

GIORGIO NEBBIA

Direttore dell'Istituto di Merceologia dell'Università di Bari

**APPLICAZIONI PRATICHE
DELL'ENERGIA SOLARE**

*ESTRATTO DAGLI ATTI UFFICIALI DEL
PRIMO CONVEGNO SULL'ENERGIA SOLARE
16 - 17 Giugno 1960*



R O M A

PALAZZO DEI CONGRESSI - E. U. R.

Segreteria: VIA DELLA SCROFA 14 - TELEF. 656.343 - 4 - 5

GIORGIO NEBBIA

Direttore dell'Istituto di Merceologia dell'Università di Bari

APPLICAZIONI PRATICHE DELL'ENERGIA SOLARE

L'esame del problema dell'utilizzazione dell'energia solare come fonte di energia richiede alcune premesse relative alla quantità e alla distribuzione dell'energia disponibile.

La Terra riceve, fuori dell'atmosfera, per ogni cm^2 di superficie esposta perpendicolarmente alla direzione di propagazione della radiazione solare, una energia costante che si aggira intorno a 1,93 piccole calorie al minuto, energia corrispondente a $1150 \text{ kcal}/(\text{mq})$ (ora), cioè a $1,34 \text{ kwh}/(\text{mq})$ (ora).

In altri termini, se noi immaginiamo di installare una macchina solare, funzionante con un rendimento del 100 %, fuori dell'atmosfera, la potenza massima di questa macchina è $1,34 \text{ kw}$ (cioè circa 2 H.P.) per mq. di superficie che raccoglie l'energia solare.

Sulla superficie della Terra arriva una quantità di energia naturalmente inferiore a causa dell'assorbimento e riflessione da parte dell'atmosfera, quantità inoltre variabile durante le ore del giorno e i giorni dell'anno e a seconda della latitudine, nuvolosità, ecc.

Si usa esprimere l'intensità della radiazione solare sulla Terra in $\text{kcal}/(\text{mq})$ (giorno) e si hanno dei valori che, nelle migliori condizioni di esposizione, possono arrivare intorno a $7500 \text{ kcal}/(\text{mq})$ (giorno).

Questo valore ovviamente non ci dà alcuna informazione di come è distribuita tale energia nelle varie ore. In linea di massima si può ritenere che circa il 30% di questa energia raggiunga 1 mq. di superficie terrestre nelle ore dall'alba fin verso le 11, il 40 % dalle 11 alle 15, il rimanente 30 % dalle 15 al tramonto.

Possiamo cioè contare, nelle condizioni più favorevoli, su circa 3000 kcal/mq. distribuite abbastanza omogeneamente in quattro ore, cioè su circa 750 kcal/(mq) (ora) per quattro ore. Per queste quattro ore la disponibilità di energia corrisponde ad una potenza di circa 1 kw/mq., sempre supponendo di disporre di una macchina funzionante con un rendimento del 100 %.

Alle nostre latitudini, d'estate, questo valore scende, nelle ore centrali della giornata, intorno a 0,6 kw/mq. per due o tre mesi all'anno.

Se si considerano le quantità di energia complessive all'anno per mq. si hanno dei valori fra 1.000.000 e 2.000.000 kcal/(mq) (anno), corrispondenti a 1200-2300 kwh/(mq) (anno). Se anche questa energia potesse essere immagazzinata e distribuita al momento della necessità — cosa che oggi è ancora impossibile fare — questi sono i valori della quantità di energia su cui possiamo contare.

Questi pochi dati permettono già di impostare il problema. Mentre la quantità di energia solare disponibile è grande in relazione alle grandi superfici in cui l'energia solare viene utilizzata « naturalmente » — per il ciclo dell'acqua, per il ciclo vegetativo delle piante al quale è legata la vita animale sulla Terra, per il riscaldamento dell'aria che assicura le condizioni termiche in cui la vita animale può esistere — per le applicazioni « artificiali » l'energia solare, disponibile soltanto per poche ore all'anno, è in forma troppo diluita nello spazio.

Allo stato attuale della tecnica sembra difficile poter prevedere l'inserimento dell'energia solare fra le fonti convenzionali di energia, soprattutto a causa dell'enorme superficie da esporre alla radiazione solare (e quindi dell'enorme costo degli impianti di raccolta) per ottenere quantità di energia dell'ordine di grandezza di quelle consumate da comunità urbane, fabbriche, ecc.

L'importanza dell'energia solare e dei mezzi per la sua utilizzazione è tuttavia ugualmente molto grande sotto due profili, uno pratico e uno euristico.

Se è vero, infatti, che sarà quasi impossibile costruire impianti azionati ad energia solare per il rifornimento di energia a grandi città o fabbriche, ecc., è tuttavia possibile progettare impianti o mac-

chine capaci di utilizzare l'energia solare per azionare piccoli motori, piccoli apparecchi elettrici, per scaldare limitate quantità di acqua, per distillare piccole quantità di acque salmastre, ecc.

Per ogni realizzazione in questo senso sono state trovate ed è possibile trovare nuove soluzioni tecniche che possono essere applicate in altri campi e le ricerche per l'utilizzazione dell'energia solare presentano quindi grande interesse scientifico e tecnico.

L'idea di utilizzare l'energia solare a scopi pratici risale ai tempi più antichi; più recentemente i progressi della meccanica e della elettricità hanno portato a migliaia di invenzioni e macchine per l'utilizzazione dell'energia solare.

La maggior parte di queste invenzioni è rimasta allo stato di progetto; molte comunque erano tecnicamente e termodinamicamente infondate.

Infine negli ultimi dieci anni si è andato risvegliando un nuovo vivo interesse per i problemi dell'energia solare che sono stati riesaminati a fondo attraverso una setacciatura di tutte le idee, proposte e invenzioni del passato, attraverso un riesame delle effettive disponibilità di energia solare nei vari paesi della Terra, attraverso accurate trattazioni teoriche dei vari sistemi di utilizzazione della energia solare, attraverso nuove ricerche sperimentali impostate su criteri scientifici.

Questo interesse si è manifestato in molti paesi ma in particolare negli Stati Uniti dove, nel 1954, è stata fondata una associazione internazionale (1) e nel 1955 è stato tenuto il primo congresso internazionale sulle applicazioni dell'energia solare. Negli anni successivi in numerosi altri congressi sono stati discussi particolari pro-

(1) Association for Applied Solar Energy, Campus, Arizona State University, Tempe, Arizona, U.S.A. La Associazione pubblica due periodici: « Solar Energy », di carattere scientifico-tecnico, e « The Sun At Work », di carattere informativo e divulgativo.

blemi; oggi decine di laboratori conducono ricerche sperimentali e sono disponibili varie opere generali sul problema dell'utilizzazione dell'energia solare (2).

Queste ricerche sono state affiancate da un esteso interesse per la determinazione dell'intensità della radiazione solare in tutti i paesi. Tali determinazioni sono indispensabili per poter fare dei bilanci energetici ragionevoli (3).

Nel presente lavoro verrà in particolare esaminato lo stato attuale delle conoscenze nel campo dell'utilizzazione dell'energia solare e le principali prospettive per il futuro.

I principali sistemi noti per l'utilizzazione pratica dell'energia solare si possono dividere come segue:

1) Sistemi che utilizzano direttamente il calore solare senza concentrazione;

2) sistemi che utilizzano direttamente il calore solare con concentrazione;

3) sistemi che trasformano l'energia solare in energia meccanica;

4) sistemi che trasformano l'energia solare in energia elettrica;

5) sistemi che utilizzano l'energia solare per la crescita rapida di grandi quantità di sostanze vegetali.

(2) Confrontare per esempio:

(a) P. Putnam, «Energy in the Future», Van Nostrand Co., New York, 1953.

(b) F. Daniels e J.A. Duffie, «Solar Energy Research», University of Wisconsin Press. Madison, Wisconsin, 1955.

(c) «Wind and Solar Energy», UNESCO, Paris, 1956.

(d) «Proceedings of the World Symposium on Applied Solar Energy, Phoenix, Arizona, November 1-5, 1955», Stanford Research Institute, Menlo Park, California, 1956.

(e) United Nations, «New sources of energy and economic development», New York 1957.

(f) Akademya Nauk S.S.S.R., «Isplyzovanie Solnechnoi Energii», Moscow, 1957.

(g) «Transactions of the Conference on the use of solar energy», The University of Arizona Press. Tucson, Arizona, 1958.

(3) Per l'Italia sono disponibili i dati rilevati in questi ultimi anni dalle stazioni meteorologiche dell'Aeronautica Militare, pubblicati da O. De Pasquale, Riv. Meteorol. Aeron., 16, n. 4 (1956) e 18, n. 3 (1958).

1. Sistemi che utilizzano direttamente il calore solare senza concentrazione

Fra questi sistemi i distillatori solari costituiscono una delle più antiche applicazioni dell'energia solare. Infatti nel 1870 alcuni ingegneri, per approvvigionare di acqua i minatori che scavavano il nitrato sull'altopiano cileno e che prima venivano riforniti di acqua trasportata a dorso di mulo, costruirono un grande distillatore solare per trasformare in acqua dolce l'acqua salmastra disponibile sul posto che aveva un contenuto salino di oltre il 10 %. Tale distillatore si estendeva su una superficie di 4400 mq. ed era in grado di fornire fino a 22 metri cubi di acqua al giorno (4).

Il principio di funzionamento dei distillatori solari è semplice: schematicamente un distillatore solare è costituito da una vasca contenuta in uno spazio chiuso, limitato da pareti trasparenti alla radiazione solare.

L'energia solare passa attraverso le pareti o il tetto del distillatore, viene assorbita dall'acqua nella vasca e ne fa aumentare la temperatura; una parte dell'acqua evapora e il vapore si condensa sulle superfici interne delle pareti o sul tetto del distillatore; l'acqua distillata viene raccolta entro grondaie e avviata ai recipienti di raccolta.

Tenendo presente che la quantità di calore necessaria per far evaporare 1 kg. di acqua si aggira sulle 600 kcal., con una radiazione solare di circa 5000 kcal/ (mq) (giorno) la quantità di acqua dolce prodotta può arrivare al massimo intorno a 8 litri/ (mq) (giorno) se si suppone che il rendimento del distillatore sia 100 %, cioè che tutta l'energia incidente possa essere impiegata per evaporare l'acqua.

Poichè il rendimento dei distillatori solari ben costruiti si aggira intorno al 50 %, una produzione di 4-5 litri/ (mq) (giorno) nei mesi estivi si può considerare già elevata.

I distillatori solari sono stati oggetto di molte ricerche anche perchè da alcuni anni negli Stati Uniti uno speciale Office of Saline

(4) J. Harding, Proc. Inst. Civil Engrs., 73, 284 (1883).

Water del Department of the Interior incoraggia e sovvenziona studi sui sistemi di demineralizzazione delle acque salmastre (5).

I distillatori solari finora proposti o realizzati partono tutti dallo stesso principio e soffrono delle stesse limitazioni. Il principale ostacolo alla loro costruzione e uso su larga scala consiste nel fatto che, mentre si conoscono efficienti sistemi di distillazione con ricupero di calore, a più effetti, finora non è stato possibile costruire dei distillatori solari altro che a semplice effetto.

Un distillatore solare produrrà quindi acqua dolce con poca spesa se l'impianto costerà poco. Infatti non esistono spese di funzionamento e quelle di manutenzione sono molto modeste, limitate a quelle di caricamento dell'acqua salmastra nella vasca e di pulizia.

I distillatori solari utilizzano per la distillazione l'energia solare man mano che essa è disponibile e la irregolarità della distribuzione nelle varie ore del giorno non porta inconvenienti nel loro funzionamento. La quantità di acqua distillata si può considerare proporzionale alla quantità di energia che raggiunge la vasca, entro certi limiti.

Per avere quantità di acqua distillata rilevanti è necessario costruire grandi distillatori, costituiti da vasche di legno, o lamiera, o muratura, col fondo termicamente ben isolato, coperte con un tetto inclinato di materiale trasparente, a perfetta tenuta d'aria.

Nella pratica si è osservato che è difficile trovare degli efficienti isolamenti termici della vasca, realizzare la perfetta tenuta del tetto trasparente e soprattutto contenere il costo per unità di superficie entro limiti modesti (6).

(5) Confrontare, per esempio:

(a) G.O.G. Löf, « Demineralization of Saline Water with solar energy », Office of Saline Water Research and Development Progress Report N. 4, Agosto 1954, Washington, D.C.

(b) M. Telkes, « Research on Methods for Solar Distillation », Office of Saline Water Research and Development Progress Report N. 13, Dicembre 1956, Washington, D.C.

(c) UNESCO, « Problems of utilization of saline water », Paris, 1957.

(d) National Academy of Science-National Research Council Publication N. 568, Washington, D.C., 1958.

(e) G. Nebbia, Boll. Sci. Fac. Chim. Ind. Bologna, 16, 7 (1958); Ricerca Scientifica, 28, 1281 (1958).

Il problema della realizzazione di distillatori solari efficienti e poco costosi richiede ancora un gran numero di ricerche; è indubbio che, mentre non si può pensare di approvvigionare di acqua dolce grandi comunità con l'acqua ottenuta mediante distillatori solari, esiste un gran numero di casi — piccoli villaggi, case isolate, ecc. — in cui l'uso di distillatori solari può essere di grande utilità per il rifornimento di acqua dolce.

Sempre nel campo dell'utilizzazione diretta dell'energia solare senza concentrazione vanno citate le realizzazioni, anche commerciali, di riscaldatori solari. Si tratta in genere di reti di tubature, nelle quali circola acqua, esposte alla radiazione solare e collegate ad un serbatoio centrale.

Se si suppone di disporre di una radiazione di 5000 kcal/ (mq) (giorno) e di avere un riscaldatore con una superficie esposta di 10 mq., nel corso della giornata si dispone di 50.000 kcal con le quali è possibile innalzare la temperatura di 100 litri di acqua da 20 a 70° — naturalmente supponendo che il trasferimento di calore all'acqua sia completo e che non si abbiano dispersioni di calore nelle tubazioni e nel serbatoio.

Nella pratica l'effetto riscaldante sarà limitato ai mesi estivi ma questi riscaldatori comunque possono trovare qualche applicazione domestica e sembrano destinati ad una certa diffusione anche sul piano commerciale, soprattutto grazie alla loro semplicità costruttiva e di funzionamento (7) (8).

(6) Per le ricerche condotte in Italia sui distillatori solari negli Istituti di Merceologia delle Università di Bari e Bologna cfr.:

G. Nebbia, *Geofisica e Meteorologia (Genova)*, 1, 100 (1953); *La Chimica e l'Industria*, 36, 20 (1954); *Geofisica e Meteorologia (Genova)*, 2, 50 (1954); *Ricerca Scientifica*, 25, 1443 (1955); *Macchine e Motori Agricoli (Bologna)*, 16, 83 (1958).

G. Nebbia e E.M. Pizzoli, *Ricerca Scientifica*, 29, 1941 (1959).

(7) Per varie soluzioni pratiche confrontare, per esempio, il lavoro di R.N. Morse contenuto nel libro citato della nota (2d) alle pagine 191-200.

(8) Per le ricerche condotte in Italia in questo campo confrontare i lavori sul riscaldatore sferico di G. Vinaccia, *Geofisica e Meteorologia (Genova)*, 1, 77 (1953).

Una soluzione molto ingegnosa del problema è stata proposta dalla Dott.ssa Telkes (9) e consiste nell'utilizzare il calore solare per una trasformazione reversibile che assorba calore in modo che il calore possa essere restituito in un secondo tempo.

Questa soluzione è stata usata per il riscaldamento di una casa sperimentale a Dover, Massachusetts, negli Stati Uniti. Il calore solare viene trasferito ad una serie di recipienti chiusi ermeticamente e contenenti solfato sodico decaidrato che fonde a circa 32° assorbendo 50 kcal/kg. Quando la temperatura scende sotto 32° il solfato sodico cristallizza cedendo circa la stessa quantità di calore.

Se si riesce a scaldare col calore solare durante il giorno uno spazio chiuso contenente molti recipienti pieni di solfato sodico decaidrato, durante la notte la sostanza cede lentamente il proprio calore riscaldando i locali in cui si trova.

L'applicazione della pompa di calore al riscaldamento e al condizionamento dell'aria nelle case è stata oggetto di numerosi studi, soprattutto negli Stati Uniti. Il problema è sostanzialmente simile a quello che si presenta nel normale condizionamento d'aria, ad eccezione del fatto che la fonte di energia è costituita dal calore solare raccolto con grandi superfici poste, per esempio, sul tetto della casa (10).

2. Sistemi che utilizzano direttamente il calore solare con concentrazione.

Certamente la più antica applicazione dell'energia solare è quella derivata dall'osservazione che, se si raccoglie il calore solare con uno specchio parabolico, il calore può essere concentrato in uno spazio anche molto ristretto, intorno al fuoco dello specchio, determinando un innalzamento di temperatura anche altissimo in qualsiasi corpo si trovi intorno al fuoco.

(9) M. Telkes, *Heating and Ventilating*, 44, 68-75, Maggio 1947; 46, 68-74, Settembre 1949; 46, 79-86, Novembre 1949.

(10) Confrontare, per esempio, i lavori contenuti nel libro citato nella nota (2d) alle pagine 103-211.

Questa strada è stata seguita in questi ultimi anni da molti ricercatori. Il gruppo forse più rilevante di ricerche è quello di Trombe che ha costruito in Francia e in Algeria specchi solari di grandi dimensioni (100 mq. a Mont Louis, sui Pirenei) per lo studio di materiali refrattari, di reazioni chimiche e per ricerche alle alte temperature (11).

Queste ricerche presentano particolare interesse perchè i progressi nel campo dell'energia nucleare e della propulsione a reazione hanno portato alla necessità di materiali da costruzione resistenti ad altissime temperature. Con i forni solari è possibile operare facilmente a temperature di 2500-3200° per tempi abbastanza lunghi e con attrezzature relativamente semplici.

Le ricerche con forni solari di piccole e grandi dimensioni vengono ormai condotte comunemente (2f) (2g); i riflettori da aeronautica si prestano molto bene come semplici forni solari.

Fra le reazioni chimiche realizzate col grande forno solare di Mont-Louis si può ricordare la sintesi diretta dell'acido nitrico dall'azoto e dall'ossigeno dell'aria (12), sintesi che, come è noto, richiede altissime temperature e che non è economicamente conveniente quando queste temperature si ottengono con un arco elettrico (sistema Birkeland-Eyde, oggi abbandonato).

I forni solari presentano l'inconveniente che richiedono dei dispositivi per tenere costantemente orientato verso il sole lo specchio parabolico ma il loro interesse come strumenti di ricerca è indubbiamente grande.

Qualche applicazione domestica, sullo stesso principio, è stata realizzata sotto forma di fornelli solari, di circa 1-2 mq. di superfi-

(11) F. Trombe, M. Foëx e C.H. La Blanchetais, *Anu. Chim.*, 2, 385 (1947); *Compt. Rend.*, 226, 83 (1948); *J. Recherches Centre Natl. Recherches Sci.*, 1948, (4-5), 61; *Compt. Rend.*, 228, 1107 (1949).

F. Trombe, *Verres et Refract.*, 3, 83 (1949).

F. Trombe e M. Foëx, *Compt. Rend.*, 230, 2294 (1950); 238, 1419 (1954); *Bull. Soc. Chim. France*, 1954, 1282 e 1315; *Silicates Ind.*, 19, 406 (1954); *Compt. Rend.*, 240, 196 e 1225 (1955); *Bull. Soc. Chim. France*, 1957, 532; *Compt. Rend.* 244, 2605 (1957); *Bull. Soc. Franc. Ceram.*, n. 25, 11 (1954) e n. 34, 11 (1957).

(12) F. Trombe, M. Foëx e C.H. La Blanchetais *Compt. Rend.*, 225, 1073 (1947); 233, 311 (1954); 234, 1451 (1952).

cie, adatti per il riscaldamento o la cottura di piccole quantità di cibo. Con questi fornelli solari, se si dispone di una radiazione di circa 750 kcal/ (mq) (ora) (valore molto elevato e comunque raggiungibile nelle ore calde della giornata) in sei minuti si può portare un litro di acqua all'ebollizione. Il principale inconveniente è dato comunque dal fatto che il loro uso è limitato alle ore di elevata insolazione.

Fra le applicazioni dei sistemi di concentrazione dell'energia solare può essere interessante citare l'impiego dell'energia solare per il funzionamento di un impianto frigorifero ad assorbimento, realizzato nell'Unione Sovietica (2f) (13).

Il vapore ottenuto in un forno solare viene impiegato per far evaporare l'ammoniaca da una sua soluzione; l'ammoniaca viene poi condensata, evapora nell'evaporatore del frigorifero e rientra in ciclo. L'impianto è in grado di produrre 250 kg. di ghiaccio al giorno ciò che corrisponderebbe, considerando soltanto il calore latente di fusione, a un consumo di almeno circa 20.000 kcal. al giorno.

Un'altra applicazione ancora può essere data dalla trasformazione della energia solare in energia chimica; attraverso numerose ricerche è stato stabilito che l'acqua può essere decomposta cataliticamente dalla luce in idrogeno e ossigeno. L'idrogeno e l'ossigeno, reagendo fra loro, producono energia e con questo sistema, che per ora è ancora allo stato di studio, sarebbe possibile immagazzinare l'energia solare (2b) (14).

3. *Sistemi che trasformano l'energia solare in energia meccanica.*

Fin dalla fine del secolo scorso sono stati costruiti dei dispositivi capaci di trasformare l'energia solare in energia meccanica. E' evidente che questa applicazione è commercialmente la più importante perchè in molte zone calde mancano altre fonti di energia e sarebbe invece necessario disporre di pompe per l'acqua, generatori di elettricità, ecc.

(13) Confrontare anche i lavori di G.O.G. Löf e di V.A. Baum pubblicati nel libro citato nella nota (2d) rispettivamente alle pagine 171-189 e 289-298.

(14) Cfr., per esempio: M. Telkes, J. Appl. Phys., 25, 6, Giugno 1954.

Esistono alcune rassegne sul problema e sulle varie ingegnose soluzioni progettate o realizzate (2f) (15).

I motori solari consistono essenzialmente in un collettore della energia solare, in un sistema per trasferire il calore solare ad un fluido e in un sistema per trasformare in energia meccanica l'innalzamento di temperatura o la variazione di stato di questo fluido.

I collettori possono essere piani, e in questo caso il fluido circola in una rete di tubature, o parabolici, e in questo caso generalmente il fluido circola in una tubatura orizzontale il cui asse si trova nel fuoco della parabola.

Come fluidi sono stati impiegati aria, acqua o un gas compressibile, come anidride solforosa, ammoniacca, ecc. (16).

In generale i motori solari finora costruiti hanno rendimenti abbastanza bassi (dell'ordine del 10-20%) e sono meccanicamente complicati.

Quello dei motori solari è indubbiamente un campo di ricerche in cui la applicazione di soluzioni meccanicamente nuove o di nuovi principi fisici può portare a soluzioni rivoluzionarie. In precedenza si è accennato all'importanza euristica delle ricerche nel campo della energia solare; si ha qui un esempio delle necessità di nuove idee e della loro sperimentazione scientifica, per arrivare a soluzioni pratiche.

E' vero che la disponibilità di energia corrisponde a circa 0,6 kw/mq. per alcune ore del giorno ma è anche vero che con collettori relativamente semplici e di grande superficie è possibile ottenere energia meccanica in quantità sufficiente per modeste necessità agricole o domestiche.

I campi in cui l'energia meccanica ottenuta con motori solari si prospetta maggiormente utile sono quelli delle pompe per il sollevamento dell'acqua, di azionamento di motori elettrici per il caricamento di batterie di accumulatori, radio, impianti di illuminazione, piccoli frigoriferi, ecc.

(15) Cfr., per esempio, il lavoro di R.C. Jordan e W.E. Ibele pubblicato nel libro citato nella nota (2d) alle pagine 81-101.

(16) Alcuni motori con collettori piani e che usano come fluido anidride solforica sono stati costruiti in Italia dalla Ditta Somor di Lecco. I motori azionano pompe per acqua.

4. *Sistemi che trasformano direttamente l'energia solare in energia elettrica.*

Gli enormi progressi realizzati recentemente nel campo dei semiconduttori hanno avuto dei riflessi diretti anche nel campo della utilizzazione dell'energia solare. Si può anzi affermare che praticamente l'unica forma di utilizzazione su scala commerciale dell'energia solare consiste nelle batterie solari, costituite da serie di cellule fotoelettriche in cui, per esposizione alla radiazione solare, si generano delle correnti elettriche con una utilizzazione dell'energia disponibile fino al 10 % circa.

L'unica applicazione commerciale è la più costosa; le batterie di cellule fotoelettriche per queste applicazioni sono molto costose e quindi il sistema non presenta, almeno per ora, interesse per il pubblico ma soltanto per applicazioni speciali.

E' noto che cellule solari vengono impiegate nei satelliti artificiali per ottenere l'energia necessaria agli strumenti di registrazione e di trasmissione dei dati; simili batterie sono impiegate per l'alimentazione di mezzi di comunicazione di emergenza come radio portatili militari, ecc.

Entro certi limiti l'energia elettrica generata direttamente dalla energia solare può essere utilizzata per caricare batterie di accumulatori e in questo caso si può realizzare un «immagazzinamento» dell'energia solare raccogliendola quando è disponibile e utilizzandola in qualsiasi altro momento.

Gli sviluppi di questo tipo di utilizzazione dell'energia solare sono strettamente legati alle realizzazioni della grande industria dei semiconduttori.

Le cellule fotoelettriche solari sono in generale disposte in superfici piane e l'energia solare è raccolta senza concentrazione.

Un altro sistema di trasformazione diretta dell'energia solare in energia elettrica può essere realizzato usando gli effetti termoelettrici mediante serie di coppie di conduttori. Le saldature fra questi conduttori sono alternativamente scaldate o mantenute a tempera-

tura ambiente. Nei conduttori si genera una corrente elettrica. Il riscaldamento può essere realizzato con l'energia solare, concentrata mediante uno specchio (17).

5. *Sistemi che utilizzano l'energia solare per la crescita rapida di grandi quantità di sostanze vegetali.*

Un'altra interessante possibilità di applicazione dell'energia solare, che è stata oggetto di numerosi studi in questi ultimi anni, consiste nella riproduzione accelerata di quello che la natura realizza lentamente attraverso la fotosintesi clorofilliana ma con un rendimento che, nei terreni coltivati, è stato valutato soltanto di circa lo 0,5% rispetto all'energia solare disponibile.

E' stato dimostrato che è possibile produrre in uno spazio relativamente limitato grandi quantità di alghe (in particolare dell'alga *Chlorella*) sotto l'azione dell'energia solare.

In pratica grandi vasche, contenenti soluzioni degli elementi inorganici nutritivi per queste alghe, sono esposte al sole in una atmosfera arricchita in anidride carbonica. Le alghe si moltiplicano con grande velocità ed è così possibile « fabbricare » materiale organico vivente che può essere seccato ed impiegato per l'alimentazione del bestiame ed eventualmente anche umana. Queste alghe sono ricche in proteine e presentano un elevato valore nutritivo.

Il rendimento previsto è di circa 20 gr. di alghe per mq. al giorno; il costo delle alghe dovrebbe aggirarsi sulle 300 lire al chilogrammo (2d).

Gli impianti si prospettano indubbiamente complessi e il materiale che si ottiene non sembra molto soddisfacente dal punto di vista dell'alimentazione umana. Anche il costo è per ora molto elevato.

Le ricerche in questo campo hanno riscosso grande interesse in molti paesi. Nel Giappone e negli Stati Uniti sono state condotte le ricerche più estese: la soluzione del problema sembra però ancora lontana pur avendo il problema aspetti molto interessanti scientificamente.

(17) L. J. Heidt e A.F. Mc. Millan, *Science*, 117, 75 (1953).

TIPOGRAFIA CARPENTIERI

Via dei Reti n. 28 - Tel 490.680

- R O M A -