornano allo stato di solidi cristallini e restituiscono il calore assorbito.

Se l'aria scaldata con l'energia solare viene portata a contatto con recipienti contenenti i sali indicati, il calore solare fa fondere i sali e viene « immagazzinato » nei sali fusi. Questi di notte restituiscono il calore scaldando l'aria circostante che può essere avviata nelle stanze.

I dispositivi finora sperimentati non sono semplici e neanche molto efficaci. I fenomeni di fusione e di ricristallizzazione sono complessi e qualche volta, dopo molti cicli di fusioni successive, i cristalli si « stancano » e restano sempre allo stato fuso non assolvendo più il loro compito.

Il problema poi del ricupero invernale del calore estivo sembra ancora più difficile da risolvere. Occorrerebbero delle vasche molto grandi, piene d'acqua, isolate termicamente in modo da avere una dispersione minima, ma è dubbio che il calore possa essere immagazzinato per molti mesi.

6. Il riscaldamento solare degli edifici

Una volta che è possibile « catturare » l'energia solare e ottenerla sotto forma di acqua

calda o di aria calda, il primo pensiero che viene riguarda la prospettiva di utilizzare tale energia per il riscaldamento invernale degli edifici. In Italia nel 1974-78 il riscaldamento invernale degli edifici ha richiesto circa 850 PJ (6) all'anno di prodotti petroliferi, una frazione rilevante del consumo totale annuo di energia (4000 PJ); il consumo annuo totale di energia negli usi domestici e commerciali è di circa 1000 PJ.

Una grande quantità di costosi prodotti petroliferi viene quindi bruciata per scaldare l'aria degli edifici spesso di pochi gradi; d'inverno si cerca di avere nei locali una temperatura di circa 20 °C.

Usare combustibile prezioso per questo fine comporta molti sprechi: peggio che mai se si usano, come talvolta succede, le stufe elettriche.

L'energia solare, catturata a temperatura fra 50 e 80 °C come è possibile fare con gli attuali collettori, potrebbe far risparmiare una notevole frazione dell'energia attualmente consumata nel settore domestico.

Vi sono però alcuni inconvenienti. Della radiazione solare totale annua circa il 35% è disponibile nei mesi estivi, circa il 25% è disponibile nella primavera e altrettanto nell'autunno e circa il 15% è disponibile in inverno.

Purtroppo la richiesta di energia per il riscaldamento è concentrata d'inverno, quando l'intensità della radiazione solare è minima. Un sistema solare progettato per il riscaldamento degli edifici raccoglie quindi la massima quantità di energia solare quando la richiesta è limitata o inesistente.

Il calore solare raccolto nella primavera, in estate e in autunno e non richiesto per il riscaldamento può essere utilizzato per produrre acqua calda, la cui richiesta è uguale più o meno tutto l'anno, ma in questo caso tutto il sistema energetico diventa complicato; occorrono pompe per far circolare aria o acqua calda entro circuiti di distribuzione diversi a seconda delle stagioni e troppo poco si sa sul reale risparmio che si realizza in questo modo.

Negli Stati Uniti il calore estivo è utilizzato per azionare impianti di condizionamento di aria; molti edifici pubblici o privati richiedono, infatti, calore invernale e raffreddamento estivo e il condizionamento dell'aria è fatto con l'elettricità; la « climatizzazione » completa degli edifici comporta consumo e spreco di grandi quantità di energia e il Sole può assolvere entrambe le funzioni.

La situazione è del tutto diversa da noi. Il « manifesto » di « Italia Nostra » giustamente mette in guardia contro le tendenze « consumistiche » legate all'utilizzazione dell'energia solare. Prima di pensare a installare condizionatori d'aria, anche se solari, pensiamo ai problemi del risparmio energetico. Lo stesso discorso vale per le futili applicazioni dei col-

(6) 1 petajoule (PJ) è un milione di miliardi di joule ed equivale al contenuto energetico di circa 25.000 tonnellate di prodotti petroliferi.

lettori solari al riscaldamento dell'acqua delle piscine private.

L'energia solare può dare un contributo rilevante al risparmio dell'energia negli edifici se questi vengono progettati e costruiti in modo da utilizzare al massimo l'energia solare, così come è disponibile, senza tanti pannelli.

Gli edifici possono essere orientati in modo da recuperare il massimo della radiazione solare invernale; con i « sistemi passivi » di raccolta dell'energia solare, contrapposti a quelli « attivi » a base di collettori, alcune pareti esterne sono disposte in modo da scaldarsi utilizzando anche la piccola quantità di calore solare disponibile d'inverno. Nella parete si trova un'intercapedine piena d'aria; questa si scalda a sua volta, si mette in moto spontaneamente e circola nelle stanze.

Creando zone d'ombra, è possibile provocare d'estate una corrente d'aria fra queste e le zone calde degli edifici e ottenere così una ventilazione estiva senza condizionatori d'aria elettrici.

Si può pensare ad una disposizione delle stanze negli edifici in modo da utilizzare meglio la radiazione solare come fonte di illuminazione al posto della luce elettrica.

Ci sono anche in Italia gruppi di architetti che studiano come progettare gli edifici con il nuovo vincolo di consumare il meno possibile energia esterna e di utilizzare il massimo della radiazione solare, estate e inverno.

7. Acqua dolce dal mare con l'energia solare

« Acqua, acqua dovunque e non una goccia da bere ». Il vecchio marinaio della « Ballata » del poeta inglese Coleridge aveva di fronte, dopo il naufragio, una distesa di acqua imbevibile ed era tormentato dalla sete. Milioni di chilometri di coste sono toccate dall'acqua salata dei mari e non hanno acqua dolce: diventa così difficile viverci, sviluppare l'agricoltura e il turismo.

In generale la situazione è tanto peggiore quanto più ci si trova nella fascia centrale della Terra proprio dove è maggiore l'energia solare disponibile che, lo si è visto, può essere recuperata sotto forma di calore.

L'energia solare può quindi essere usata per distillare acqua dolce dal mare: i distillatori solari sono costituiti da vasche poco profonde, col fondo annerito, riempite con un sottile strato di acqua marina. Le vasche sono coperte con una lastra di vetro inclinata e sono isolate al di sotto per evitare le perdite di calore. L'energia solare attraversa la lastra di vetro e raggiunge l'acqua di mare che si riscalda: una parte dell'acqua evapora e va a condensarsi sulla parte interna della lastra di vetro sotto forma di acqua dolce, priva di sali, che si ricupera.

Nei distillatori solari ben progettati è possibile utilizzare, per la distillazione dell'acqua di mare, fino al 50% della radiazione solare incidente che, come si è detto, ammonta alle

nostre latitudini a circa 5 GJ/m² all'anno. Poiché occorrono circa 2,4 MJ di calore per far evaporare un litro di acqua, con un distillatore della superficie di un metro quadrato è possibile ottenere circa 1000 litri di acqua dolce all'anno.

La produzione di acqua dolce varia nei differenti mesi: in quelli estivi arriva a sei o sette litri per metro quadrato al giorno: un distillatore solare della superficie di 50 m² posto, per esempio, sul tetto di una casa, fornisce d'estate circa 300 litri di acqua al giorno: non è poco.

I distillatori solari hanno il vantaggio di utilizzare una frazione rilevante della radiazione solare incidente — sia diretta sia diffusa — che viene immediatamente trasformata in acqua dolce. Essi rappresentano, cioè, dei dispositivi che non richiedono sistemi di immagazzinaggio dell'energia e forniscono un « bene », l'acqua dolce, di cui c'è grande bisogno nelle zone aride costiere. D'altra parte la produzione di acqua dolce è maggiore d'estate e nelle zone ad alta insolazione, cioè proprio nelle condizioni in cui è maggiore il fabbisogno e la richiesta di acqua.

8. Calore solare ad alta temperatura

Mediante specchi piani o concavi, opportunamente disposti, il calore solare può essere concentrato in spazi ristretti, su un tubo o su una caldaia, ed è possibile in questo modo ottenere calore a temperature anche molto elevate.

Anche se forse la storia di Archimede che riuscì ad incendiare le navi romane con specchi solari non è del tutto vera, molti laboratori hanno costruito e utilizzato dei forni solari e si sta sperimentando la costruzione di grandi centrali termiche o termoelettriche azionate con il calore solare concentrato mediante specchi. Il rendimento di una macchina termica dipende dalla temperatura a cui è disponibile il calore: con i collettori piani senza concentrazione si dispone di calore a bassa temperatura (meno di 100 °C) e il rendimento di un motore solare è di circa il 5%. Con una centrale solare a specchi è possibile ottenere vapore anche a 500 °C e il rendimento può aumentare molto, fino al 40%.

Una centrale termica solare è costituita, sostanzialmente, da un sistema di specchi che concentrano la radiazione solare in una caldaia. Gli specchi devono essere tenuti continuamente in movimento per seguire il Sole nel suo « moto apparente » nel cielo e tale moto, come si sa, varia da giorno a giorno.

L'« inseguimento » del Sole può essere fatto con dispositivi meccanici, ad orologeria, oppure il moto di ciascuno specchio può essere guidato da un sistema fotoelettrico o elettronico puntato verso il Sole.

Si tratta comunque di sistemi delicati e complessi, soprattutto se la centrale si trova in zone isolate o desertiche.

300.000 Lire/m²
400.000

Un altro grave inconveniente è rappresentato dal fatto che gli specchi riflettono soltanto la radiazione solare diretta per cui, quando il cielo è coperto, viene a cessare il flusso di calore verso la caldaia.

Una caldaia è quindi riscaldata in maniera irregolare e la temperatura del suo fluido è tutt'altro che costante.

Esiste poi il problema di come utilizzare il calore solare ad alta temperatura così raccolto: nessun sistema si è finora rivelato soddisfacente perché le perdite di calore sono tanto più grandi e rapide quanto più elevata è la temperatura.

Le grandi caldaie e centrali elettriche solari appaiono quindi come idee attraenti in via di principio, ma è dubbia la loro utilità pratica.

Una centrale termoelettrica a specchi è in corso di costruzione ad Adrano in Sicilia da parte dell'ENEL e di industrie italiane e tedesche, con un contributo finanziario di circa 5 miliardi di lire della Comunità Europea. La superficie degli specchi è di 7800 m² e la potenza della centrale sarà di 1000 chilowatt, con un ricupero, sotto forma di elettricità, di soltanto il 13% della radiazione solare.

9. Elettricità direttamente dal Sole

In alcuni materiali esposti alla radiazione solare si determina un moto di elettroni e quindi una corrente elettrica.

Uno di questi è rappresentato da sottili lastre di silicio molto puro e trattato in modo particolare: quando i fotoni (« particelle » di radiazione elettromagnetica dotate di energia) colpiscono gli atomi del silicio si determina un flusso di elettroni fra la parte esposta al Sole e quella sottostante. Si viene a creare una corrente elettrica e una differenza di potenziale che, con i materiali attuali, è di circa 0,5 volt.

Soltanto la parte infrarossa della radiazione solare è capace di determinare una corrente elettrica nelle fotocelle al silicio e in questo modo si utilizza meno della metà della radiazione solare totale.

A causa di altre perdite si recupera, come elettricità, soltanto circa il 10% della radiazione solare totale. Per ogni metro quadrato di superficie di fotocelle si ottengono perciò circa 0,5 GJ (circa 120-150 chilowattore) di elettricità all'anno.

Con una adatta sistemazione delle fotocelle è possibile ottenere corrente elettrica anche a 150 volt. Si tratta, però, di corrente continua, differente dalla corrente elettrica alternata che arriva nelle nostre case e nelle industrie. Poiché la maggior parte dei dispositivi elettrici funzionano a corrente alternata, occorre progettare e costruire nuove macchine e apparecchiature funzionanti con l'elettricità, così come la forniscono le fotocelle solari.

Alcuni anni fa il prezzo delle fotocelle era altissimo, ma adesso sono in corso rapidi progressi e tale prezzo sta diminuendo e si aggira

ormai intorno a pochi milioni di lire per una superficie di 10 m² che è in grado di fornire una potenza di circa 1 chilowatt nelle ore centrali delle giornate estive; una potenza minore nelle altre stagioni.

La produzione di elettricità dalle fotocelle solari è intermittente, l'energia elettrica deve perciò essere accumulata in batterie di accumulatori che la restituiscono quando è richiesta e quando le fotocelle non la producono. La elettricità prodotta dal Sole può essere accumulata utilizzandola, a mano a mano che si rende disponibile, per scomporre l'acqua recuperando l'idrogeno che è un gas combustibile e può essere immagazzinato in un serbatoio. Oppure l'elettricità può essere usata per sollevare l'acqua in un bacino sopraelevato; quando il Sole non c'è l'acqua scende attraverso una turbina e restituisce gran parte dell'energia accumulata.

La strada più semplice, comunque, è ancora quella della carica delle batterie per la quale, del resto, occorre proprio corrente continua.

10. L'energia solare fissata come vegetazione

La cosa che il Sole sa fare bene, senza macchine, su larga scala e con notevole efficienza è « fabbricare » materia organica attraverso i processi di fotosintesi.

La fotosintesi consiste nella combinazione di due molecole molto semplici — quella dell'anidride carbonica e quella dell'acqua — presenti nell'atmosfera e nel terreno in grande quantità e del tutto gratuite; nelle foglie verdi (il colorante verde clorofilla funziona da catalizzatore della sintesi) e sotto l'azione della radiazione solare si formano sostanze organiche più o meno complesse, attraverso varie strade.

Alla fine, in seguito anche ad altre reazioni che comportano l'uso dell'azoto sottratto all'aria o al terreno e di altri elementi, nelle sostanze vegetali si trova un insieme di sostanze organiche ricche di energia.

Si tratta, principalmente, di zuccheri, amido, cellulosa, lignine, sostanze proteiche, grassi, eccetera.

Se questi vengono bruciati restituiscono, come calore, l'energia che il Sole ha messo a disposizione per la loro sintesi. Si può quindi dire che le sostanze organiche presenti nella massa vivente vegetale — nella *biomassa* — « contengono » incorporata dentro di sé energia solare e tale energia restituiscono bruciando.

La quantità di energia solare che può essere fissata dalla vegetazione varia molto a seconda del tipo di piante, delle condizioni climatiche, eccetera. Nelle zone dove sono presenti colture ecologicamente stabili — come grandi foreste — è possibile recuperare sotto forma di sostanze organiche l'uno per cento della radiazione solare incidente.

Se si ricorda che non più del 50% della radiazione solare incidente può essere ricupera-

ta per scaldare l'acqua e che le fotocelle forniscono elettricità in ragione di poco più del 10% della radiazione solare incidente, appare subito che un rendimento dell'1% — e senza macchine — è molto buono.

Nelle condizioni dell'Italia, dove la radiazione solare incidente è in media di 5 GJ/anno per metro quadrato, da un ettaro (10.000 m²) di terreno coltivato è possibile ricavare circa 500 GJ di energia all'anno sotto forma di sostanza organica.

Poiché il potere calorifico del petrolio greggio è di circa 40 GJ/tonnellata, un ettaro di terreno o di bosco rappresenta un pozzo inesauribile che fornisce l'equivalente di circa 12 tonnellate di prodotti petroliferi all'anno.

La materia organica vegetale presente nella biomassa è una fonte di energia ben differente, però, dal petrolio, dal carbone, dal gas naturale, dalla benzina.

Si possono tuttavia trasformare le sostanze organiche vegetali in combustibili liquidi, oppure in materie prime che, alternativamente, dovrebbero essere fabbricate usando petrolio.

Se le sostanze organiche della biomassa sono ricche di amido e zuccheri questi possono essere trasformati per fermentazione in *alcool etilico*; è la stessa operazione che si ha nel vino.

L'alcool etilico puro è un liquido combustibile che può essere miscelato con la benzina e può essere utilizzato, quindi, come carburante per autoveicoli.

Già in passato, in vari paesi, l'alcool etilico di origine agricola — e quindi derivato dal Sole — è stato usato come carburante. Oggi in Brasile il 10% della benzina è sostituito con alcool etilico con notevole risparmio di prodotti petroliferi. Anche l'Italia, che è povera di petrolio, dovrebbe seriamente pensare a questa soluzione, proposta da molti anni dall'associazione « Italia Nostra » nella sua « ricerca » di una società neotecnica.

I materiali ricchi di cellulosa possono essere sottoposti a riscaldamento ad alta temperatura col che si trasformano in due gas, ossido di carbonio e idrogeno, dai quali si può ottenere per sintesi *alcool metilico*.

Anche l'alcool metilico può essere impiegato in miscela con la benzina come carburante per autoveicoli.

In molte operazioni agricole si formano dei sottoprodotti che possono essere trasformati in *metano*, un gas combustibile (anzi è lo stesso costituente del gas naturale), mediante processi semplici e noti.

Si parla talvolta di « *biogas* » per indicare il metano ricavabile da sottoprodotti e scarti agricoli, quindi il « metano solare ».

Sempre più spesso si parla di « coltivazioni » o « piantagioni energetiche » per indicare colture progettate proprio per ottenere combustibili o materie alternative a quelle ricavate dal petrolio.

Il ricupero produttivo a fini energetici dei 3 milioni circa di ettari di terreni abbandonati in Italia fornirebbe un terzo del consumo totale di prodotti petroliferi italiani con aumento dell'occupazione, della ricchezza interna, con vantaggi per la difesa del suolo, ecc.

11. Il vento e il moto ondoso

Il vento rappresenta un'altra delle fonti di energia derivate dal Sole. Quando l'energia del Sole raggiunge la superficie del pianeta riscalda le varie parti delle terre emerse e dei mari in maniera disuguale che dipende dalle stagioni, dalla latitudine, dalle condizioni della superficie del terreno; i differenti tipi di terreno, infatti, riflettono e assorbono diversamente la radiazione solare incidente.

Le masse d'aria che sovrastano zone a differenti temperature scorrono da un territorio all'altro; questo flusso di aria si manifesta come *vento*, la cui intensità e direzione, al livello del suolo, dipende dalle condizioni geografiche, dalla presenza di valli e montagne, ecc. Si hanno zone in cui il vento è abbastanza regolare e costante, altre in cui il vento è intenso soltanto in certi mesi dell'anno.

Purtroppo non si hanno statistiche molto precise sulla frequenza e intensità del vento in tutte le zone della Terra ed è un peccato perché dalla disponibilità di tali dati dipende la possibilità di utilizzare bene il vento come fonte di energia.

Se il vento viene raccolto da un'elica o da un sistema di pale rotanti, tale sistema si mette in movimento quando la velocità del vento supera un valore minimo, in generale di una decina di chilometri all'ora. Da questa velocità in avanti un motore a vento — o motore eolico — comincia a girare e si può recuperare l'energia di tale rotazione per azionare una dinamo, oppure una pompa che solleva l'acqua da un pozzo.

La quantità di energia eolica recuperabile dipende dal diametro delle pale e dalle velocità del vento; il sistema è attraente perché l'energia recuperata è proporzionale alla terza potenza (cioè al cubo) della velocità del vento.

Ciò significa che l'energia recuperabile da un motore a vento aumenta rapidamente (fino a un certo limite) con l'aumentare della velocità del vento.

Buoni motori a vento possono essere costruiti utilizzando l'esperienza delle ricerche di aerodinamica. Motori a vento, soprattutto di piccole e medie dimensioni, possono produrre elettricità in zone oggi prive di altre fonti di energia.

Motori a vento semplici ed efficaci possono essere costruiti anche mediante le « tecnologie intermedie », cioè utilizzando esperienze e materiali disponibili anche nei paesi sottosviluppati.

L'energia del vento è intermittente, come si sa, e l'energia elettrica raccolta deve essere

accumulata più o meno con gli stessi principi già indicati nel caso dell'elettricità ottenuta dal Sole.

Il vento si manifesta non soltanto come moto di grandi masse d'aria, ma anche come moto di grandi masse d'acqua superficiali, quelle che chiamiamo onde e che sono mosse dal vento e, quindi, ancora dall'energia solare.

L'energia del moto ondoso può essere recuperata soltanto nelle zone in cui le onde sono abbastanza alte e regolari. La quantità di energia recuperabile dipende dalla differenza di altezza fra la cresta e l'avvallamento dell'onda.

Ogni volta che l'acqua supera un dislivello « contiene » dell'energia potenziale che può essere recuperata; 10 chilojoule per ogni metro cubo di acqua che scende di un metro.

Nel Mediterraneo in genere non ci sono condizioni geografiche che incoraggino la costruzione delle costose opere per la cattura dell'energia del moto ondoso. Si devono però incoraggiare invenzioni e scoperte che potrebbero essere applicate sulle coste dei grandi oceani.

Una delle proposte più promettenti consiste nel predisporre, lungo le coste, delle barriere di cemento parallele alla costa e al fronte delle onde. In tali barriere, a intervalli regolari, sono predisposte delle « porte » che vanno restringendosi verso l'interno, in modo che l'acqua è costretta a sollevarsi mentre si addentra nella costa.

Alle spalle della barriera, verso l'interno, è predisposto un lago artificiale il cui livello medio è superiore al livello medio del mare. L'acqua del mare entra nel bacino attraverso le porte e dal bacino continuamente ritorna al mare attraverso delle condotte in cui sono collocate le turbine e le dinamo che producono elettricità.

Più recentemente uno studioso inglese ha inventato dei galleggianti costituiti da pontoni disposti parallelamente al fronte delle onde e fissati lungo uno dei lati ad un asse. Il lato opposto, battuto dal moto ondoso, si alza e si abbassa mettendo in rotazione l'asse. Questo dispositivo si chiama l'« anatra di Salter », dal nome dell'inventore e dalla somiglianza con il movimento del collo dell'animale.

Non bisogna farsi molte illusioni, ma non bisogna neanche scartare le possibilità di recuperare almeno una parte della sterminata energia delle onde.

12. Energia dagli oceani

L'energia solare che raggiunge la superficie degli oceani ne scalda l'acqua; in molte zone della Terra viene così a crearsi una differenza di temperatura abbastanza costante fra gli strati superficiali e quelli profondi dei mari e degli oceani.

Come è ben noto, ogni volta che si ha una differenza di temperatura fra due corpi è possibile far fluire il calore dal corpo caldo al

corpo freddo attraverso una macchina che produce energia meccanica.

Il rendimento di una macchina termica è tanto minore quanto più piccola è la differenza di temperatura fra i due corpi. Nel caso degli oceani della fascia centrale della Terra la differenza di temperatura fra l'acqua superficiale e quella che si trova ad alcune centinaia di metri di profondità è di circa 20 °C e in questo caso circa il 2-3% del calore che passa dall'acqua calda all'acqua fredda può essere recuperato come energia meccanica. Il rendimento è basso, ma l'acqua calda e quella fredda costano poco.

Occorrono macchine molto grandi e una parte dell'energia prodotta viene assorbita per sollevare l'acqua fredda profonda. Negli Stati Uniti c'è un grande fervore di ricerche e anche un certo ottimismo sulle prospettive di ottenere elettricità da questa particolare forma in cui si manifesta l'energia solare.

13. L'energia idrica

Si è già detto che il calore solare provoca l'evaporazione dalla superficie del pianeta Terra di circa 400.000 miliardi di tonnellate di acqua all'anno. Di queste circa 100.000 miliardi di tonnellate all'anno ricadono sulle terre emerse; nel superare i dislivelli delle valli l'acqua restituisce una grande quantità di energia, valutata nel mondo fra 300 e 1000 EJ/anno, cioè superiore a tutta l'energia consumata attualmente nel mondo.

Eppure l'energia idroelettrica utilizzata oggi nel mondo è di appena 6 EJ (circa 1500 miliardi di chilowattore) all'anno. Esistono quindi delle grandissime risorse potenziali di energia idrica. Si tratta di risorse rinnovabili — anzi l'energia idroelettrica è, fra le fonti attualmente usate, l'unica rinnovabile — ma purtroppo i grandi fiumi e le grandi montagne sono nelle zone disabitate come le zone tropicali ed equatoriali, la Groenlandia, l'Asia centrale, eccetera.

Per recuperare energia idrica occorre creare delle grandi opere di regolazione del corso dei fiumi, le quali peraltro manifestano talvolta effetti negativi. Si pensi alla grande diga di Assuan in Egitto; dalle sue centrali è possibile ricavare grandi quantità di elettricità, ma la creazione del lago artificiale a monte della diga ha rallentato il deflusso di sostanze solide verso il basso Nilo. Nella zona del delta del fiume si sono manifestati fenomeni di erosione costiera ed è diminuita la fertilità dei terreni e delle stesse acque del Mediterraneo.

Insomma, un'opera che consente di ottenere energia idrica e idroelettrica comporta modificazioni profonde sugli ecosistemi e tali modificazioni devono essere attentamente valutate in anticipo.

Per passare alla situazione italiana, le risorse idriche utilizzate forniscono ogni anno circa 160 PJ (45 miliardi di chilowattore) di

energia idroelettrica rispetto ad una produzione e ad un consumo totale di elettricità di circa 120-150 miliardi di chilowattora all'anno. « Italia Nostra » ha esaminato attentamente le prospettive di aumento della produzione di energia idroelettrica in Italia, considerando che essa si presenta come fonte energetica « neotecnica », pulita, rinnovabile e non inquinante.

« Italia Nostra », d'altra parte, è stata sempre ben conscia degli effetti territoriali negativi di certe grandi opere idroelettriche e ha preso posizione, a varie riprese, contro i progetti di dighe e laghi artificiali che minacciavano di compromettere ambienti naturali delicati come la Val di Genova.

Le prospettive dell'uso umano delle risorse di energia idrica vanno pertanto esaminate nel quadro del rispetto dei valori territoriali.

In questo senso nel suo « manifesto » « Italia Nostra » mette in evidenza che le azioni dirette all'uso dell'energia solare nelle sue varie forme, quindi anche come energia idrica, debbono « tenere conto degli effetti diretti e indiretti sulla natura e sull'ambiente, in modo da evitare danni, degradazione delle risorse naturali e del paesaggio ».

Comunque nel suo dibattito su una società neotecnica « Italia Nostra » ha sempre insistito sulla necessità di intraprendere azioni per la regolazione del corso dei fiumi al fine di aumentare le risorse idriche, le eventuali risorse idroelettriche, di difendere il suolo per evitare frane e alluvioni, in un quadro integrato in cui la difesa della natura e del territorio abbiano un ruolo prevalente. Con opere adeguate nelle valli appenniniche e nelle isole e rimettendo in funzione piccole centrali idroelettriche abbandonate dovrebbe essere possibile portare la produzione di energia idroelettrica a circa 300 PJ (circa 80 miliardi di chilowattora) all'anno.

L'energia idroelettrica è spesso accusata di essere pericolosa perché alcune dighe sono crollate; nel caso del Vajont, un pezzo di montagna è franato nel lago artificiale provocando la fuoriuscita, al di sopra della diga, di una massa d'acqua che ha spazzato duemila vite umane.

Questi esempi indicano soltanto che alcune dighe o le opere di regolazione del corso dei fiumi sono state fatte male, con una visione miope e sotto la spinta della speculazione e del profitto.

14. Conclusione

La giornata internazionale del Sole offre l'occasione per pensare ad un futuro energetico basato sulle fonti energetiche rinnovabili, ma anche su una maniera diversa di vivere e di produrre nel ventunesimo secolo o nel suo vicino.

L'uso delle risorse *rinnovabili* e non esauribili derivate direttamente o indirettamente dal Sole, piuttosto che di quelle esauribili, offre un'occasione per una minore dipendenza dalle risorse non rinnovabili, come il petrolio e il carbone, e rappresenta un'alternativa alla scelta nucleare verso la quale « Italia Nostra » ha sempre espresso il proprio dissenso e che già mostra i segni di crisi e declino.

Non restano, quindi, altro che le risorse rinnovabili e « Italia Nostra », con il suo « manifesto », esprime la speranza che si avvii l'auspicato processo di trasformazione economica e produttiva nella quale le risorse rinnovabili risolvano in maniera più giusta, più equa, più sicura, con meno sprechi e meno inquinamenti il problema dell'energia nel futuro.

Giorgio Nebbia
Università di Bari

elenco delle sezioni

- Acqui Terme** (c/o Azienda Autonoma Stazione di Cura - c.so Bagni, 8 - Acqui Terme)
- Agrigento** (via Dante, 188 - c/o Svettoni - tel. 23.478)
- Alba** (via V. Emanuele, 23 - c/o Carosso - tel. 49.192)
- Altamura** (via Candiota, 20)
- Alta Valtellina** (via Campello - Bormio - c/o Curti Pozzi)
- Ancona** (via Marconi, 121)
- Apuo - Lunense** (via Felice Cavallotti, 65 bis - Marina di Carrara - tel. 55.269)
- Ascoli Piceno** (c.so Mazzini, 281)
- Assisi** (Piazzetta S. Francesco, 1 - c/o Di Biagio - tel. 81.32.85)
- Asti** (vicolo Simeone Maiolo, 3 - tel. 21.24.25)
- Avellino** (via L. B. Oliva Mancini, 9 - c/o Cuozzo - tel. 22.472)
- Bari** (viale Papa Pio XII, 7 - c/o Tatulli - telefono 51.42.98)
- Bassano del Grappa** (via Schiavonetti, 6 - c/o Baruchello)
- Basso Salento** (via Santuario, 4 - Castro Marina - c/o Lazzari)
- Belluno** (Casella Postale 30)
- Benevento** (c/o EPT - via Nicola Sala)
- Bergamo** (via Pignolo, 86)
- Biella** (via N. Sauro, 10 - c/o Campigli)
- Bologna** (via Castiglione, 33 - c/o Centro d'arte e di cultura)
- Bolzano** (p.zza della Mostra, 2)
- Brescia** (via F. Crispi, 6)
- Cagliari** (via del Mercato Vecchio, 15 - c/o Romagnino - tel. 66.25.10)
- Caorle** (via del Gambero, 49 - c/o Marchesan)
- Capri** (Casella Postale 175 - tel. 83.77.808)
- Carnia** (via Bernardinis, 79 - Udine - c/o Colledan - tel. 44.874)
- Carpi** (p.le Ramazzini, 6 - c/o Pellicciari - telefono 69.28.14)
- Casale Monferrato** (piazza S. Domenico, 5)
- Caserta** (via Roma, 125)
- Castel di Sangro** (c/o Biblioteca comunale - tel. 82.276)
- Catania** (via Matteo Albertone, 26 - c/o Pantò)
- Catanzaro** (via F. Crispi, 55)
- Cesena** (viale Osservanza, 92 - c/o Massarelli - tel. 20.909)
- Cherasco** (via Beato Amedeo, 4 - c/o Piovano)
- Ciaria** (Casella Postale 27 - Isola Liri - tel. 85.247)
- Cologno** (via Serrati, 13 - tel. 32.363)
- Collecchio** (via Generale Pavero)
- Como** (viale Cavallotti, 7 - c/o Ass. « Giosuè Carducci »)
- Cremona** (via Bartesi, 8 - c/o Franco Repellini)
- Cuneo** (via S. Grandis, 24 - c/o Basso)
- Este** (p.zza Maggiore - c/o Associazione Pro Loco)
- Etruria Senese** (via Vannuzzi, 20 - Montepulciano)
- Faenza** (c.so Garibaldi, 2 - Palazzo Laderchi-Zacchia)
- Feltre** (via Cesare Battisti, 12 - c/o Zugni Tauro)
- Ferrara** (via Palestro, 31 - c/o Ravenna)
- Fidenza** (via XXV Aprile, 21 - c/o Galli - tel. 26.88)
- Fiorenzuola d'Arda** (viale Illica, 13 - c/o Cremonini - tel. 98.51.83)
- Firenze** (viale Gramsci, 9/A - tel. 67.24.92)
- Foggia** (via Nazario Sauro - c/o AVIS - tel. 77.084)
- Forlì** (via Bruni, 15)
- Francavilla al Mare** (via Nettuno, 152 - c/o Russo)
- Genova** (piazza Fontane Marose, 6/5 - tel. 58.73.36)
- Gorizia** (via Coronini, 1 - c/o Coronini)
- Grosseto** (via Cavour, 8 - c/o Padovani)
- Gualdo Tadino** (via Pennoni, 31 - c/o Storelli - tel. 91.41.20)
- Gubbio** (piazza 40 Martiri, 53 - c/o Santini - tel. 92.33.29)
- Ingauna** (via Enrico d'Aste, 23/1 - Albenga)
- Intemelia** (via Romana, 22 - Bordighera)
- Ivrea e del Canavese** (c.so Vercelli, 1 - c/o A.A.T. - tel. 42.26.36)
- Jesi** (via Francia, 6 - c/o Livieri - tel. 52.894)
- Lago di Bolsena** (via Marconi, 98 - Capodimonte)
- Lago di Bracciano** (via Jacometti, 1 - Anguillara - c/o Centro Servizi Culturali)
- Lanciano** (via S. Spirito - c/o Di Mele)
- La Spezia** (Casella Postale 153 - tel. 37.759)
- Latina** (via Oberdan, 12 - c/o Centro Servizi Culturali - tel. 47.265)
- Lecce** (c/o Museo provinciale - tel. 27.415)
- Livorno** (via Scali Olandesi, 12 - c/o Visalli)
- Lodi** (via Fanfulla, 3 o Casella Postale 175)
- Lomellina** (p.zza Italia, 3 - Mortara - c/o Patrucchi)
- Lucca** (c/o C.I.S.C.U. - via M. Urbane, 21)
- Macerata** (Casella Postale 131)
- Mantova** (c/o Cazzaniga - via F. Bandiera, 12)
- Matera** (Vico 2° Lucana, 41 - c/o Tommaselli)
- Messapia** (c.so Mazzini, 51 - c/o Movimento Diritti Sociali - Ostuni)
- Messina** (via Setajoli, 15 - c/o Martines)
- Milano** (via Silvio Pellico, 1 - tel. 87.19.24 - 89.69.20)
- Modena** (Casella Postale 63)
- Molfetta** (via Muscati, 26 - c/o Boccardi - telefono 91.15.64)
- Monдови** (c.so Europa, 22 - c/o Raineri)
- Montagnana** (via Villia, 15 - c/o Ortolan)
- Monza** (via Carlo Alberto, 11 - tel. 38.06.95)
- Napoli** (via Salata all'Olivella, 19 - c/o Antonelli - tel. 34.14.53)
- Novara** (via Mameli, 1 - tel. 22.150)
- Novi Ligure-Ovada** (via Crispi, 33 - c/o Migliarino - Novi Ligure)
- Orvieto** (via della Pace, 18 - c/o Moretti)
- Osimo** (c/o Archivio storico comunale - via Campana, 15 - tel. 72.621)
- Ostiglia** (piazza Cornelio, 1)
- Padova** (via S. Francesco, 36 - c/o Associazione Pro Padova)
- Palermo** (via del Giardino, 40 - c/o Bellafiore)
- Parma** (Borgo Schizzati, 2 - c/o Sozzi)
- Pavia** (piazza Leonardo da Vinci, 2 - c/o Museo Francese - tel. 33.212)
- Perugia** (via Piero della Francesca, 75 - c/o Pellicciari - tel. 25.359)
- Pesaro e Fano** (viale Gramsci, 64 - Fano - c/o Battistelli)
- Pescara** (c/o Biblioteca Prov. « G. D'Annunzio » - Palazzo della Provincia - tel. 23.658)
- Piacenza** (via Sopramuro, 60 - c/o Manfredi - tel. 35.621)
- Piazza Armerina** (via Mons. La Vaccara, 14 - c/o Nigrelli - tel. 81.560)
- Piombino** (piazza Manzoni, 17 - c/o Circolo Culturale Galileo - tel. 40.727)
- Pisa** (via Santa Maria, 26 - c/o Domus Galilaeana - tel. 23.726)
- Pistoia** (via Abbi Pazienza, 1)
- Planargia Marghine Montiferru** (c/o Ass. Pro Loco - via Giusa - Bosa, prov. Nuoro - tel. 33.580)
- Pozzuoli - Campi Flegrei** (piazza Nicola Amore, 14 - Napoli - c/o Annetchino)
- Prato** (via R. Giuliani, 11 - c/o Nannicini)
- Ragusa** (S. Giovanni, 27 - c/o Il Convegno - telefono 46.833)
- Ravenna** (piazza Arcivescovado, 1 - Archivio Arcivescovile - c/o Mazzotti - tel. 28.559)

Reggio Emilia (c/o Museo civico - via Secchi, 1)
Rho e Lainate (via Filippo Meda, 2 - Rho)
Roma (via Banchi Vecchi, 61 - tel. 65.45.040)
Rovigo (Casella Postale 43)
Salento Ovest (via Firenze, 5 - Nardò - c/o In-
 gusci)
Salerno (via Giovanni da Procida, 51)
S. Angelo Lodigiano (Casella Postale 26)
Sant'Antioco (via Garibaldi, 56 - c/o Testa)
S. Felice sul Panaro (Castello Estense - c/o Bi-
 blioteca Comunale - tel. 84.628)
Sapri (via Nazionale - S. Giovanni a Piro - c/o
 Sorrentino)
Sassari (via B. Croce, 4 - c/o Cugia)
Savona (via Paleocapa, 20 - tel. 20.228)
Sibarita (via Ariella, 112 - c/o Paura - tel. 82.469 -
 Corigliano Calabro)
Siena (Casato di Sopra, 53 - c/o Cantucci)
Siracusa (via Mons. Carabelli, 33)
Sorrentina (via Angri, 64 - S. Agnello - tel. 87.86.810)
Spoleto (via Intermezzi, 2 - Foligno - c/o Metelli -
 tel. 670.309)
Sulcitana (Casella Postale 38 - Iglesias)
Terni (Casella Postale 119)
Tigullio (Galleria di Corso Garibaldi, 21 - Chiava-
 ri - tel. 309.183)
Torino (via Massena, 71)

Trapani (via S. Teodoro, 3 - c/o Impinna)
Trento (via Oriola, 5 - tel. 27.180)
Treviso (Calmaggiore, 20 - c/o Foto Fini - telefo-
 no 260.330)
Trieste (c/o Circolo' della Cultura e delle Arti -
 p.zza Verdi, 1 - tel. 75.05.84)
Udine (via Savorgnana, 27 - c/o Mansi)
Urbino (Via Giannetto Dini, 16 - c/o Balestrie-
 ri - tel. 25.88)
Valdostana (via Festaz, 73 - Aosta)
Valle del Sarno (via Isaia Rossi, 45 - Nocera Infe-
 riore - c/o Cianciullo - tel. 921.670)
Valle Vigizzo (Fermo Posta - Santa Maria Mag-
 giore - Novara)
Valsesia (via Roma, 10 - c/o Corradino)
Varese (via Puccini, 7 - c/o Brunella)
Venezia (Palazzo Grassi, S. Samuele, 3231 - tel.
 704.822)
Verona (Casella Postale 167 - c/o Monicelli)
Versilia (via S. Andrea, 40 - Viareggio - c/o Gat-
 tai - tel. 46.461)
Vicenza (c/o Scuola media « L. da Vinci » -
 trà Riale, 14 - tel. 886.127)
Viterbo (via Dalmazia, 55 - c/o Piacentini)
Sezione Venezia-Londra (53, Davies Street, Berke-
 ley Square, London W1Y 2BL - c/o Redcliffe)

elenco dei consigli regionali

Abruzzese (c/o Biblioteca provinciale « G. D'An-
 nunzio » - Palazzo della Provincia - Pescara -
 tel. 23.658 - Pres.: D. D'Alessandro)
Campano (via Manzoni, 214 - c/o Iannello - Pres.:
 A. Iannello)
Emilia-Romagna (c/o Istituto di Storia dell'Arte
 dell'Università, via Zamboni, 33 - Bologna -
 Pres.: C. Volpe)
Friuli-Venezia Giulia (via Savorgnana, 27 - Udi-
 ne - c/o Mansi - Pres.: A. Mansi)
Laziale (via Banchi Vecchi, 61 - Roma - telefo-
 no 65.45.040 - Pres.: G. Luciani)
Ligure (piazza Fontane Marose, 6/5 - Genova -
 tel. 58.73.36 - Pres.: F. Ghilardi)
Lombardo (via Silvio Pellico, 1 - Milano - telefo-
 no 871.924 - 896.920 - Pres.: F. Castiglioni)

Marche (v.le Gramsci, 64 - Fano - Pres.: F. Bat-
 tistelli)
Piemontese (via Massena, 71 - c/o Sezione Torino -
 Pres.: D. Sesia)
Pugliese (Università degli studi - Lecce - Pres.: C.
 D. Fonseca)
Sardo (via del Mercato Vecchio, 15 - Cagliari -
 c/o Romagnino - Pres.: A. Romagnino)
Siciliano (via del Giardino, 40 - Palermo - c/o
 Bellafiore - Pres.: G. Bellafiore)
Toscano (via Masaccio, 28 - Firenze - c/o Adriani -
 tel. 672.492 - Pres.: M. Adriani)
Umbro (via Pennoni, 31 - c/o Storelli - Gualdo Ta-
 dino - tel. 914.120 - Pres.: E. Storelli)
Veneto (Palazzo Grassi, S. Samuele, 3231 - Vene-
 zia - Pres.: T. Foscari Foscolo)

conti correnti postali delle sezioni

Acqui Terme n. 23/16460 - Ancona n. 18308601 - Apuo Lunense n. 22/22522 - Ascoli Piceno n. 15/7209 -
 Bari n. 19502707 - Bassano del Grappa n. 28/18427 - Bologna n. 23622400 - Bolzano n. 14/13417 - Brescia
 n. 17/6515 - Cagliari n. 10/10900 - Casale Monferrato n. 23/8839 - Como n. 18/4166 - Cremona n. 17/21871
 - Este n. 9/11156 - Feltre n. 9/4493 - Fidenza n. 25/5261 - Fiorenzuola d'Arda n. 10100295 - Firenze
 n. 5/15500 - Foggia n. 13/14334 - Genova n. 4/16563 - Grosseto n. 22/12791 - Intemelia n. 4/14987
 - Ivrea n. 2/45570 - La Spezia n. 4/19208 - Lecce n. 10254738 - Livorno n. 22/157 - Mantova
 n. 17/14695 - Milano n. 31653207 - Monza n. 57785206 - Napoli n. 1095808 - Novara n. 23/21090
 Padova n. 9/22047 - Palermo n. 7/9302 - Perugia n. 19/10676 - Pescara n. 20/8986 - Prato n. 5/91 - Roma
 n. 42175000 - Rovigo n. 9/14744 - Salerno n. 12/10377 - Savona n. 4/29149 - Torino n. 2/29733 - Trento
 n. 14/5733 - Treviso n. 9/26588 - Udine n. 24/4614 - Urbino n. 15214604 - Valdostana n. 2/10018 - Varese
 n. 27/8952 - Venezia n. 9/24774 - Verona n. 28/2557 - Vicenza n. 28/8605.

Per tutte le altre Sezioni e per la Sede Centrale:

c/c n. **26802009**