

# I limiti del progetto Desertec

dr.ing. **Alberto Sacchi**

Sviluppo Progetti Avanzati srl- R&D Dept.

[ing.sacchi@alice.it](mailto:ing.sacchi@alice.it)

## NOTA

Nello sviluppo che segue viene volutamente effettuata un'ampia commistione di valori tra tipologie impiantistiche diverse quali l'irraggiamento solare in differenti zone (per le quali si è impiegato il dato medio annuo) oppure il rendimento del fotovoltaico e quello del solare termodinamico.

Ciò allo scopo di rendere sempre più evidenti nei loro valori medi i parametri comuni alle varie soluzioni di base, quali il consumo del territorio, le difficoltà di stoccaggio e di trasporto dell'energia o la dipendenza dalla localizzazione degli impianti.

Infine vengono completamente ignorate le gravi e complesse problematiche economiche e politiche correlate agli investimenti richiesti dalla realizzazione e gestione del progetto nonché dagli accordi internazionali necessari; ciò per dare la massima evidenza ai soli aspetti tecnici.

## INTRODUZIONE

Il Club di Roma è una fondazione nata nel 1968, con sede a Winterthur, avente come missione lo studio dei problemi generati dai cambiamenti globali del pianeta e le correlate ipotesi di soluzione.

Membri del Club di Roma sono eminenti scienziati, economisti, politici, alti dirigenti pubblici ed imprenditori, tra cui molti premi Nobel.

Tra gli studi più noti ed importanti "*The Limits to Growth. (I limiti dello sviluppo)*" del 1972, sviluppato dal MIT su incarico del Club, in cui vengono simulate le conseguenze sull'ecosistema terrestre a seguito dello sviluppo demografico.

Nel quadro delle ricerche volte a contenere i cambiamenti climatici dovuti al soddisfacimento delle richieste energetiche globali, il Club di Roma unitamente al National Energy Research Center Jordan promuove, nel 2003, la nascita dell'organizzazione TREC (Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation).

TREC nasce per lo sviluppo del progetto Desertec sulla base di una idea del fisico Gerhard Knies, sviluppato parallelamente a progetti analoghi quali Archimede (Siracusa per conto di ENEA ed ENEL), Andasol 1 - Spagna, Solar 1 e Solar 2-USA, Nevada Solar 1, Genesis Energy Project, Mojave Solar ed altri ancora.

Nel 2009 nasce Desertec Foundation con lo scopo di informare, con ampia diffusione televisiva, documentale, digitale, universitaria, società civile, politici, governanti e scienziati di tutto il mondo circa i programmi, le aspettative, le opportunità e le caratteristiche del progetto Desertec.

Da Desertec Foundation e Gii GmgH nasce nel 2009, un consorzio operativo a cui partecipano: Munich Re, Deutsche Bank, Siemens, ABB, E.ON, RWE ed altre imprese tra cui, recentemente, ENEL, Intesa S. Paolo, Morgan Stanley, Terna SA, EDF (Spagna), Nareva (Marocco) nonché imprese tunisine ed egiziane.

Scopo del presente scritto è esclusivamente quello di evidenziare come le problematiche relative al soddisfacimento del fabbisogno energetico mondiale siano collegate al trasporto ed accumulo dell'energia più che alla sua generazione.

Il progetto Desertec pone anche problematiche di continuità di produzione, a causa della specifica localizzazione degli impianti e, conseguentemente di stoccaggio.

Il riferimento specifico al solare fotovoltaico, di cui al paragrafo seguente, è stato determinato dalla congruenza dei dati relativi al consumo di territorio tra fotovoltaico e solare termico o solare termodinamico, quest'ultimo di specifico interesse del progetto Desertec.

### **SINTESI (abstract)**

Analisi del rapporto di occupazione del territorio per il soddisfacimento del consumo energetico annuale mondiale per via fotovoltaica.

Analisi delle metodologie di trasporto ed accumulo dell'energia con particolare riferimento alle linee elettriche in AT e CC.

Limiti alla continuità di produzione ed al conseguente stoccaggio energetico poste dal progetto Desertec.

Land use for photovoltaic system against annual global energy demand.

Analysis of transportation methods with particular reference to electrical lines in AT and CC.

Problems in electrical output and energy storage in Desertec project.

### **VALUTAZIONI DI MASSIMA**

Si assumono i seguenti valori indicativi:

1. Fabbisogno energetico globale  $F = 474 \cdot 10^{18}$  J/anno =  $15,3 \cdot 10^{12}$  W .  $315,36 \cdot 10^6$  s/anno
2. Rendimento iniziale cella fotovoltaica  $\eta_c = 0,4$
3. Rendimento cella a 10 anni =  $0,9, \eta_c = 0,36$
- 4 Superficie terrestre  $S_T = 510 \cdot 10^{12}$  m<sup>2</sup> di cui:
  - i  $149,5 \cdot 10^{12}$  di terre emerse
- 5 Irraggiamento terrestre medio annuo  $I = 340$  W/m<sup>2</sup> di cui:
  - i. 29% riflesso da nubi e polveri atmosferiche
  - ii. 23% assorbito dai gas atmosferici
  - iii. 48% disponibile per conversione fotovoltaica
- 6 Superficie totale aree desertiche  $S_D = 34.448.000$  km<sup>2</sup>  $\approx 34,5 \cdot 10^{12}$  m<sup>2</sup>

L'irraggiamento medio è stato assunto in  $340$  W/m<sup>2</sup> in ordine alla indeterminatezza locale (posizione sulla superficie terrestre) e temporale (albedo, posizione terrestre sull'ellittica, ecc.) generata dalla distribuzione dei campi eolici sul territorio mondiale.

Il rendimento iniziale delle celle è stato assunto del 40% in ordine alla attuale ricerca sulle celle in silicio monocristallino ed alla possibilità di operare su un ampio spettro di frequenze della radiazione solare.

I dati sono stati ricavati dalle seguenti fonti:

1. United State Dept. Of Energy
2. Istituto Fraunhofer ISE
3. ENI-MIT Solar Frontiers Center
4. Unito - Stefano Berardi
5. NASA/JSC

Dai valori indicati si ricava che l'energia effettivamente ricavabile ( in 1 s) da una cella fotovoltaica è:

$$W = I \cdot 0,9 \cdot \eta_c \cdot t = 340 \cdot 0,9 \cdot 0,4 \cdot 0,48 = 58,7 \text{ J/s m}^2 = W/\text{m}^2$$

Ne segue che per soddisfare il fabbisogno energetico annuo mondiale è necessaria una superficie di:

$$S = \frac{F}{W} = 0,26 \cdot 10^{12} \text{ m}^2 \text{ corrispondenti a:}$$

- 1,7 decimillesimi delle terre emerse
- 5,1 decimillesimi della superficie terrestre
- un quadrato di lato 510 km

Si rileva che il rapporto di occupazione delle aree desertiche è:

$$\frac{S}{S_D} = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ cioè } 7,5 \text{ millesimi}$$

Deserto Sahara area S (richiesta energetica annua globale) in colore rosso

Deserto Sahara area EU27+ MENA (richiesta energetica annua totale) in colore blu.



L'ipotesi di concentrazione in un solo parco fotovoltaico del sistema necessario al soddisfacimento del fabbisogno mondiale di energia pone le seguenti problematiche:

- costanza temporale di fornitura energetica (indipendentemente dalla posizione orbitale del pianeta e dalla sua rotazione)
- ampiezza delle reti di trasporto e distribuzione

Il progetto Desertec si basa sulle seguenti assunzioni:

- Fabbisogno energetico totale area EU27 = 1698 Mtep/anno =  $71,3 \cdot 10^{18}$  J/anno corrispondenti al 15% del fabbisogno mondiale annuo
- Fabbisogno energetico area MENA ( Middle Est and North Africa) =  $36 \cdot 10^{18}$  J/anno pari a circa il 7,5% del fabbisogno mondiale.
- Distribuzione delle fonti solari tra  $16^\circ$  longitudine ovest e  $35^\circ$  longitudine est con un periodo teorico max. di insolazione di 13 h/g

Fonte: Eurostat e International Energy Agency (Key World Energy Statistics, 2012)

Sono previste fonti energetiche solari termiche, fotovoltaiche, solari termodinamiche ed eoliche con netta prevalenze per il solare termodinamico a concentrazione lineare con accumulo e trasporto alle centrali termoelettriche con sali fusi.

Non viene in questa sede descritta una centrale solare termodinamica esistendo ampia ed esauriente documentazione anche sul web; viene solo illustrato graficamente (FIG.2) un suo elementare schema di principio.

Sulla base della localizzazione concentrata nell'arco di 15° di latitudine, si rende necessario un consistente sistema di accumulo energetico, previsto realizzabile con sali fusi di sodio e potassio alla temperatura di 500-550 C°

La elevata aggressività di tali composti, la necessità di adeguato isolamento termico di tubazioni e serbatoi, la complessità della circolazione forzata di un vettore altamente denso ed aggressivo, le temperature in gioco, rendono critico l'impianto e complessa la sua manutenzione.

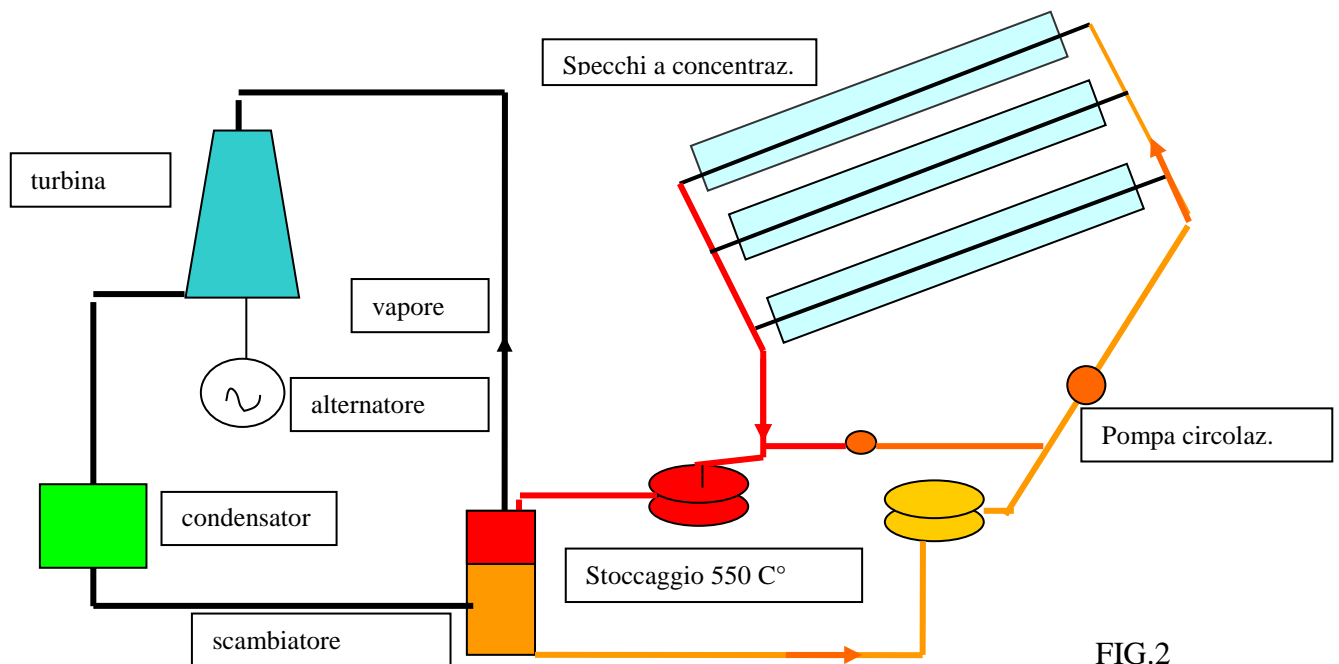


FIG.2

## STOCCAGGIO E TRASMISSIONE DELL'ENERGIA

La continuità di produzione energetica oltre il periodo di insolazione viene garantito dallo stoccaggio di sali fusi ad alta temperatura.

Sali fusi:



temperatura di fusione di 400 C°,

ebollizione 550C° che rappresenta il limite per un impianto non pressurizzato

clf = calore latente di fusione 235 kJ/kg

Ne è immaginabile pressurizzare un impianto in cui i tubi concentratori in vetro borosilicato siano soggetti a stress elevatissimo.

L'immagazzinamento di energia termica a 550 C° per 24h per un totale di  $0,20 \cdot 10^{18}$  J (pari alla riserva energetica giornaliera del fabbisogno dei paesi EU 27), richiede un quantitativo di sali fusi di  $0,85 \cdot 10^{12}$  kg =  $0,85 \cdot 10^9$  ton.

Un miliardo di ton. di sale alla temperatura di 550 C° costituiscono una bomba chimico-fisica assolutamente inimmaginabile. Ne è meno pericolosa la distribuzione in decina di sottoimpianti sul territorio sahariano.

Questo uno dei limiti del progetto Desertec che non prevede il solo impiego del solare termodinamico, né la concentrazione locale in un unico impianto, né la produzione energetica del totale fabbisogno EU MENA, ma che, comunque estrapolando i dati, porta alle conclusioni esposte.

Desiderando sfruttare anche il calore sensibile tra 550 e 296 C° il bilancio energetico porta a:

$E = 0,25 \cdot 10^{18}$  J (energia per 24h per il fabbisogno EU27)

$C_p = 1,6$  kJ/kg.K (calore specifico medio Sali fusi)

$\Delta T = 550 + 273 - (297 + 273) = 253$  K°

$M_{sf}$  = massa totale Sali fusi

$$E = \text{clf. } M_{sf} + c_p \cdot \Delta T \cdot M_{sf} = 0,30 \cdot 10^{18} \text{ J} = 235 \text{ kJ/kg} \cdot M_{sf} + 1,6 \text{ kJ/kg K}^\circ \cdot 253 \text{ K}^\circ \cdot M_{sf}$$

da cui:  $M_{sf} = 0,85 \cdot 10^{12}$  kg =  $0,85 \cdot 10^9$  ton

Risulta evidente come il calore sensibile sia ininfluenza (rispetto al calore latente di fusione) nell'accumulo energetico con sali fusi.

High Voltage Direct Current (HVDC) è il sistema di trasmissione di energia elettrica in AT e CC. Esso risulta interessante sia energeticamente che economicamente (allo stato attuale della tecnologia) su distanze superiori ai 3000/5000 km e potenze di circa 3 GW.

Le perdite energetiche per una trasmissione in c.a. in A.T. ammontano al 6,7 % ogni 1000 Km; esse sono dovute ad effetto joule per trasmissione di potenza attiva, per trasmissione di potenza reattiva, per effetto corona, per dispersione a terra.

Le perdite di potenza di una linea HVDC sono dell'ordine del 3% su 1000 Km; si hanno inoltre i seguenti vantaggi:

- riduzione interferenze radio
- riduzione rumore di fondo
- eliminazione di perdite per potenza reattiva
- stabilità di sistema

Le linee attualmente operative a maggior potenza trasmessa sono:

Itapu Brasile 3GW a 600kV e Nicolet tap Canada 3,1 GW 600 kV

Ne deriva che è ragionevole operare il trasporto energetico dalle centrali sahariane in Europa con una a più linee HVDC a 600 kV .

Fabbisogno energetico annuo EU 27 =  $71,3 \cdot 10^{18}$  J/anno corrispondenti a  $2,26 \cdot 10^{12}$  J/s =  $2,26 \cdot 10^3$  GW.

Ciò significa realizzare un migliaio di linee da 3GW (il dato non richiede ulteriori commenti)

## **CONCLUSIONE**

Dalle valutazioni di massima di cui a paragrafo precedente appare evidente come il fattore di occupazione delle aree desertiche, per una generazione fotovoltaica pari all'intero fabbisogno energetico annuo mondiale, risulti estremamente modesto.

Il tasso di occupazione del solo deserto del Sahara risulterebbe del 3.2 %.

Il fattore critico non è dunque insito nella possibilità di produzione di energia "pulita" bensì nel suo stoccaggio o trasmissione in zone d'utilizzo.

Il progetto Desertec non si pone come obiettivo il totale soddisfacimento delle necessità energetiche di EU 27 bensì di una quota del 15 % circa.

L'analisi delle richieste impiantistiche in ordine a stoccaggio e trasmissione di energia per il 100% del fabbisogno energetico europeo sono comunque indicative dei limiti di Desertec.

Stoccaggio sali fusi per 850 milioni di ton

N° Linee elettriche da 3GW ≈ un migliaio

## **BIBLIOGRAFIA**

Robin McKie- How Africa's desert sun can bring Europa power

Dana Ford – First solar joins Desertec solar project

Leo Hickman – Could the desert sun power the world?

Zara Maung – Solar giant Desertec to avoid Western Sahara

Philip Ebels – Sahara wind and sun power the world

Siemens – Ultra HVDC transmission system

James Kanter – European solar power from African desert