

Enrico Turrini \*

## L'era solare \*\*

### 1. Una O.N.G. (Organizzazione non governativa) per la promozione dell'era solare

L'abbandono della via energetica dura con i problemi legati alla energia nucleare e con quelli derivanti dall'utilizzo di combustibili fossili e l'avvio verso la via energetica dolce che conduce all'*era solare*, capace di assicurare all'umanità in forma duratura un approvvigionamento di energia ecologicamente e socialmente compatibile: questo il compito che si propone l'Associazione "Eurosolar" nata a Bonn il 22 agosto 1988 per una presa di coscienza della responsabilità etica di mantenere e, dove necessario, di ripristinare condizioni di vivibilità sulla terra per uomo ed ambiente.

Un compito principalmente *politico* quello di promuovere l'avvento dell'"era solare" dato che, come discusso ampiamente negli articoli precedenti, non vi sono dubbi sulla fattibilità tecnica ed economica dell'alternativa.

Ideatore e primo presidente dell'Associazione è Hermann Scheer parlamentare dell'SPD esperto di disarmo e da lungo tempo uno dei più convinti fautori delle fonti energetiche alternative. I soci fondatori, circa 160 persone tra cui anche l'autore dell'articolo, provengono dal mondo europeo della politica, della tecnica, della economia e della cultura.

Sono già stati costituiti dei gruppi di lavoro che organizzano seminari di studio e convegni. Compito principale è quello di elaborare proposte pratiche per l'avvio della via alternativa.

---

\* Giudice tecnico della Camera dei Ricorsi (ultima istanza) di fisica presso l'Ufficio dei Brevetti a Monaco, Germania Federale.

Membro dell'Associazione degli scienziati per la Pace della Repubblica Federale Tedesca.

\*\* Questo è il quarto di una serie di articoli sul tema: "Scelte energetiche per un futuro di pace". Nei primi due intitolati rispettivamente "Dalle centrali nucleari alle bombe: un legame pericoloso" (apparso nel n. 3 - 1987 della rivista) e "Nucleare e diritto alla vita" (apparso nel n. 1 - 1988 della rivista) sono stati discussi i pericoli della scelta energetica nucleare. Nel terzo intitolato "Energia: l'umanità ad un bivio" (apparso nel n. 2 - 1988 della rivista) si sono indicati i rischi della scelta energetica dura che include quella nucleare e, contemporaneamente la fattibilità tecnico - economica della *via energetica dolce*.

### *Gruppo di lavoro n. 1: Vie per aprire il mercato dell'energia solare*

– Verranno elaborate le linee direttive per l'introduzione sul mercato delle possibili sorgenti energetiche alternative e saranno studiati i corrispondenti modelli di finanziamento (per es. realizzazione di impianti dimostrativi, "joint ventures" a livello nazionale ed internazionale, proposte di rifinanziamento, investimenti in programmi energetici pubblici sia statali che comunitari).

– Verranno prese in considerazione con particolare attenzione le possibilità di introduzione delle tecniche di energia solare in relazione all'utilizzo razionale dell'energia specialmente a livello locale.

### *Gruppo di lavoro n. 2: Energia solare e Terzo Mondo*

– Saranno definite le misure pratiche fondamentali per salvare l'atmosfera terrestre e per evitare catastrofi locali con l'introduzione delle tecniche energetiche solari in collegamento con ulteriori misure per la riduzione dei problemi climatici dovuti alla anidride carbonica (effetto serra).

– Verranno discusse strategie tecnico-economiche per il superamento del sottosviluppo con l'aiuto dell'energia solare.

– Verranno studiate le modalità di realizzazione delle tecniche solari per il Terzo Mondo ed il corrispondente impegno industriale europeo.

### *Gruppo di lavoro n. 3: Promozione della ricerca e sviluppo dell'energia solare e della produzione di idrogeno da energia solare*

– Verrà analizzato lo stato attuale della ricerca e dello sviluppo delle energie rinnovabili in relazione alle altre ricerche in campo energetico (fossili, nucleare da fissione e fusione) nei singoli Paesi europei.

– Verranno elaborati programmi per la ricerca di base ed applicata e per lo sviluppo.

– Verranno fatte proposte concrete per il miglioramento delle organizzazioni di ricerche pubbliche, per i procedimenti di finanziamento e promozione industriale, per la cooperazione industriale e per la cooperazione attiva tra ricerca in enti pubblici e nella industria privata.

### *Gruppo di lavoro n. 4: Energia solare e cambiamenti strutturali a livello amministrativo*

– Verranno elaborati i concetti base della conversione da strutture industriali orientate verso gli armamenti a strutture industriali che promuovono il solare.

– Verrà studiata la fase di passaggio dalle strutture attuali del governo dell'energia, al governo dell'energia solare: si tratta della ristrutturazione delle attuali imprese pubbliche e private da semplici produttrici di energia a produttrici di prestazioni. In questo contesto un'attenzione particolare verrà dedicata alla

conversione da sistemi di produzione energetica che si basano su energia nucleare, gas, petrolio e carbone a sistemi imperniati sulla riduzione del fabbisogno energetico e sulle tecniche solari.

– Verranno valutate le possibilità di innovazione strutturale economica ed industriale di un'Europa avviata verso l'era solare. Verranno anche presi in considerazione i settori ad essa collegati quali quelli dell'acciaio, delle costruzioni di impianti, dell'industria elettrotecnica, chimica e ceramica, della costruzione di motori e veicoli, etc.

#### *Gruppo di lavoro n. 5: Stato dello sviluppo e costi delle tecniche solari*

– Verranno discussi lo stato di sviluppo e i costi delle singole componenti delle tecniche solari, quali il solare diretto, il vento, l'acqua, la biomassa, etc. come anche i diversi procedimenti per la produzione, l'immagazzinamento ed il trasporto dell'idrogeno prodotto con l'energia solare, ed infine le energie rinnovabili non inquinanti per il traffico terrestre, aereo e marittimo e per il riscaldamento.

– Verranno anche elaborati i principali concetti che conducono ad una riduzione dei costi delle tecniche solari con l'utilizzo razionale dell'energia in campi diversi e in particolare nell'edilizia.

#### *Gruppo di lavoro n. 6: Energia solare e legislazione*

– Verranno fatte proposte legislative concrete che facilitino l'utilizzo intelligente dell'energia e lo sviluppo del solare.

– Verranno studiate le differenti legislazioni dei Paesi europei ed i prevedibili sviluppi.

– Verranno fatte proposte di direttive a livello europeo per accelerare l'avvio verso l'era solare.

#### *Gruppo di lavoro n. 7: La società dell'era solare*

– Verrà discussa la modifica dei rapporti all'intero della società nell'era solare e la necessaria preparazione filosofica e pratica: come devono modificarsi la politica, l'economia, le strutture statali, la vita di lavoro e il tempo libero per lo sviluppo di una società industriale – ecologica che si serve di tecnologie solari compatibili con il ritmo della natura; quali compiti dovrà porsi l'architettura e la pianificazione delle città; come dovranno essere progettate le infrastrutture della società quali per es. i sistemi di trasporto, la scuola e la scienza, l'ordine economico internazionale, i rapporti tra Stati.

Questo gruppo dovrà dare l'avvio ad una presa di coscienza e discussione approfondita di questa problematica.

Dovranno essere studiati i mezzi di scambio all'interno dell'Associazione, le strategie delle pubbliche relazioni per la divulgazione delle finalità che Eurosolar si prefigge e l'organizzazione di un ufficio per la pubblicazione dei documenti elaborati.

## **2. Consumo di energia e fabbisogno energetico**

Nell'articolo della serie apparso nel n. 2 - 1988 della rivista si è ricordato che oggi nel mondo vengono consumati annualmente circa 10 Terawatt di energia primaria corrispondenti approssimativamente a 7 miliardi di tonnellate equivalenti di petrolio, ossia mediamente circa 2 KW per persona. In Europa vengono consumati 6 KW per persona, negli USA 2 KW, mentre in molti Paesi del Terzo Mondo si rimane sotto i 200 W!

Un abbassamento del valore medio a 1,5 KW per persona ed una forte riduzione delle differenze di consumo tra Nord e Sud sarebbero mete tecnicamente raggiungibili nel giro di qualche decina d'anni.

Attualmente nei Paesi industrializzati a livello produzione, il 30% dell'energia va perduta in calore e solo il 70% è energia disponibile a livello utilizzatore (carburante, energia elettrica, etc.) e, di quest'ultima una buona parte va dispersa.

Dell'energia fornita all'utilizzatore circa l'80% è costituita da combustibili fossili, il 15% da energia elettrica, il 5% da calore recuperato nelle trasformazioni energetiche.

Inoltre è importante ricordare che circa 1/3 dell'energia impiegata è energia di riscaldamento (e di refrigerazione) e quindi a bassa temperatura, 1/3 è usata in processi termici industriali una parte dei quali richiede energia ad alta temperatura ed 1/3 è impiegata come energia motrice (trasporti, motori in genere, etc.).

In definitiva si può affermare che circa il 50% dell'energia totale di cui una Nazione industrializzata del Nord del mondo ha bisogno è energia termica a media e bassa temperatura (tra i 50 e i 100°C); 15-20% energia termica ad alta temperatura ed il rimanente 30-35% energia motrice di cui solo il 30% (10% dell'energia totale a livello impiego) è energia elettrica ed il rimanente energia sotto forma di combustibile per motori a combustione interna. Non ci deve ingannare il fatto che attualmente l'energia elettrica corrisponde a percentuali del 15-16%, superiori quindi al 10% dell'energia totale impiegata. Ciò è dovuto al cattivo uso che spesso se ne fa. Un'energia pregiata come l'elettrica non dovrebbe mai essere utilizzata per esempio per riscaldamento (cucine, stufe, boilers), cosa che invece avviene con una certa frequenza.

La figura n. 1 riporta in forma visiva i dati energetici precedentemente discussi.

Un'altra serie di dati importanti (vedi figura n. 2) è quella relativa ai consumi energetici suddivisi in base agli utilizzatori: in un Paese industriale del centro Europa (le Regioni del Sud possono presentare differenze dovute al minor consumo di energia per riscaldamento) il 35% dei consumi è per usi domestici e commerciali, il 40% per industria ed agricoltura, il 25% per i trasporti.

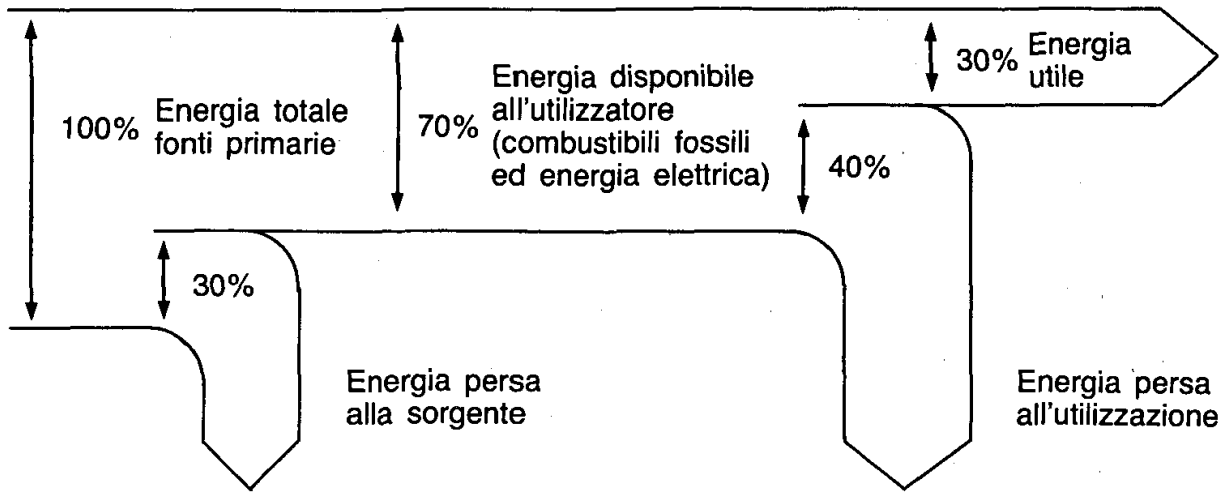


Fig. 1a - Bilancio energetico medio di una nazione industrializzata

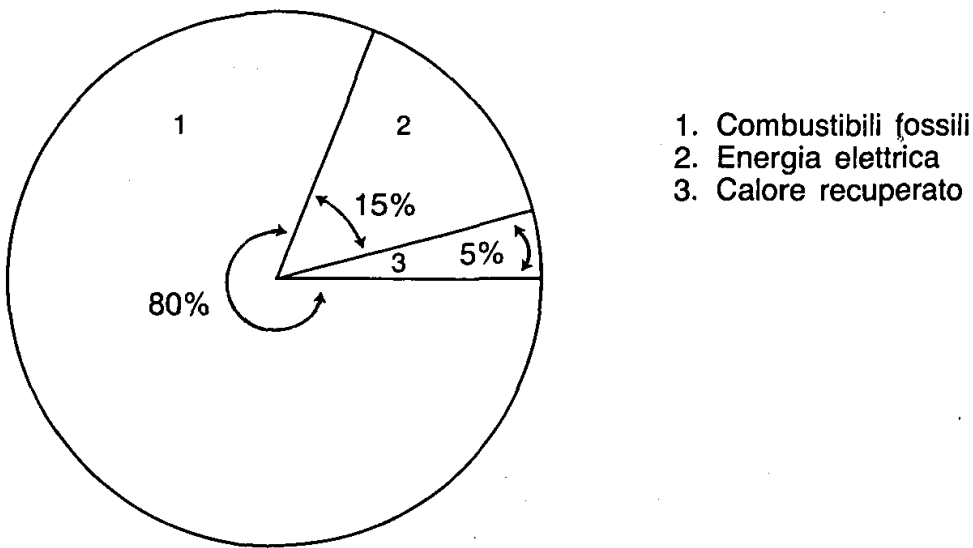


Fig. 1b - Ripartizione dell'energia disponibile all'utilizzatore

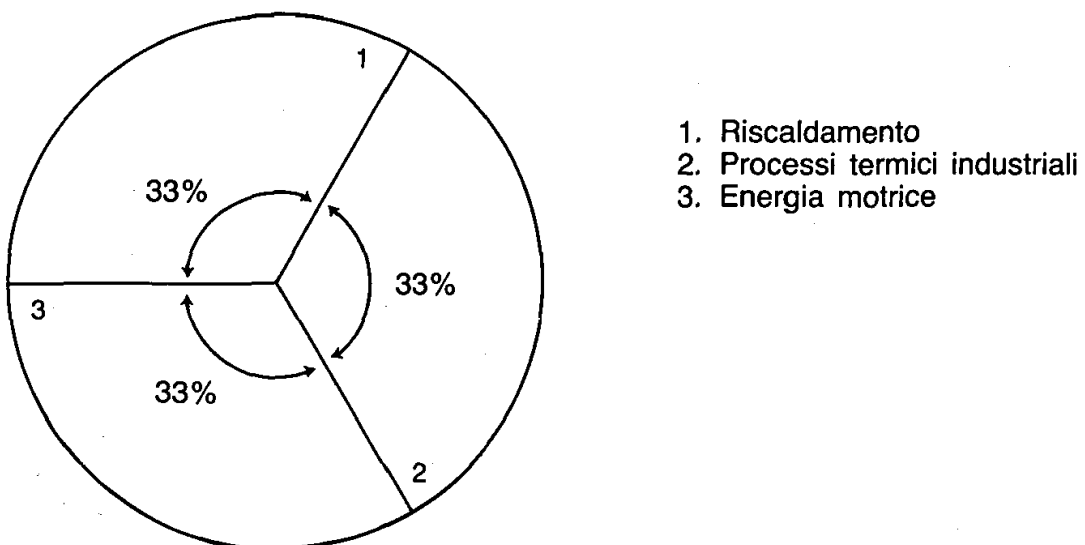
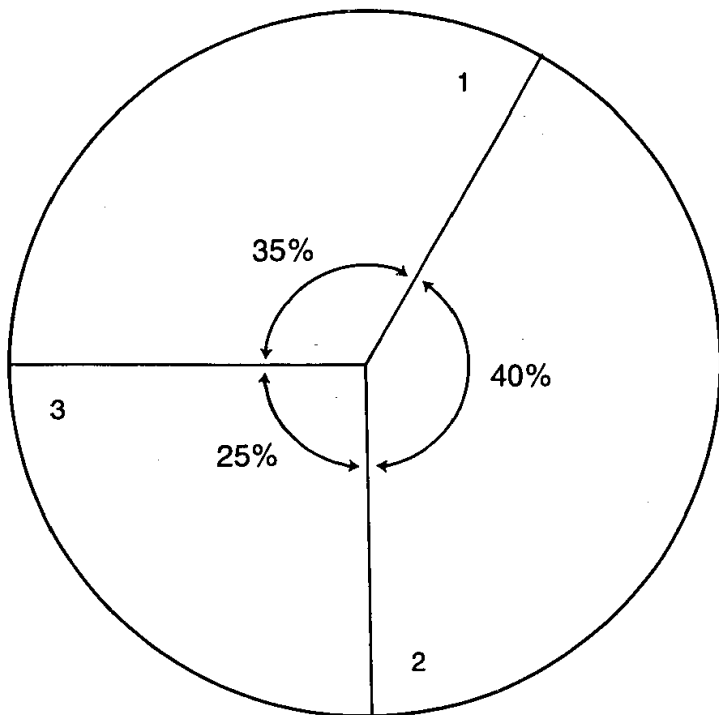


Fig. 1c - Ripartizione dell'energia disponibile all'utilizzatore in relazione al tipo di impiego



1. Consumi per usi domestici e commerciali
2. Industria ed agricoltura
3. Trasporti

Fig. 2 - Consumi energetici suddivisi per utilizzatori

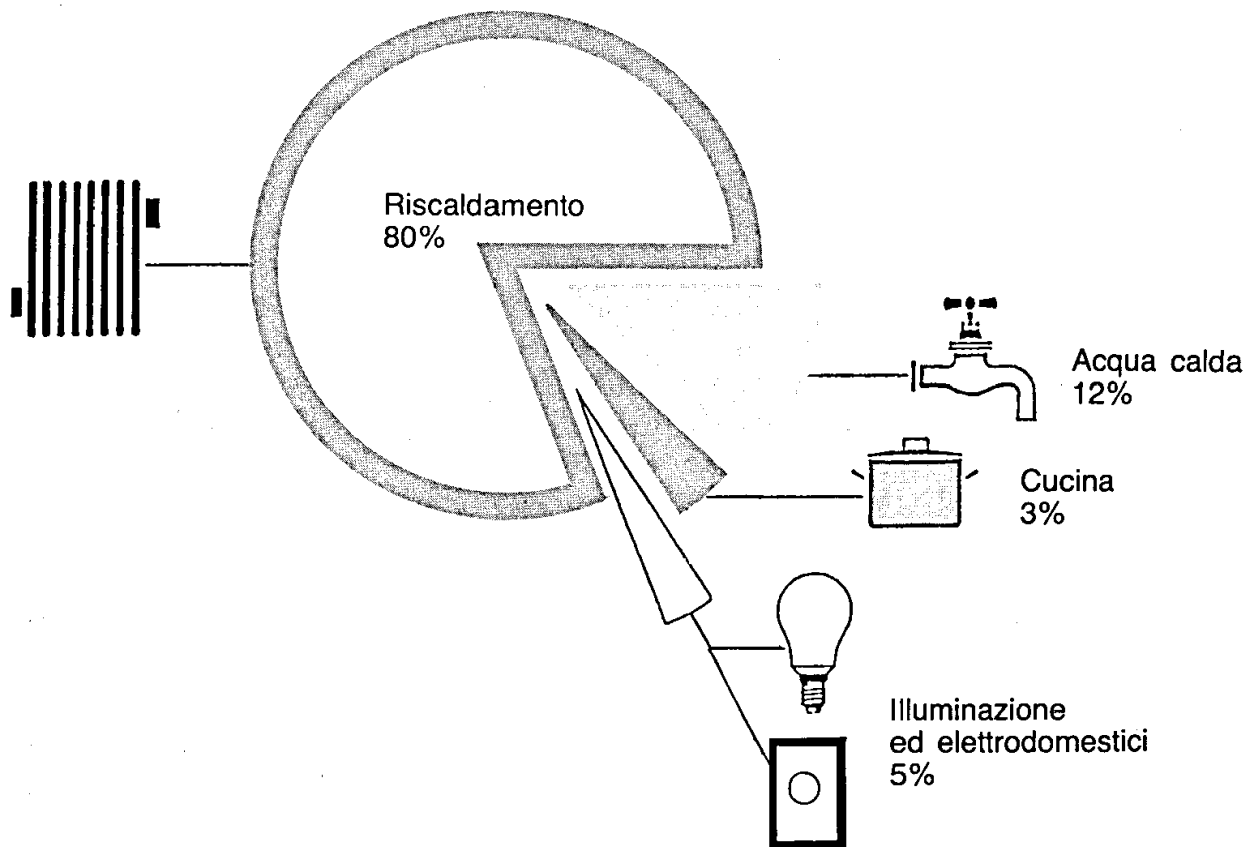


Fig. 3 - Suddivisione energia per usi domestici

Sempre considerando la media del centro Europa, la suddivisione dell'energia per usi domestici è presentata nel grafico della figura n. 3.

Tenendo presenti i dati riportati in questo capitolo e il fatto che l'industria si trasforma sempre più da industria di lavorazione di materie prime (acciaierie etc.), fortemente concentrata e ad alto consumo di energia, a industria del riciclaggio di piccole e medie dimensioni ed a ridotto consumo energetico, si può concludere che nella maggioranza dei casi le fonti di energia distribuita si presentano come le più adatte.

### 3. Caratteristiche dell'energia solare

L'energia solare diretta e indiretta presenta delle caratteristiche prima fra tutte quella della forte distribuzione, che la rendono particolarmente adatta a soddisfare i fabbisogni energetici dell'umanità.

L'energia del sole irradiata sulla terra corrisponde a  $1,5 \times 10^9$  TWh/anno =  $1,78 \times 10^5$  TWanni/anno (TW =  $10^{12}$  W). Di questa, il 33% viene riflessa dall'atmosfera nello spazio, il 44% è energia in massima parte termica riflessa dalla terra sotto forma di raggi infrarossi, il 21% è energia utilizzata per la vaporizzazione dell'acqua (formazione delle nuvole), il 2% si trasforma in energia immagazzinata nel vento (eolica) nelle onde e nelle maree e solo l'1% viene immagazzinata chimicamente (fossili) e biologicamente (biomassa).

Si tratta di valori medi che variano da regione a regione sia per la diversa inclinazione dei raggi solari, sia per la diversa nuvolosità.

La figura n. 4 mostra l'energia solare media annuale per m<sup>2</sup> orizzontale di superficie terrestre espressa in KWh nelle varie regioni.

Le linee a tratto forte collegano i punti a ugual energia. In Europa si hanno

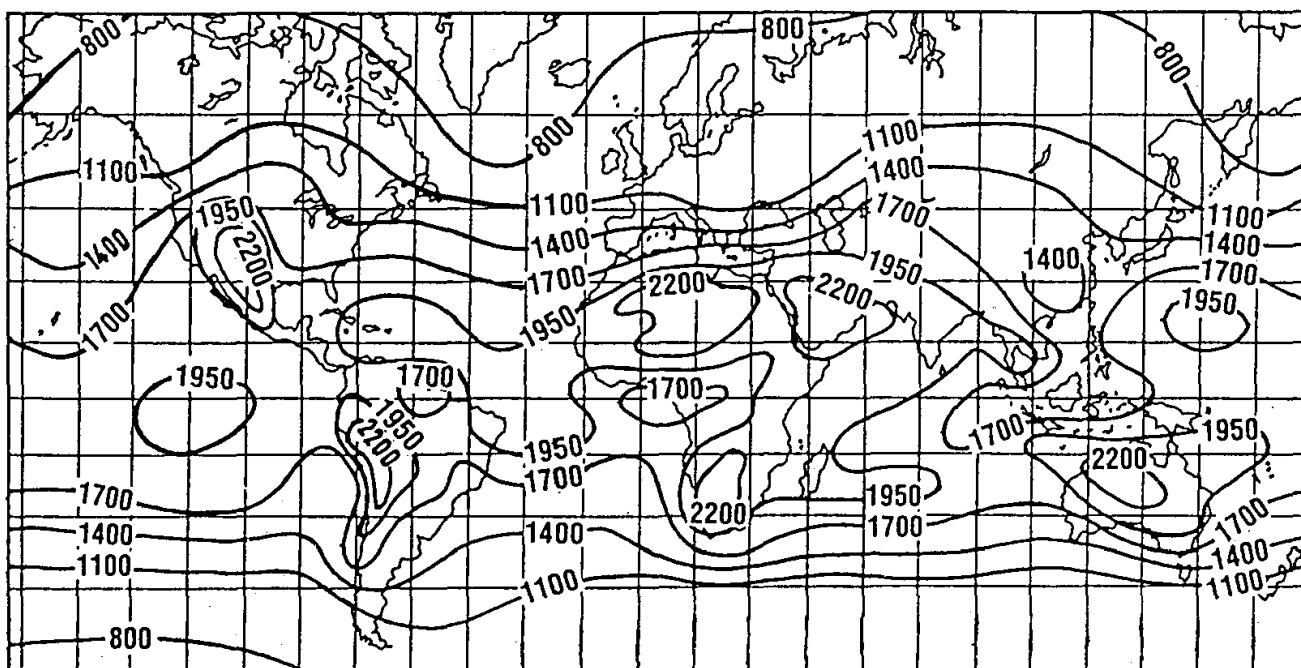


Fig. 4 - Energia solare media annua in differenti regioni

valori che oscillano tra i 900 e i 1500 KWh/m<sup>2</sup> all'anno, cioè una media di alcuni KWh/m<sup>2</sup> al giorno.

Nel caso di riduzione del fabbisogno energetico medio globale (industriale e privato) a circa 1,5 KW per abitante e considerando un'efficienza del 70% dei collettori solari e del 15% del fotovoltaico, sarebbero necessari teoricamente circa 20-30 m<sup>2</sup> di superficie per abitante per coprire il totale fabbisogno energetico. È da tener presente che superfici non utilizzabili per altri scopi quali per esempio i tetti delle case sono particolarmente adatte.

Un prototipo di "casa solare" autonoma per il 70-80% (compreso riscaldamento ed acqua calda) è stato realizzato dal Comune di Monaco (vedi figura n. 5): si tratta di una costruzione che utilizza sistemi attivi quali i collettori solari e passivi quali sistemi di isolamento e sistemi utilizzando l'effetto serra. L'immagazzinamento del calore sotto forma di acqua calda è ottenuto tramite serbatoi coibentati.

Ora sono in fase sperimentale e stanno dando ottimi risultati, materiali

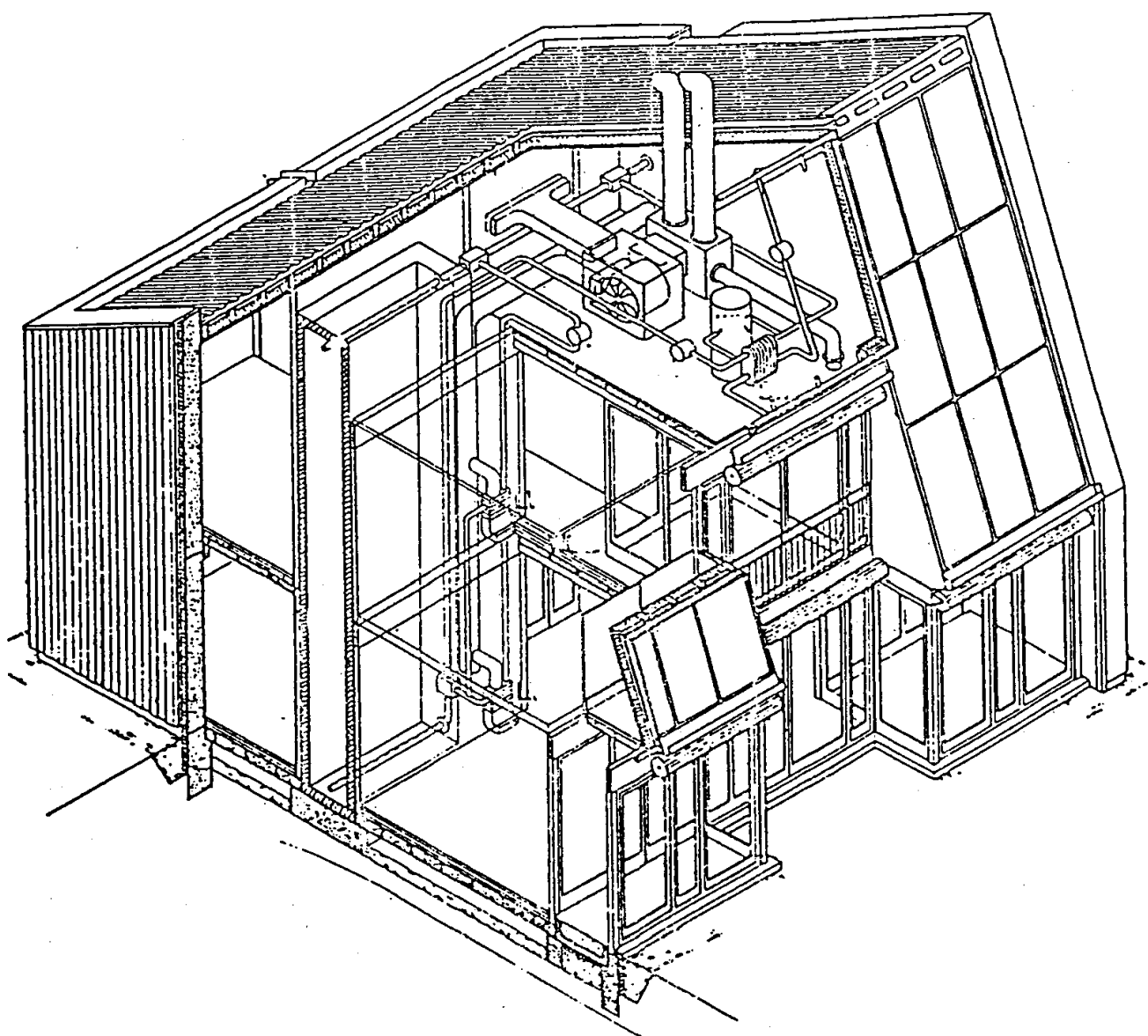


Fig. 5 – Spaccato di una casa solare



studiati dall'Istituto di ricerca tedesco Max-Planck per immagazzinare il calore. Di particolare interesse è il composto  $Mg + H_2$  col quale si riesce ad immagazzinare circa 1 KWh di energia per Kg di Mg.

In realtà, l'energia solare diretta e indiretta, mentre può sopperire a quel 50% dell'energia totale sopra menzionato che corrisponde all'energia termica a bassa e media temperatura ed a qualche % corrispondente ad una parte dell'utenza elettrica, non può in Paesi a bassa insolazione quali i Paesi Europei, fornire il rimanente 45% di energia che copre il grosso del fabbisogno di forza motrice e di calore ad alta temperatura. Per questo sono necessarie altre fonti di energia quali la geotermica, ma soprattutto l'energia solare diretta ricavata nei Paesi caldi (vedi capitolo n. 6 dell'articolo della serie apparsa nel n. 2 - 1988 della rivista).

Verrebbe così eliminato completamente l'utilizzo di fonti esauribili quali i fossili e il nucleare.

#### 4. Il ruolo dell'idrogeno nell'era solare

L'idrogeno prodotto dall'energia solare è il combustibile ideale del futuro:

- inesauribile;
- pulito, in quanto dalla sua combustione si ottiene acqua e si elimina quindi sia la produzione di  $CO_2$ , primo responsabile dell'effetto serra, sia quella di ossidi di zolfo una delle cause delle piogge acide. Se poi l'idrogeno è fatto bruciare in atmosfera di ossigeno anziché in aria, si elimina anche la produzione di ossidi di azoto, anch'essi responsabili delle piogge acide;
- facile da trasportare sia in forma gassosa con i normali gasdotti già esistenti, sia in forma liquida con navi cisterna;
- più sicuro del gas naturale. Quest'ultimo infatti è più pesante dell'aria ed in caso di perdite tende ad accumularsi nei locali, per es. cantine, con possibilità d'incendio e scoppio. L'idrogeno invece è più leggero dell'aria e sfugge facilmente verso l'alto attraverso gli sfiati.

Grossi quantitativi di idrogeno capaci di coprire il 30-40% del fabbisogno energetico mondiale, devono essere prodotti in zone adatte: l'insolazione deve essere almeno dell'ordine dei 2000 KWh/m<sup>2</sup> per anno ed il terreno dev'essere desertico e contemporaneamente roccioso per evitare il verificarsi di tormenti di sabbia che danneggerebbero le apparecchiature solari.

Sono disponibili circa 1,9 milioni di Km<sup>2</sup> di superficie adatta a questo scopo, corrispondente al 5% della superficie dei deserti. Considerando un rendimento degli impianti solari tra il 10 e il 15%, circa  $800 \times 10^3$  Km<sup>2</sup> di superficie sarebbero sufficienti per far fronte all'attuale fabbisogno mondiale di energia a livello utilizzatori (circa 5000 MTep) e  $150 \times 10^3$  Km<sup>2</sup> per il fabbisogno energetico europeo. Il fabbisogno europeo di idrogeno, corrispondente al 30-40% del suo fabbisogno globale di energia richiederebbe  $50-60 \times 10^3$  Km<sup>2</sup> di superficie.

Le figure 6 e 7 danno un'idea visiva della disponibilità di superfici adatte sul nostro pianeta per la produzione di idrogeno da energia solare e delle reali necessità per coprire il fabbisogno energetico, fabbisogno che a livello mondiale non dovrebbe aumentare scegliendo la via energetica dolce (vedi capitolo 7.2 dell'articolo della serie pubblicato nel n. 2 - 1988 della rivista).

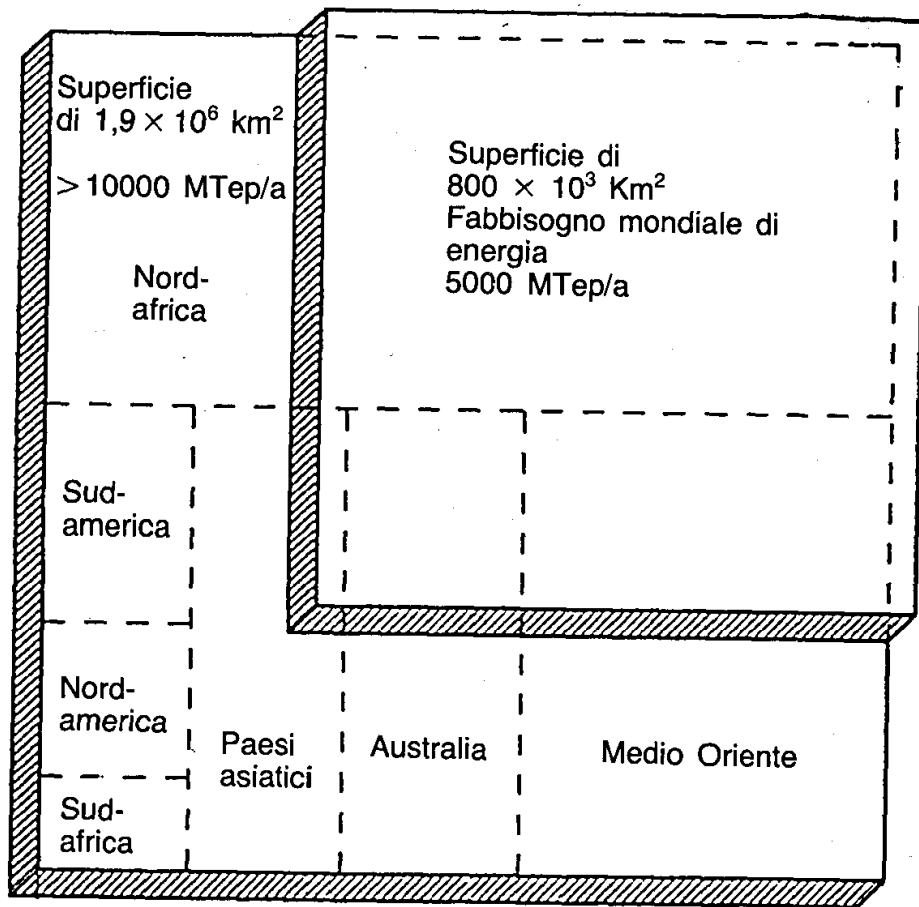
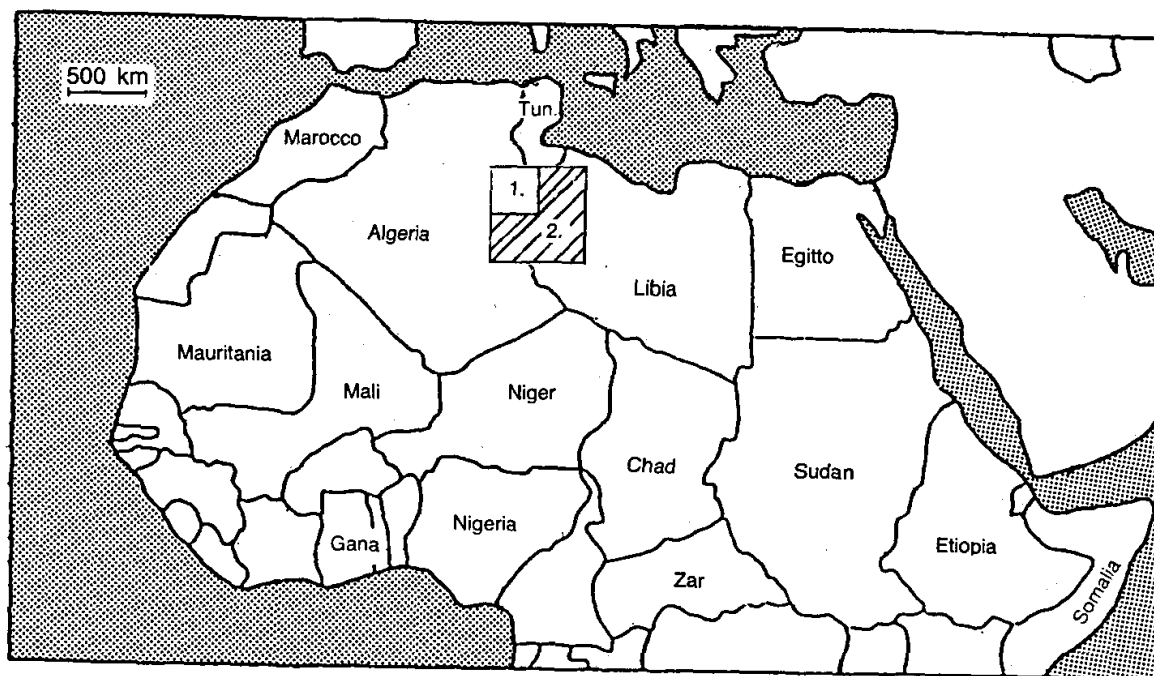


Fig. 6 - *Suddivisione per regioni del pianeta delle superfici adatte alla produzione di idrogeno da energia solare*



1. Superficie corrispondente al 40% del fabbisogno europeo di energia
2. Superficie corrispondente al 40% del fabbisogno mondiale di energia

Fig. 7 - *Superfici necessarie per coprire una percentuale del fabbisogno di energia messe a confronto con le superfici di differenti regioni africane*

## 5. Energia all'origine della produzione di idrogeno

L'idrogeno che si ricava dall'elettrolisi dell'acqua, può ovviamente avere origini differenti. Si prende comunque in considerazione come energia di partenza unicamente il solare diretto ed indiretto, anche se teoricamente sarebbe pensabile utilizzare l'energia da combustibili fossili o quella nucleare (la Francia che come noto si è impegnata tanto sul nucleare, sta già studiando questa possibilità). Una produzione di idrogeno derivante da queste due ultime forme di energia sarebbe inaccettabile in quanto la compatibilità ecologica dell'idrogeno verrebbe annullata dalle fonti energetiche primarie fortemente inquinanti.

Lo stesso ragionamento si applica all'energia di fusione come fonte primaria. Come già accennato negli articoli precedenti, future centrali a fusione utilizzerebbero plasma al deuterio e tritio (quest'ultimo radioattivo) e produrrebbero durante il funzionamento forti quantitativi di neutroni veloci che bombarderebbero gli involucri del reattore rendendoli radioattivi ed imponendo frequenti ricambi di quest'ultimi. Inoltre queste centrali dovrebbero essere di dimensioni considerevoli, probabilmente superiori di un ordine di grandezza alle attuali megacentrali. Si tratterebbe quindi di fonti estremamente concentrate con tutti i problemi negativi che ne seguono. Verrebbero anche liberati forti quantitativi di calore non recuperabile che porterebbe squilibri termici e danni ecologici di dimensioni imprevedibili. Si pensa addirittura alla possibilità di realizzare rivestimenti di uranio 238 il quale, colpito dai neutroni ad alta energia, si trasforma in plutonio 239, come avviene per i reattori veloci, con le conseguenti ricadute militari. Del resto la connessione civile - militare è emersa chiaramente anche durante i lavori del Seminario Internazionale sulla fusione organizzato dalla Scuola Internazionale di fisica del plasma e tenutosi a Varenna sul lago di Como, nel Settembre del 1988. In quell'occasione un gruppo di scienziati americani del Livermore Laboratory, uno dei più importanti centri militari degli Stati Uniti per lo sviluppo di armi nucleari e per gli studi sulle Guerre Stellari hanno sottolineato la necessità di premere sul governo USA per ottenere forti finanziamenti nel campo della fusione anche per l'importanza che gli studi relativi rivestono per la ricerca militare.

Vi sono poi altri aspetti che dovrebbero ridimensionare l'euforia per la fusione. La complessità tecnica è tale che la realizzabilità a livello industriale non è affatto assicurata e comunque non potrebbe verosimilmente essere raggiunta prima della metà del secolo prossimo. Molto dubbia anche l'economicità di un reattore a fusione: calcoli di previsione indicano che sarebbero necessari circa 20 anni di funzionamento per riguadagnare l'energia impiegata nella costruzione.

Per tutte queste ragioni Lawrence Lidsky un tempo vice-direttore del centro di studi sulla fusione al MIT (Massachusetts—Institute of Technology) e redattore del *Journal of Fusion Energy* dichiarò che «anche se il programma di fusione portasse alla realizzazione di un reattore, nessuno lo vorrebbe avere».

Purtroppo, nonostante sia accettato il fatto che la via solare è tecnicamente fattibile, priva di pericoli ed economicamente concorrenziale nel caso di un serio impegno industriale di sviluppo in questa direzione, il fascino delle tecnologie aggressive riesce a far dirottare a proprio favore la maggior parte dei finanziamenti (vedi la figura 6 dell'articolo della serie apparso nel n. 2 - 1988 della rivista).

## 6. Condizioni socio-politiche per l'ingresso nell'era dell'idrogeno

Il passaggio dalle attuali fonti di energia a quelle rinnovabili ed in particolare al combustibile idrogeno proveniente dall'energia solare, richiede una ristrutturazione dell'industria energetica e quindi la collaborazione degli imprenditori in questo campo, perché il cambiamento avvenga senza scosse dannose.

È soprattutto necessaria una nuova politica energetica che si può riassumere nei punti seguenti:

– Riduzione drastica del fabbisogno energetico attraverso un più efficiente utilizzo dell'energia. Si possono così contenere entro limiti ragionevoli le superfici destinate alla raccolta dell'energia solare per la produzione di idrogeno e ridurre gli investimenti per le nuove strutture. Inoltre la realizzazione di motori a combustione a basso consumo facilita la costruzione dei veicoli utilizzando idrogeno che richiedono serbatoi di dimensioni superiori a quelle dei corrispondenti veicoli a combustibile fossile, liquido o gassoso.

– Incentivazione del risparmio di energia elettrica attraverso l'introduzione della tariffazione lineare in cui i costi non contengono più una base fissa indipendente dal consumo e attraverso una differenziazione dei costi per fasce orarie, alzandoli nei periodi di maggior richiesta energetica. Esperimenti di questo tipo vengono eseguiti nella Regione della Saar della Germania Federale.

– Decentralizzazione della produzione di elettricità attraverso una fitta rete di piccole centrali termoelettriche a cogenerazione alimentate a gasolio o gas che potranno poi facilmente essere convertite in centrali ad idrogeno.

– Estensione della rete di gasdotti che nel futuro potrà essere utilizzata senza investimenti supplementari per la distribuzione decentralizzata dell'idrogeno.

– Riduzione delle tasse sul gas, aumento delle tasse sul petrolio ed eliminazione delle tasse sulla produzione di energie rinnovabili e tassazione progressiva dell'industria produttrice ed utilizzatrice di energia in base al tasso di inquinamento, che porterebbe automaticamente allo sviluppo di tecnologie di risparmio energetico e di utilizzo di fonti rinnovabili (è quanto sta avvenendo in Danimarca).

– Sviluppo di una cooperazione internazionale tra futuri produttori di idrogeno da energia solare (per es. Algeria, Tunisia e Marocco) ed utilizzatori (per es. Paesi europei). Tra gli Stati del Nord Africa sopra menzionati e la Comunità Europea esiste già dal 1976 un accordo di cooperazione, cioè la cornice politica in cui poter inserire il progetto idrogeno. I vantaggi per i Paesi Nord Africani sarebbero notevoli. Come contropartita per la messa a disposizione delle fasce desertiche, essi potrebbero assicurarsi energia gratuita sotto forma di idrogeno e la possibilità di coltivare larghe fasce oggi desertiche, utilizzando parte degli impianti e condotti di acqua desalinizzata necessari per la produzione di idrogeno attraverso elettrolisi. L'Europa potrebbe così contribuire a risolvere la crisi socio-economica del Nord Africa, un importante compito di politica estera del Vecchio Continente.

## 7. Produzione dell'idrogeno: problemi tecnici

Nello studio di Winter e Nitsch della DFVLR di Stoccarda *Wasserstoff als*

*Energieträger-Technik, Systeme, Wirtschaft*, ed. Springer, Berlino 1986, vengono trattati gli aspetti tecnici per la produzione industriale dell'idrogeno.

Per quanto riguarda la ricerca e lo sviluppo devono essere sviluppati i seguenti punti:

- Progetti piloti di differente grandezza per la produzione di energia elettrica del tipo termico-solare, fotovoltaico ed a energia eolica.

- Ricerca nel campo dei materiali semiconduttori per il miglioramento del rendimento delle cellule solari fotovoltaiche (a silicio policristallino, amorfo, etc.).

- Miglioramento delle tecniche elettrolitiche per la trasformazione dell'acqua nei suoi componenti idrogeno e ossigeno.

- Miglioramento dei mezzi di immagazzinamento e trasporto dell'idrogeno. (L'industria chimica tedesca della Renania-Westfalia ha acquisito grossa esperienza in questo campo, essendo funzionante da decenni una grossa "pipeline" a idrogeno della lunghezza di 300 Km).

- Sviluppo delle tecniche di utilizzo dell'idrogeno.

Sempre secondo lo studio approfondito di Winter e Nitsch è poi necessario sviluppare a partire da oggi per i prossimi decenni una struttura industriale capace di mettere sul mercato quantitativi sempre crescenti di moduli per la raccolta dell'energia solare e la sua trasformazione in idrogeno in modo che, a partire dall'inizio del 2000 possa avviarsi l'era dell'idrogeno. Si possono distinguere tre fasi progettuali.

- *1ª fase, da oggi al 2000.* In questo periodo di tempo le tecnologie solari si trovano ancora in un periodo di sviluppo fino al raggiungimento di una maturità tecnologica e ad una capacità economica di concorrenzialità. La produzione dei moduli solari cresce fino a raggiungere un livello annuo di grossa produzione di serie. Per la Germania Federale si dovrebbero raggiungere capacità corrispondenti a circa 350 MW<sub>p</sub> per anno (W<sub>p</sub> = potenza di picco di 1 W cioè in condizioni ottimali), per l'Europa occidentale 1300 ed a livello mondiale 9000. Durante questo periodo, cioè fino all'anno 2000, si prevede un utilizzo dell'energia solare (diretta o indiretta), solo a livello locale, senza produzione su scala industriale di idrogeno proveniente dai Paesi caldi. Si tratta dunque di una fase preparatoria.

- *2ª fase, dal 2000 al 2030.* La capacità produttiva dei moduli solari cresce a ritmo costante raggiungendo alla fine del periodo il suo livello massimo di più di 15000 MW/anno nella Germania Federale, valori superiori a 80000 a livello europeo (Europa occidentale) e superiori a 800000 a livello mondiale.

Alla fine di questo periodo dovrebbe essere raggiunta una capacità produttiva di idrogeno corrispondente ad una energia di 35 MTep (MTep = 10<sup>6</sup> tonnellate equivalenti di petrolio) nella Germania Federale, più di 130 in Europa occidentale e più di 900 a livello mondiale.

- *3ª fase, dal 2030 al 2060.* La capacità produttiva dei moduli solari rimane costante al livello massimo raggiunto alla fine del periodo precedente. Con questi valori si tiene conto della necessità del riciclaggio dei moduli per avaria ed invecchiamento.

A partire dalla fine di questa fase si otterrebbero produzioni di idrogeno dell'ordine di 70 MTep/anno (circa 40% del fabbisogno energetico odierno) per la Germania Federale, 350 MTep/anno (circa 40% del fabbisogno energetico odierno) per l'Europa Occidentale e 3500 MTep/anno (circa 70% del fabbisogno

energetico odierno) a livello mondiale (in quest'ultimo caso a partire dall'anno 2080).

La figura n. 8 riassume i dati delle tre fasi sopra menzionate.

Un'attenzione particolare è dedicata nello studio di Winter e Nitsch al problema dell'approvvigionamento di materiale per la realizzazione dei moduli solari.

Nei Paesi industrializzati vi sono le capacità economico-industriali per sviluppare su vasta scala le tecnologie dell'idrogeno. È ovvio tuttavia che dovrebbero essere create nuove industrie adatte allo scopo. Per esempio nella sola Germania Federale dovrebbero essere prodotte più di 5 milioni/anno di moduli solari fotovoltaici ognuno con superficie di 30 m<sup>2</sup> e la produzione di specchi per collettori solari dovrebbe eguagliare in m<sup>2</sup> di superficie la produzione odierna di vetri piani.

La modularità delle cellule solari permette un riciclaggio conveniente dal punto di vista tecnico ed economico con forte riduzione di impiego di materia prima. Per la stessa ragione non è necessaria la sostituzione contemporanea di interi impianti, come avviene attualmente nelle centrali elettriche, ma possono essere sostituiti singoli moduli in forma continua. Si otterrebbe così una forte interconnessione tra riparazione, manutenzione e sostituzione di parti, mantenendo allo stesso tempo una grossa percentuale dell'impianto sempre in funzione. Questo comporta la realizzazione di unità di produzione delle apparecchiature in loco con notevole beneficio per i Paesi del Sud produttori di idrogeno.

L'energia impiegata per la realizzazione di una cellula solare è di 1,6 KWh, mentre la stessa cellula produce circa 1,4 KWh/anno. Avendo questa una durata di circa 30 anni, in 1/30 della sua vita riesce a produrre un'energia corrispondente a quella di fabbricazione: non possono quindi esistere obiezioni al riguardo.

## 8. Produzione dell'idrogeno: costi

La figura 5 dell'articolo della serie apparso sul n. 2 - 1988 della rivista, indica che i costi di produzione dell'idrogeno da fotovoltaico possono diventare concorrenziali già nella seconda decade del 2000, purché si abbiano livelli di produzione industriale come quelli discussi precedentemente. In particolare dall'analisi di Winter e Nitsch risulta che a partire dal 2020 il costo di produzione dell'idrogeno può abbassarsi a valori tra 0,15 e 0,20 DM/KWh (marchi tedeschi

1° fase	2° fase	3° fase	
Anno 2000: 1300 MW <sub>p/a</sub> Potenza di picco dei moduli solari	Anno 2030: 130 MTep/a di idrogeno da solare	Anno 2060: 350 MTep/a di idrogeno da solare	Europa occidentale ↑
Anno 2000: 9000 MW <sub>p/a</sub> potenza di picco dei moduli solari	Anno 2030: 900 MTep/a di idrogeno da solare	Anno 2080: 3500 MTep/a di idrogeno da solare	↓ a livello mondiale

Fig. 8 - Le tre fasi di sviluppo delle tecniche per la produzione dell'idrogeno

per KWh), analoghi a quelli del petrolio e del gas naturale e decisamente inferiori a quelli nucleari.

Per quanto riguarda l'energia elettrica da fotovoltaico, risultati sorprendenti fornisce lo studio economico conclusosi nel 1987, richiesto dal BMFT (Ministero per la ricerca e la tecnologia della Repubblica Federale Tedesca) e condotto dalla Ludwig - Bölkow - Systemtechnik Gmbh di Monaco di Baviera sotto la direzione del prof. Bölkow, uno dei più grossi esperti mondiali nel campo.

Questo studio è estremamente realistico, perché si basa sulle tecnologie oggi già impiegate del silicio policristallino e su di una previsione a brevissimo termine. Si prende cioè in considerazione un tempo di 5 anni per passare da una produzione sperimentale ad una produzione di serie: nessun scenario futuristico quindi, ma una solida analisi di costi.

È stata utilizzata l'esperienza di ditte tedesche leaders nel campo, quali la ditta bavarese Wecker-Chemitronic di Burghausen e la AEG di Wedel presso Amburgo: la Germania Federale produce più del 50% della produzione mondiale di silicio per il fotovoltaico.

È stato innanzitutto trovato che una fabbrica con produzione industriale annua di cellule fotovoltaiche da 35MWp farebbe abbassare i prezzi a 5 DM (marchi tedeschi)/Wp. Il Wp è la potenza di picco di 1W, cioè la potenza di 1W in condizioni ottimali. Per una cellula media di  $10 \times 10$  cm in condizioni di insolazione normali, si ipotizza un valore di 1W. Quindi una fabbrica da 35 MWp, pari ad una produzione media annua di elettricità di 30 GWh ( $G = 10^9$ ), sforna 35 milioni di cellule solari all'anno. Per avere un termine di paragone, una centrale termoelettrica da 1000 MW produce annualmente circa 6000 GWh, cioè un'energia elettrica 200 volte superiore.

Per ottenere i prezzi sopra indicati, la fabbrica deve funzionare al ritmo di 5 giorni lavorativi alla settimana con 3 turni di lavoro e con circa 450 impiegati.

La ripartizione dei costi è la seguente: 1/3 abbondante è assorbito dalla produzione degli strati di silicio, altrettanto dalla realizzazione delle cellule solari stesse e 1/3 scarso dalla fabbricazione dei moduli e del generatore solare a partire dalle cellule.

Al costo sopra menzionato di circa 5 DM/Wp si devono aggiungere 2 DM/Wp per gli altri componenti che permettono la realizzazione completa della centrale solare per la produzione di energia elettrica.

Un'analisi più dettagliata dei costi in DM/Wp si trova nella figura n. 9.

Prendendo in considerazione una durata degli impianti di 30 anni e normali condizioni di finanziamento per la realizzazione degli stessi, si arriva ad un costo compreso tra 0,40 e 0,60 DM/KWh.

Se si pensa che oggi il costo del KWh è di circa 0,30 DM, ci si rende conto che nel breve periodo di 5 anni si otterrebbero già dei costi interessanti. Una garanzia dunque della percorribilità di questa strada.

Per concludere il capitolo dei costi è importante menzionare il lavoro *Social Costs of Energy Consumption*, Springer-Verlag, Berlino, 1988, richiesto dalla Commissione della Comunità Europea e condotto dal Fraunhofer-Institut für Systemtechnik (autore: Olav Hohmeyer). Lo studio mostra che i costi sociali (comprensivi dei costi relativi all'impatto ambientale, agli effetti occupazionali, al graduale esaurimento delle risorse ed ai sussidi pubblici) dei pezzi di produzione di energia

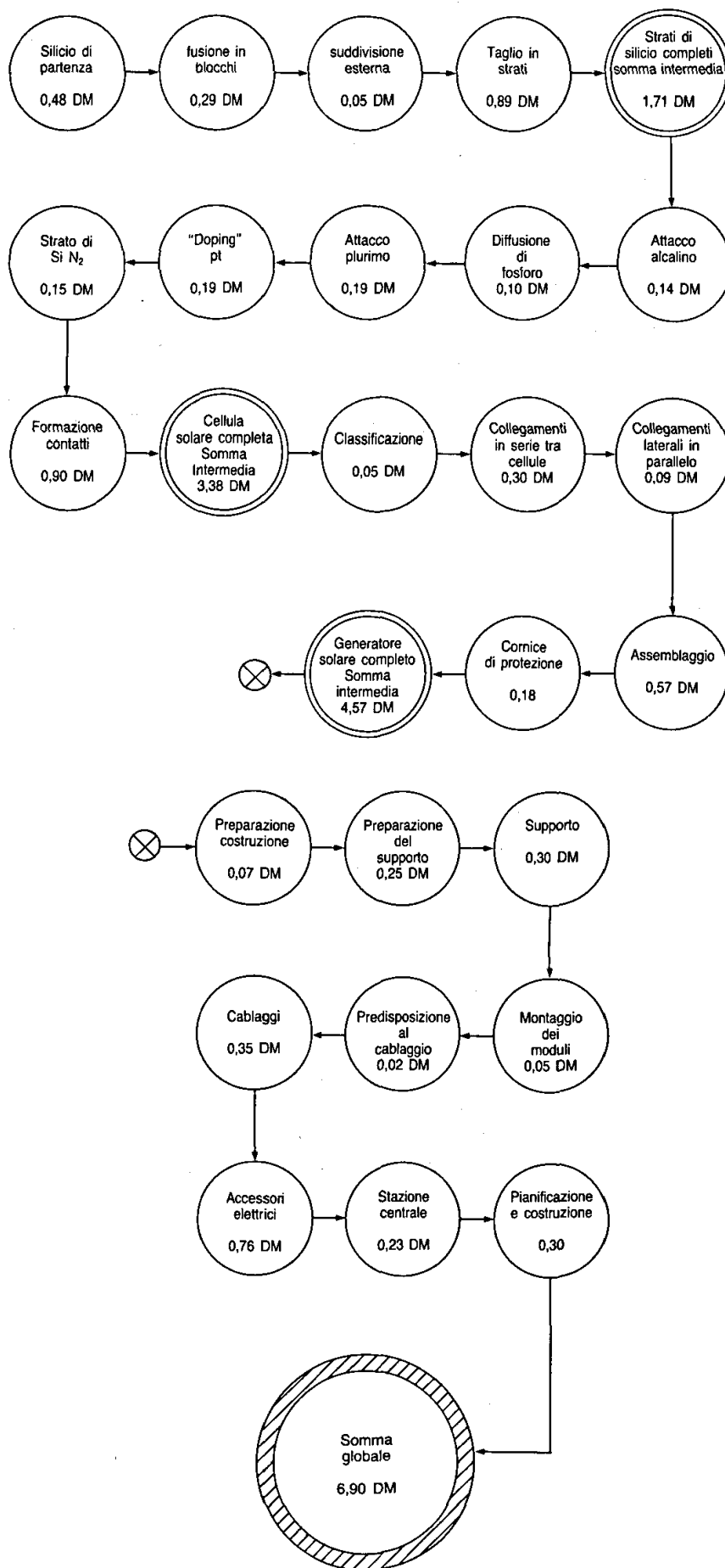


Fig. 9 – Schema dettagliato dei costi del fotovoltaico in marchi tedeschi per watt picco



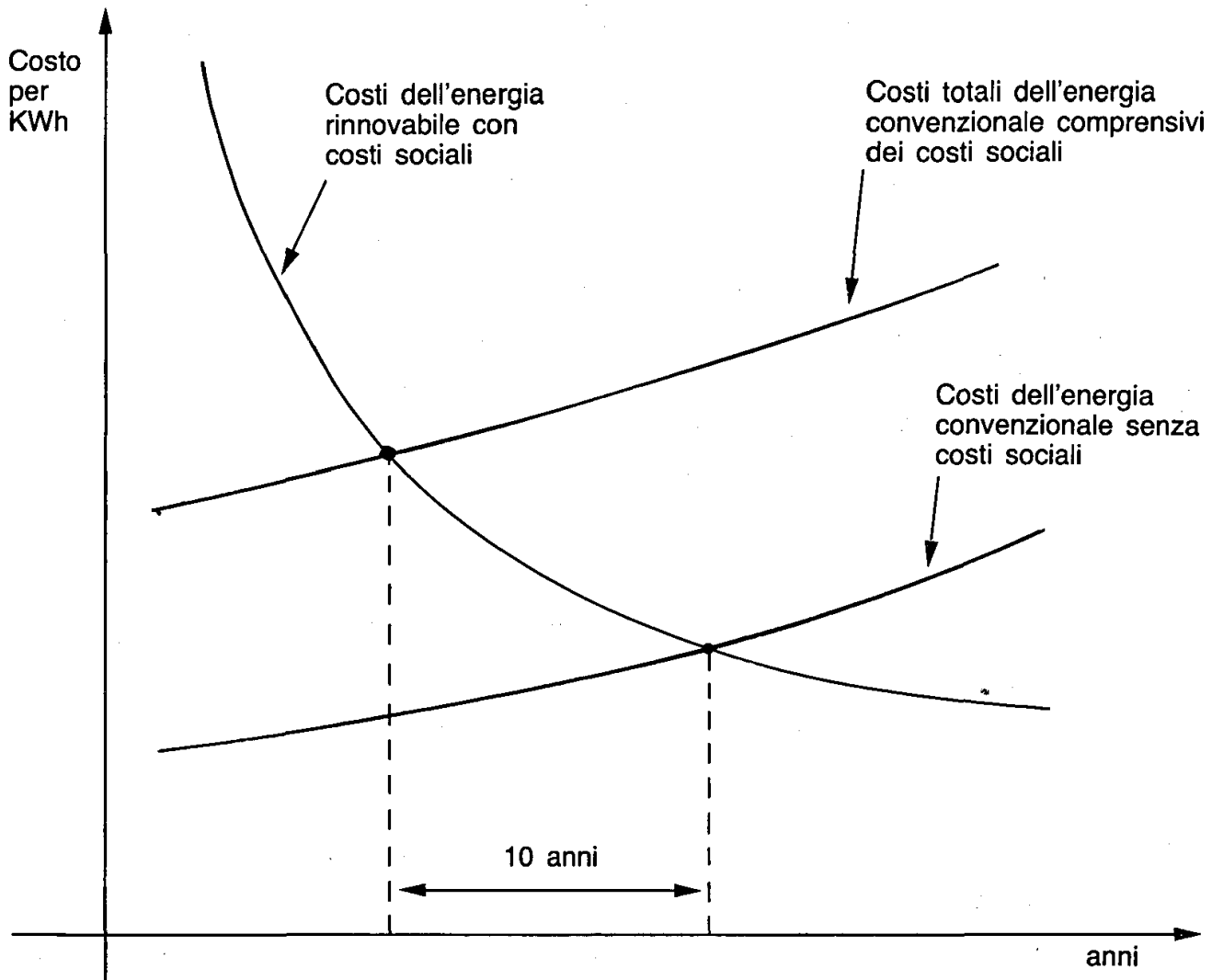


Fig. 10 - *Andamento qualitativo dei costi per diversi tipi di energia con e senza costi sociali*

convenzionali quali i combustibili fossili ed il nucleare, sono di gran lunga superiori a quelli dovuti alla produzione di energia da fonti alternative.

Il fatto che i costi sociali non sono presi in considerazione nelle valutazioni economiche della maggioranza dei governi, porta ad un ritardo dell'introduzione delle energie rinnovabili ed in particolare del fotovoltaico, di circa 10 anni. In altre parole, decisioni ottimali di intervento che mettessero in conto i costi sociali darebbero la priorità alle fonti alternative con un anticipo di 10 anni, come si può vedere dalla figura n. 10, dove vengono riportati gli andamenti qualitativi dei costi comprensivi e no dei costi sociali (per le fonti alternative i costi sociali sono trascurabili se confrontati con quelli delle fonti convenzionali). Per dati quantitativi precisi e relativi a diverse fonti alternative si rinvia alla pubblicazione sopra citata.

## 9. *Dall'era nucleare all'era solare*

Il mito dell'energia ed il culto della crescita illimitata, caratteristici dell'*era atomica*, hanno portato a privilegiare, nei Paesi industrializzati la *via energetica dura*, caratterizzata da trasformazioni energetiche aggressive tali da sconvolgere i

tempi biologici del pianeta e di poterlo trasformare profondamente rendendo difficile la vita all'uomo ed alle specie animali e vegetali oggi esistenti. Basti pensare a due realtà: l'inquinamento radioattivo ampiamente trattato nei primi due articoli della serie apparsi nei numeri 3 - 1987 della rivista e l'effetto serra dovuto principalmente al forte aumento di anidride carbonica.

Una conferenza di 300 scienziati europei ed americani sotto la direzione di Robert Peters tenutasi a Washington nell'autunno del 1988 sul tema della protezione dell'ambiente ha concentrato i suoi lavori sull'effetto serra: il mantenimento della combustione di fossili ai livelli attuali per i prossimi 50 anni, porterebbe con notevoli probabilità ad un innalzamento medio della temperatura dell'atmosfera terrestre di 2 o 3°C. Questo fatto avrebbe effetti drammatici per gli esseri viventi, aumenterebbe drasticamente le superfici desertiche e gli incendi ed innalzerebbe il libello dei mari. I mutamenti in questo breve periodo di tempo supererebbero quelli avvenuti sul pianeta negli ultimi 100000 anni.

Ma i pericoli della via energetica dura non si fermano qui. La forte concentrazione delle fonti energetiche (basti pensare alle megacentrali nucleari ed a carbone), lo stretto legame tra sviluppo tecnologico civile e militare e la complessità degli impianti legata a stringenti misure di sicurezza, portano inevitabilmente ad un accentramento del potere e ad una sempre maggiore dipendenza dei Paesi del Sud del mondo dai Paesi industrializzati.

È necessario quindi un capovolgimento del modo di pensare che conduca verso una nuova via, la *via energetica dolce*, o *via del sole* basata sulla riduzione del fabbisogno energetico, cioè sull'utilizzo intelligente dell'energia, e sull'impiego delle fonti rinnovabili quali l'energia solare diretta e indiretta coadiuvata dall'idrogeno, fonti queste non inquinanti e fortemente diversificate e decentralizzate.

Una via quest'ultima che aprirebbe le porte ad una nuova era, l'*era solare*, caratterizzata da un uomo nuovo non più dominatore della natura, ma parte integrante di essa, non più in antagonismo con altri uomini, ma conscio del suo ruolo di costruttore di legami di collaborazione e di condivisione, non più pessimista e sfiduciato, ma impegnato a realizzare una democrazia vera capace di superare l'egoismo della solidarietà di gruppo. ■