

ENERGIA

L'energia è definita come la capacità di un corpo o di un sistema di compiere lavoro

L'unità di misura derivata del Sistema Internazionale per l'energia e il lavoro è il joule (J), chiamata così in onore del fisico inglese James Prescott Joule e dei suoi esperimenti sull'equivalente meccanico del calore. 1 joule esprime l'energia usata (o il lavoro effettuato) per esercitare una forza di un newton per una distanza di un metro. 1 joule equivale quindi a 1 newton metro, e in termini di unità base SI, 1 J è pari a $1 \text{ kg} \times \text{m}^2 \times \text{s}^{-2}$.

1 BTU (British Thermal Unit) = 1055 J = 252 cal (1 cal = 4,185 J)

1 Tep (Tonnelate equivalenti di petrolio) = 42 GJ

ENERGIA E UOMO

Produzione di energia da combustibili fossili

Serve per:

- Scaldare le abitazioni
- Produrre e Trasportare merci
- Illuminare
- Ascoltare musica e divertirci
- ecc.



DANNO AMBIENTALE

Consumo di energia mondiale nel 2008 ----- 140 ML GWh

LE FONTI

FONTE ENERGETICA	ML GWh	%
Petrolio	49,4 ML GWh	36,6%
Gas	31,4 ML GWh	23,3%
Carbone	35,8 ML GWh	26,5%
Idroelettrico	8,5 ML GWh	6,3%
Nucleare	8 ML GWh	5,9%
Solare; eolico	1,2 ML GWh	0,9%
Biomasse	0,7 ML GWh	0,5%
TOTALE	135 ML GWh	100%

INDICI PRESTAZIONALI DELLE FONTI

EROEI: Energy Return On Energy Investment

EROI: Energy Return On investment

EYR: Energy Yield Return

EPR: Energy Payback Ratio

L'EROEI misura quanta energia viene ricavata da un impianto nella sua vita media rispetto a quella impiegata per costruirlo e mantenerlo.

$$EROEI = \frac{\text{Energia ricavata}}{\text{Energia spesa}}$$

dove per Energia ricavata si intende ogni forma effettivamente usabile di energia, escludendo ad esempio calore di scarto; mentre nel computo dell'Energia spesa si conteggia solo l'energia a carico umano, escludendo energie naturali all'origine, come ad esempio l'energia solare intervenente nella fotosintesi nel caso dei biocarburanti.

FEE: Fonti energetiche esauribili

FER: Fonti energetiche rinnovabili

Esempi di EROEI delle FEE

Petrolio: tra 5 e 15

Uranio: tra 3 e 20

Metano: tra 8 e 20

Esempi di EROEI delle FER

Idroelettrico: tra 20 e 90

Geotermico: tra 3 e 13

Fotovoltaico: tra 4 e 25

I CONSUMI NEL MONDO

Il petrolio rappresenta la voce più importante è soprattutto la materia prima essenziale per i trasporti di merci e persone.

Il gas naturale ha assunto importanza negli ultimi decenni grazie alle minori emissioni e alla trasportabilità

Negli ultimi anni ha ripreso piede il carbone (carbone pulito) per le centrali di ultima generazione e per l'economicità

Il consumo pro capite è più elevato in America del Nord, in Europa e nei paesi produttori di petrolio.

Gli USA consumano il 25% dell'energia mondiale, nonostante la popolazione non arrivi al 5% del totale.

Causa paesi emergenti (Cina in testa) nel 2030 la domanda di energia aumenterà del 50%, con scenari davvero imprevedibili.

GOOD NEWS

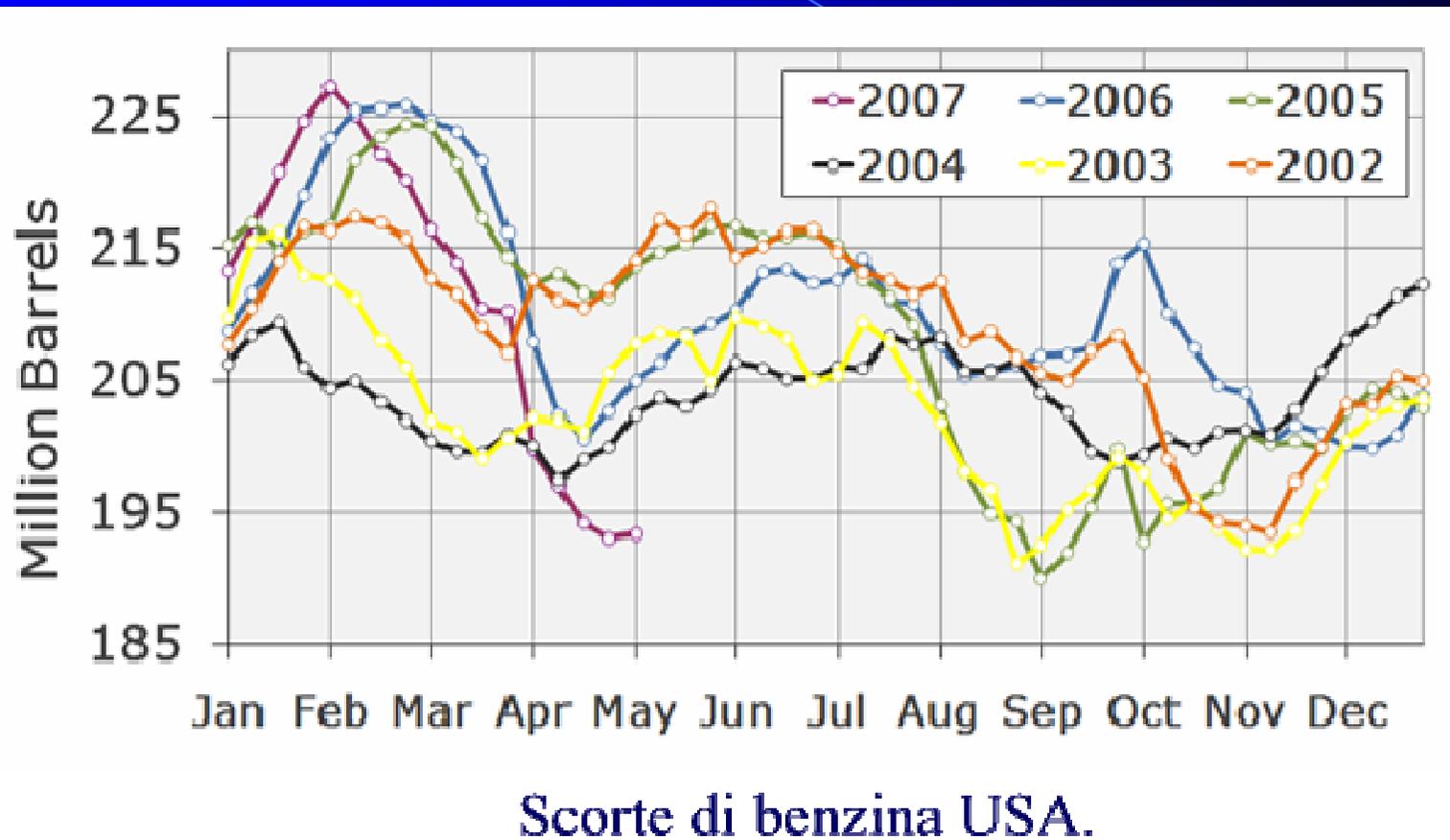
L'energia fornita dal sole in un anno è 10.000 volte superiore a quella che usiamo oggi. Ci basterebbe lo 0,01%.

DATI SULLE FONTI FOSSILI

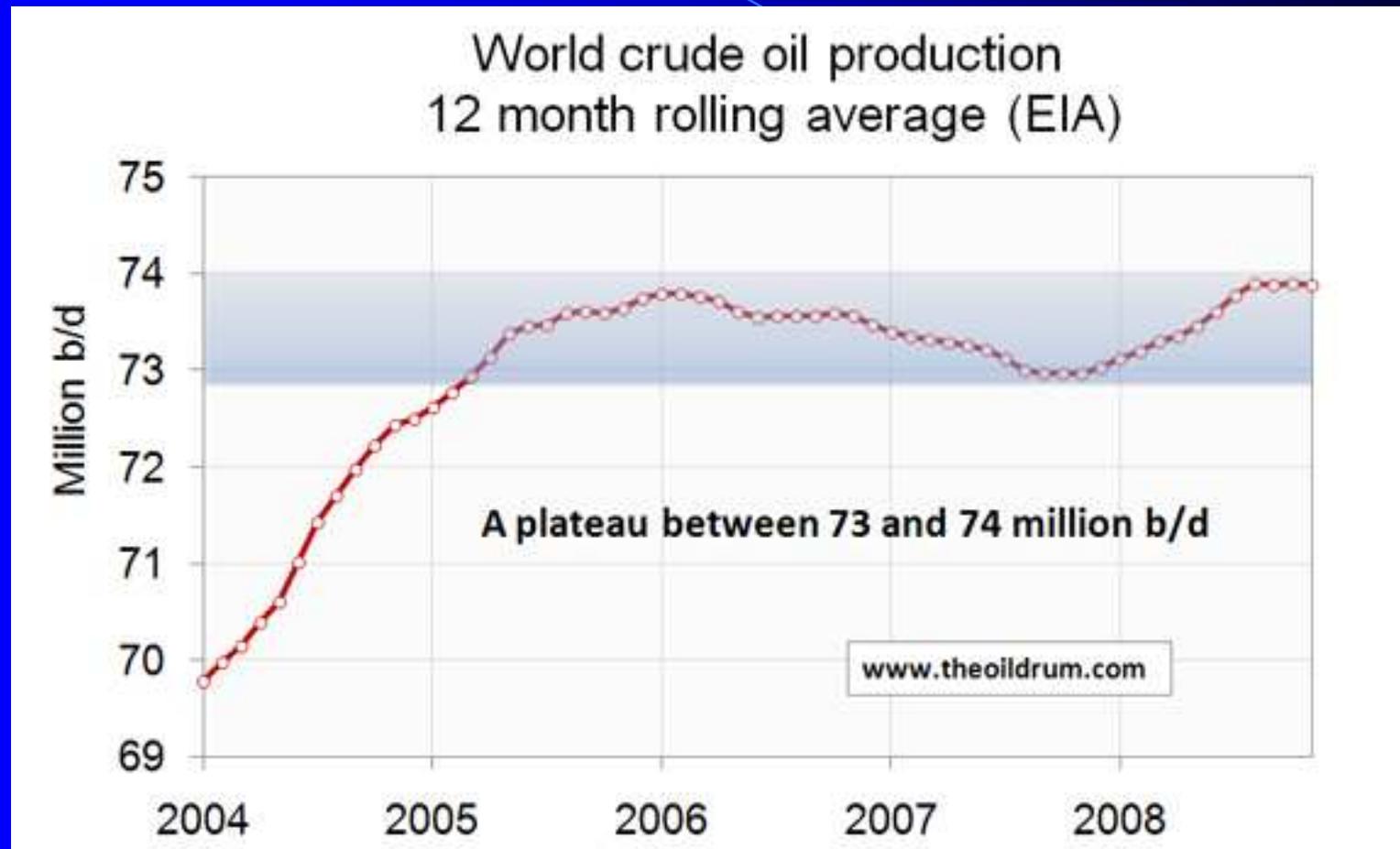


Produzione mondiale di petrolio.

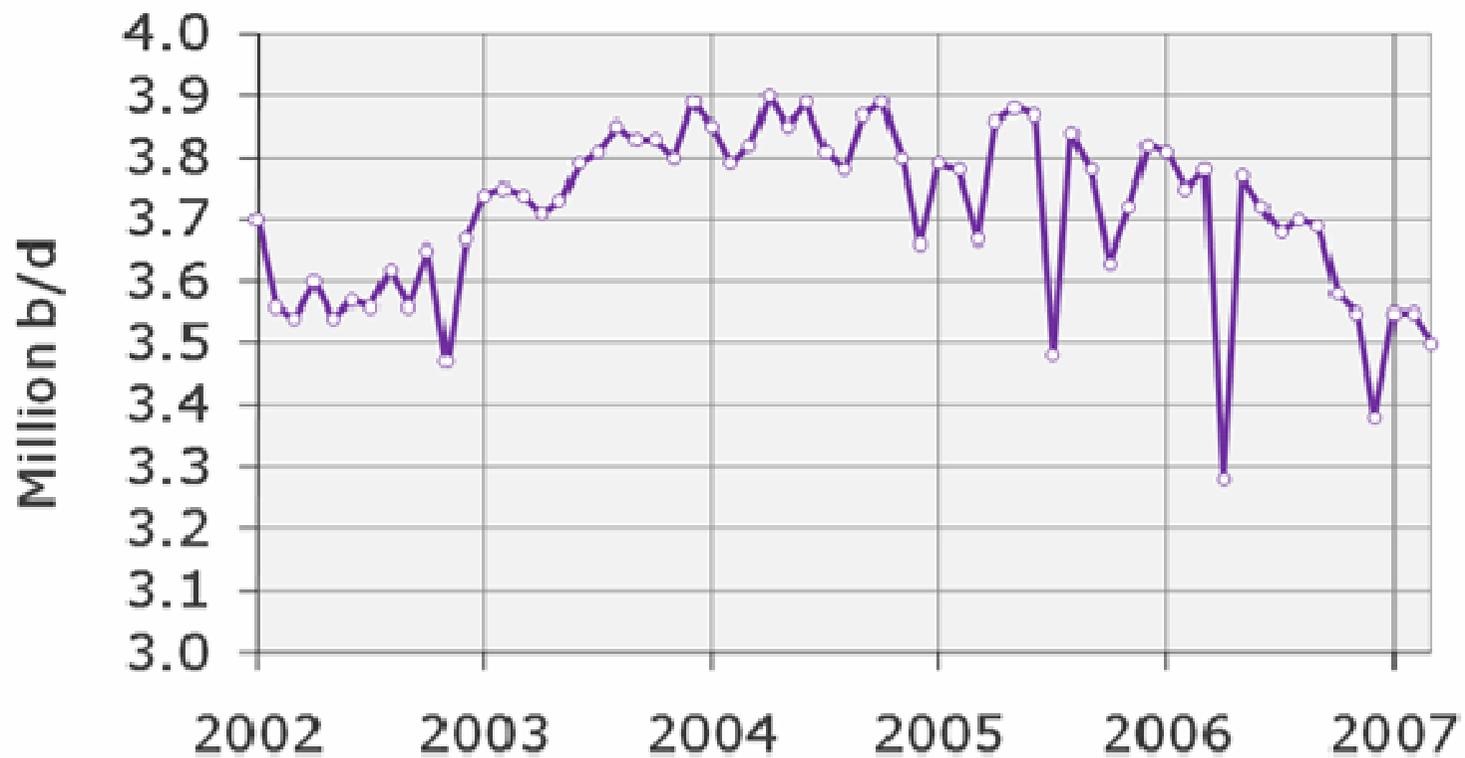
DATI SULLE FONTI FOSSILI



DATI SULLE FONTI FOSSILI

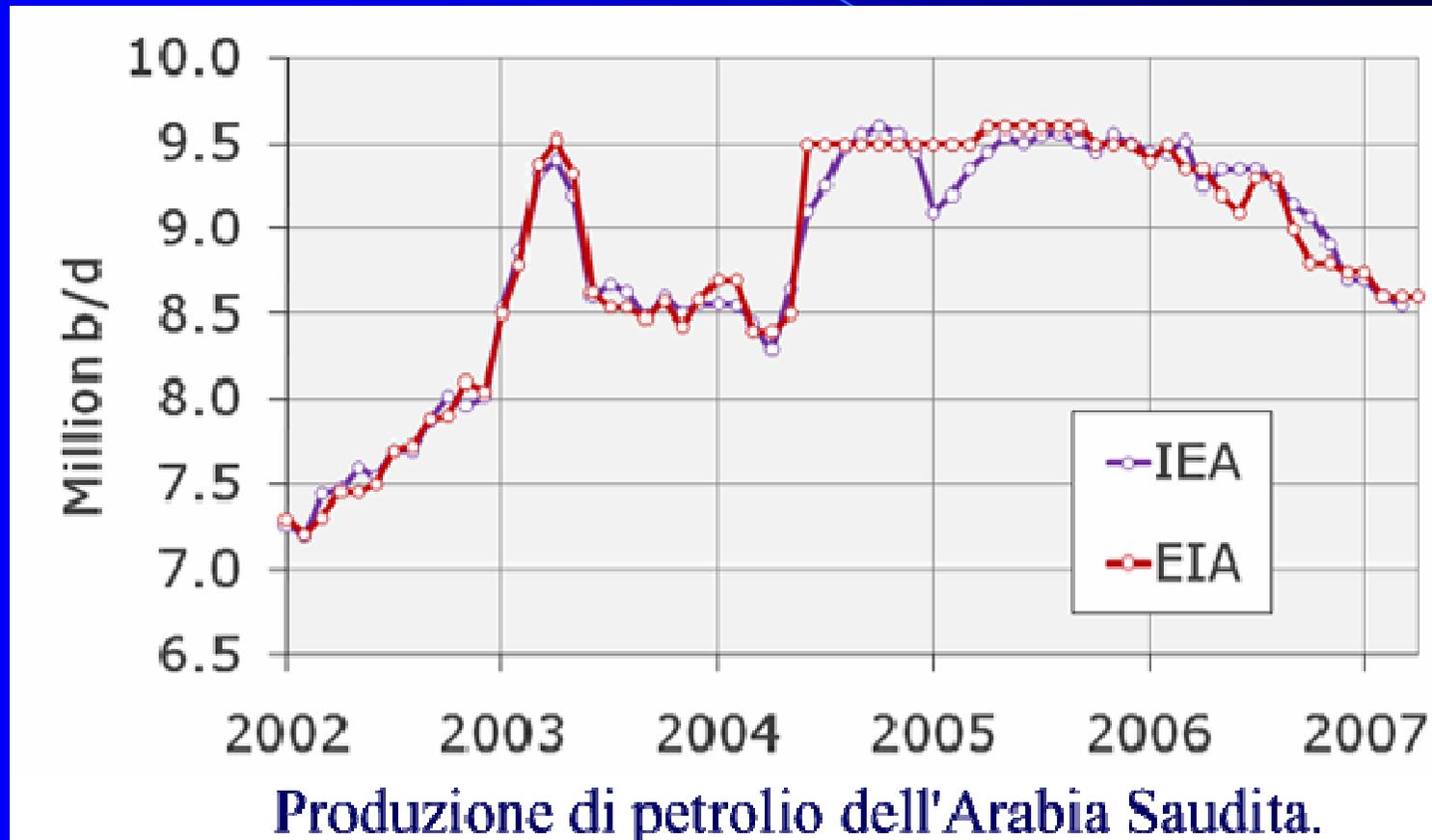


DATI SULLE FONTI FOSSILI



Produzione di petrolio del Messico.

DATI SULLE FONTI FOSSILI



I COMBUSTIBILI FOSSILI

Rappresentano l'80-90% del fabbisogno energetico mondiale. Tuttavia essi presentano tre gravi inconvenienti:

1 – Sono distribuiti nel mondo. I più energivori sono quelli con riserve più limitate. Questo ha causato negli ultimi decenni tensioni geo-politiche e guerre.

2 – Le riserve fossili mondiali sono limitate. Fra poche decine di anni si ipotizza il picco di produzione del petrolio e del gas. Il quella data si prevedono tensioni economiche e politiche.

3 – La combustione comporta l'emissione di anidride carbonica (CO₂) nell'atmosfera. Tale gas viene considerato il maggior responsabile della modifica del clima.

L'ANIDRIDE CARBONICA

Peculiarità dell'anidride carbonica (CO₂) rispetto a altri inquinanti:

- E' un gas inerte e con effetti ritardati, che si accumula nell'atmosfera**
- Assorbe la radiazione infrarossa e determina l'effetto serra. Le emissioni degli ultimi decenni stanno aumentando il fenomeno serra in modo incontrollato.**

Secondo l'ultimo rapporto dell' IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), fra un centinaio di anni si avranno aumenti di temperatura tra 1,5 e 6°, mentre il livello del mare aumenterà fino a 1mt. Il rapporto prevede un aumento della desertificazione, maggiori inondazioni e eventi metereologici estremi.

PROTOCOLLO DI KYOTO

Il 4 febbraio 1991 il consiglio ha autorizzato la commissione a partecipare ai negoziati della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici adottata a New York il 9 maggio 1992.

La convenzione è stata ratificata dalla Comunità Europea con decisione 94/96/CE del 15 dicembre 1993. (è poi entrata in vigore il 21 marzo 1994).

Purtroppo, molti paesi (compresi gli USA) non hanno rispettato gli impegni assunti riguardo i gas serra.

Nella quarta conferenza delle parti di Berlino nel 1995, i paesi hanno deciso di negoziare un protocollo contenente delle misure per la riduzione delle emissioni.

Dopo lunghi lavori, l'11 dicembre 1997 è stato adottato a Kyoto il **Protocollo di Kyoto**.

La comunità Europea ha firmato il protocollo il 29 aprile 1998. La volontà dell'Unione era che il protocollo entrasse in vigore prima del **vertice mondiale sullo sviluppo sostenibile di Johannesburg** (26 agosto – 4 settembre 2002).

Gli stati membri si sono impegnati a ratificare entro il 1 giugno 2002.

IL CONTENUTO DEL PROTOCOLLO:

Concerne l'emissione di 6 gas serra (biossido di carbonio CO₂; metano CH₄; Protossido di azoto N₂O; idrofluorocarburi HFC; perfluorocarburi PFC; esafluoro di zolfo SF₆).

I paesi si impegnano a ridurre i gas serra nel periodo 2008-2012 di almeno il 5% rispetto ai livelli del 1990.

Inoltre, tra il 2008 e il 2012, gli stati membri dell'unione devono ridurre le loro emissioni di gas serra dell'8%.

ALTERNATIVA ALLE FONTI FOSSILI

CARBONE

Può tenere in vita il modello capitalistico per alcuni anni nel dopo-petrolio. Dà emissioni di CO2 e di altri inquinanti.

NUCLEARE

Malgrado sia considerato il futuro, dà problemi irrisolvibili:

- Scorie radioattive
- Costi di realizzazione
- Possibile obiettivi terroristici con esiti disastrosi
- Sicurezza
- Tensioni geo-politiche
- Centralizzazione energetica
- ecc.

IDROGENO

Non è una fonte energetica. L'idrogeno deve essere prodotto da altre fonti come il carbone e il nucleare

FONTI RINNOVABILI

Sono in rapida crescita, ma hanno bisogno di tempi lunghi per proliferare.

DAGLI USA LA SPERANZA DI UN FUTURO SOSTENIBILE

Nancy Sutley
A capo del Consiglio sulla
Qualità Ambientale

BARAK OBAMA



Al Gore
Consigliere per le energie
rinnovabili

Un green team per l'energia del futuro

Steven Chu
(Premio Nobel per la Fisica e
studioso delle energie
rinnovabili)
MINISTRO DELL'ENERGIA

Lisa Jackson
Alla guida dell'EPA

Carol Bronner
Coordinatore delle politiche
Ambientali

LE LEGGI SUL RISPARMIO ENERGETICO

Legge n.373 del 30 aprile 1976 e decreti successivi

Concepita per limitare la potenza installata negli edifici attraverso il contenimento di un Coefficiente di potenza dispersa per unità di volume

La legge non portò a grossi sconvolgimenti negli standard costruttivi dell'epoca.

Legge n.10 del 16 gennaio 1991 e regolamento attuativo DPR n.412 e successive modifiche e integrazioni

La legge prescriveva la verifica di

Coefficiente di dispersione volumica (della precedente legge)

Fabbisogno energetico normalizzato

Rendimento di produzione dell'impianto termico

Rendimento globale dell'impianto

D.Lgs. n.192/2005

Ha drasticamente mutato gli standard di progettazione e costruzione edilizia

successivo D.Lgs.211/2006

Pone un indice globale prestazionale dell'edificio.

CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Classificazione e certificazione energetica degli edifici

Cosa significa “edificio a basso consumo energetico”?

Gli edifici a basso consumo energetico, coniugano comfort abitativo a risparmio energetico, collocandosi all'interno di una specifica classe energetica in base a quanto combustibile consumano all'anno per ogni metro quadro di superficie riscaldata.

La **classificazione energetica degli edifici** consente pertanto di attribuire alle abitazioni una classe, dalla più virtuosa energeticamente, e quindi economicamente, alla più dispendiosa come mostrato di seguito:



CASA PASSIVA :

< 15 Kwh/mq annuo = < 1,5 litri gasolio/mq annuo

Classe energetica A:

< 30 Kwh/mq annuo = < 3 litri gasolio/mq annuo

Classe energetica B:

tra 31-50 Kwh/mq annuo = 3,1-5 litri gasolio/mq annuo

Classe energetica C:

tra 51-70 Kwh/mq annuo = 5,1-7 litri gasolio/mq annuo

Classe energetica D:

tra 71-90 Kwh/mq annuo = 7,1-9 litri gasolio/mq annuo

Classe energetica E:

tra 91-120 Kwh/mq annuo = 9,1-12 litri gasolio/mq annuo

Classe energetica F:

tra 121-160 Kwh/mq annuo = 12,1-16 litri gasolio/mq annuo

Classe energetica G:

> 160 Kwh/mq annuo = > 16 litri gasolio/mq annuo

La **certificazione energetica degli edifici** prevede una sezione per la classe di isolamento termico ed una per la qualità dell'impiantistica ad alta efficienza energetica. La certificazione energetica degli edifici è uno strumento di informazione per l'acquirente o il conduttore sulla prestazione energetica ed il grado di efficienza di abitazioni e fabbricati e **contribuisce a rivalutarne l'immagine e ad incrementarne il valore di mercato**. Come tale, a garanzia della sua attendibilità, la certificazione energetica dovrà essere rilasciata da esperti o organismi terzi estranei alla proprietà, dei quale dovranno essere garantiti la qualificazione e l'indipendenza.

Ottenuta la certificazione, viene rilasciata la **targhetta energetica** da esporre sulla facciata degli edifici a basso consumo energetico in classe B, A e passivi come segno tangibile e riconoscibile della classe energetica di appartenenza.

LE ENERGIE RINNOVABILI

Sono da considerarsi energie rinnovabili quelle forme di **energia** generate da fonti che per loro caratteristica intrinseca *si rigenerano o non sono "esauribili" nella scala dei tempi "umani"* e, per estensione, il cui utilizzo *non pregiudica le risorse naturali per le generazioni future*.

Energia geotermica
Energia idroelettrica
Energia eolica
Energia da biomasse
Termovalorizzazione
Energia solare

ENERGIA GEOTERMICA

L'energia geotermica è l'energia generata per mezzo di fonti geologiche di calore e può essere considerata una forma di energia rinnovabile, se valutata in tempi brevi. Si basa sulla produzione di calore naturale della Terra (geotermia) alimentata dall'energia termica rilasciata in processi di decadimento nucleare di elementi radioattivi quali l'uranio, il torio e il potassio, contenuti naturalmente all'interno della terra.

La prima dimostrazione di utilizzo dell'energia geotermica avvenne il 4 luglio 1904 in Italia per merito del principe Piero Ginori Conti che sperimentò il primo generatore geotermico a Larderello.

L'energia geotermica rappresenta oggi meno dell'1% della produzione mondiale di energia[3].

ENERGIA IDROELETTRICA



L'energia idroelettrica è quel tipo di energia che sfrutta la trasformazione dell'energia potenziale gravitazionale (posseduta da masse d'acqua in quota) in energia cinetica nel superamento di un dislivello, la quale energia cinetica viene trasformata, grazie ad un alternatore accoppiato ad una turbina, in energia elettrica.

L'energia idroelettrica viene ricavata dal corso di fiumi e di laghi grazie alla creazione di dighe e di condotte forzate. Esistono vari tipi di diga: nelle centrali a salto si sfruttano grandi altezze di caduta disponibili nelle regioni montane. Nelle centrali ad acqua fluente si utilizzano invece grandi masse di acqua fluviale che superano piccoli dislivelli; per far questo però il fiume deve avere una portata considerevole e un regime costante.

L'acqua di un lago o di un bacino artificiale viene convogliata, attraverso condutture forzate, a valle trasformando così la sua energia potenziale in energia di pressione e cinetica grazie al distributore e alla turbina. L'energia cinetica viene poi trasformata attraverso il generatore elettrico, grazie al fenomeno dell'induzione elettromagnetica, in energia elettrica. Per permettere di immagazzinare energia e di averla a disposizione nel momento di maggiore richiesta, sono state messe a punto centrali idroelettriche di generazione e di pompaggio. Nelle centrali idroelettriche di pompaggio, l'acqua viene pompata nei serbatoi a monte sfruttando l'energia prodotta e non richiesta durante la notte cosicché di giorno, quando la richiesta di energia elettrica è maggiore, si può disporre di ulteriori masse d'acqua da cui produrre energia. Questi impianti permettono di immagazzinare energia nei momenti di disponibilità per utilizzarla nei momenti di bisogno.

L'energia idroelettrica è una fonte di energia pulita (non vi sono emissioni) e rinnovabile, tuttavia la costruzione di dighe e grandi bacini artificiali, con l'allagamento di vasti terreni, può provocare lo sconvolgimento dell'ecosistema della zona con enormi danni ambientali, come è successo con la grande diga di Assuan in Egitto.

ENERGIA EOLICA

*L'energia eolica è il prodotto della conversione dell'energia cinetica del vento in altre forme di energia. Attualmente viene per lo più convertita in elettrica tramite una **centrale eolica**, mentre in passato l'energia del vento veniva utilizzata immediatamente sul posto come energia motrice per applicazioni industriali e pre-industriali. Prima tra tutte le energie rinnovabili per il rapporto costo/produzione, è stata anche la prima fonte energetica rinnovabile usata dall'uomo.*

Nonostante la pesante crisi finanziaria, il 2008 è stato un anno record per l'energia eolica, con oltre 27.000 MW di nuova potenza installata in tutto il mondo. Negli anni precedenti la nuova potenza installata è stata rispettivamente di 20.000 MW (2007), 15.000 MW (2006) e di 11.000 MW (2005). Questa crescita esponenziale ha portato ad avere già alla fine del 2008, una potenza cumulata totale di oltre 120.000 MW, producendo elettricità pari ad oltre l'1,5% del fabbisogno mondiale di energia[1], e si prevede che già alla fine di questo anno, si possa arrivare a sfiorare la quota del 2%. Con questi alti tassi di crescita, si stima che ogni tre anni, si possa incrementare di 1 punto percentuale la copertura del fabbisogno mondiale di energia tramite questa fonte di energia pulita, che anno dopo anno arriverà a conquistare una sempre maggiore quota mondiale.



ENERGIA DA BIOMASSE

Per **biomassa** si intendono tutti quei materiali di origine organica, animale o vegetale, che non hanno subito alcun processo di fossilizzazione, quindi il petrolio, il carbone e gli altri combustibili fossili, pur essendo di origine organica non possono essere definiti biomassa. Il termine è spesso utilizzato per parlare di fonti di impianti a biomassa per la produzione di energia.

Il contenuto energetico dei diversi materiali può infatti essere sfruttato per produrre energia, costituendo un valido sostituto ai combustibili fossili, ottenendo emissioni di anidride carbonica molto inferiori e ambientalmente sostenibili.

Alcuni materiali possono essere utilizzati quasi tal quali (es:lega) altri hanno bisogno di trattamenti più o meno **complessi**.

ENERGIA DA TERMOVALORIZZATORE

*Gli **inceneritori** sono impianti principalmente utilizzati per lo smaltimento dei rifiuti mediante un processo di combustione ad alta temperatura (**incenerimento**) che dà come prodotti finali un effluente gassoso, ceneri e polveri.*

Negli impianti più moderni, il calore sviluppato durante la combustione dei rifiuti viene recuperato e utilizzato per produrre vapore, poi utilizzato per la produzione di energia elettrica o come vettore di calore (ad esempio per il teleriscaldamento). Questi impianti con tecnologie per il recupero vengono indicati col nome di inceneritori con recupero energetico, o più comunemente termovalorizzatori.

Il termine termovalorizzatore, seppur di uso comune, è talvolta criticato in quanto sarebbe fuorviante. Infatti, secondo le più moderne teorie sulla corretta gestione dei rifiuti gli unici modi per "valorizzare" un rifiuto sono prima di tutto il riuso e poi il riciclo, mentre l'incenerimento (anche se con recupero energetico) costituisce semplice smaltimento ed è dunque da preferirsi alla sola discarica di rifiuti indifferenziati. Si fa notare che il termine non viene inoltre mai utilizzato nelle normative europea e italiana di riferimento, nelle quali si parla solo di "inceneritori".[1][

STORIA DEL FOTOVOLTAICO

La prima intuizione delle potenzialità dei materiali conduttori si fa risalire ad Alessandro Volta alla fine del '700. La possibilità di trasformare la luce in energia elettrica fu possibile dopo gli esperimenti di A. Becquerel nel 1839. Ma i periodi di maggior espansione furono gli anni '50 e l'era dello sviluppo dei programmi spaziali per ottenere energia, in modo affidabile, in luoghi privi di risorse. Ormai la tecnologia fotovoltaica è disponibile dovunque: le minicalcolatrici, gli orologi, gli esposimetri delle macchinette fotografiche e le cellule fotoelettriche dei cancelli. Il primo impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica è stato realizzato nel 1982 in Svizzera.

LA CELLA FOTOVOLTAICA

MATERIALI ISOLANTI : gli elettroni di valenza non possono passare nella banda di conduzione

MATERIALI CONDUTTORI: gli elettroni di valenza sono liberi di muoversi. Quindi un campo elettrico dà origine a una corrente elettrica.

MATERIALI SEMICONDUCTORI: gli elettroni di valenza passano nella banda di conduzione ricevendo energia dall'esterno. Questa energia può essere fornita dalla **luce** (effetto fotoelettrico). Uno dei semiconduttori più importanti è il SILICIO

Per ottenere un generatore elettrico, bisogna ricorrere ad una giunzione P-N.

SEMICONDUCTORE P

Si ottiene con un drogaggio di tipo P.

Se il silicio, che ha 4 elettroni di valenza, si droga con il boro che ha 3 elettroni di valenza, si crea una "lacuna" o carica positiva.

SEMICONDUCTORE N

Si ottiene con un drogaggio di tipo N

Se il silicio, che ha 4 elettroni di valenza, si droga con il fosforo che ha 5 elettroni di valenza, si crea una "lacuna" o carica positiva.

GIUNZIONE P-N

Semiconduttore P a contatto con semiconduttore N.

Le cariche negative (elettroni) tendono a passare dalla regione N alla regione P; le cariche positive (lacune) passano dalla regione P alla regione N. In questo modo si forma un CAMPO ELETTRICO

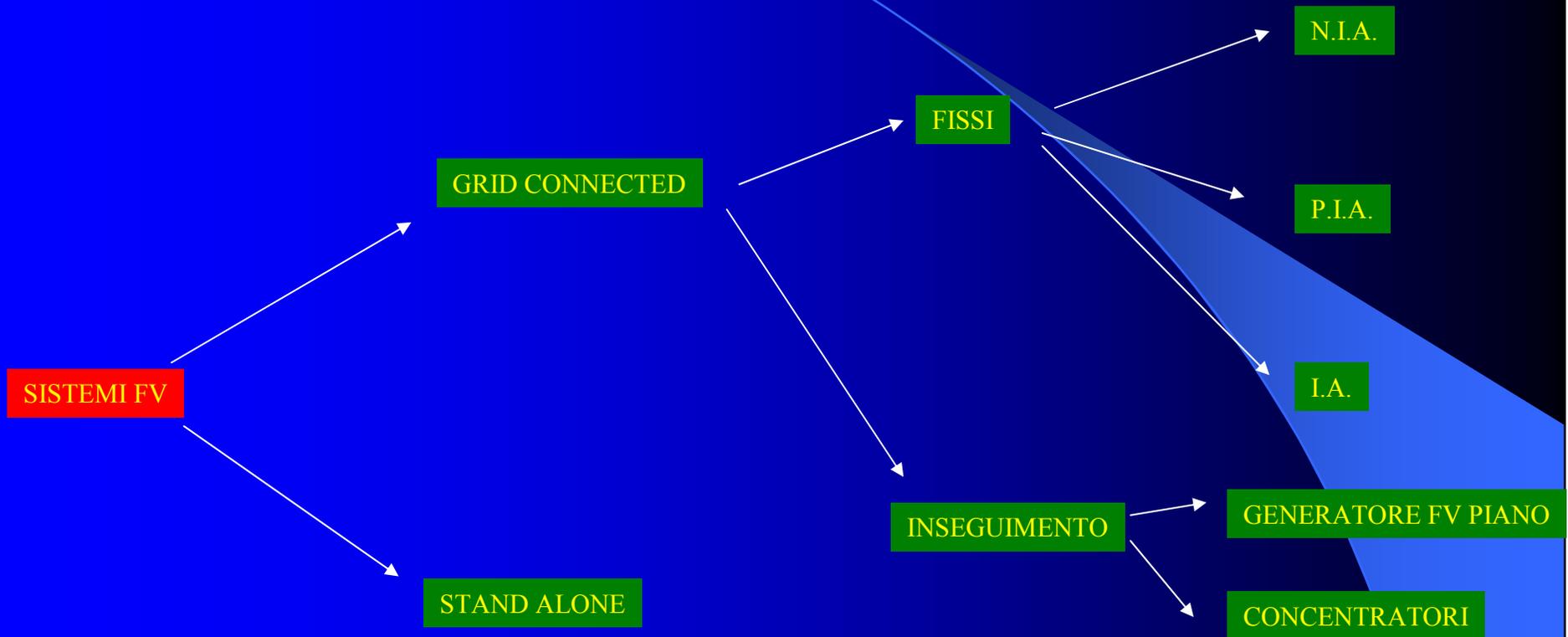
LA SITUAZIONE IN ITALIA

Almeno due sono le forti contraddizioni del fotovoltaico in Italia:

L'Italia ha un'insolazione praticamente doppia rispetto alla Germania ma, in Italia ci si accontenta di lanciare un piano per 10.000 tetti fotovoltaici, mentre in Germania il programma è di almeno 100.000 tetti fotovoltaici (in Giappone se ne vogliono raggiungere 70.000 e in U.S.A. 1.000.000).

In Italia, a Serre in Campania, c'è una centrale per la produzione di 3,3 MWp, la più grande d'Europa che dovrebbe essere da esempio per tutti i piccoli impianti. Viceversa il numero di impianti è molto esiguo.

CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI FV



TIPOLOGIA DI PANNELLI FV

TIPOLOGIA	EFFICIENZA DI CONVERSIONE	CARATTERISTICHE
cm-Si Silicio monocristallino	13-16%	Maggior resa
pm-Si Silicio policristallino	11-15%	Buon rendimento e costi bassi
a-Si Silicio amorfo	5-8%	Basso costo
CdTE Telloruro di Cadmio	9-10%	Buona resa con luce diffusa
CIS Film sottile Rame (Cu); Indio (In); Selenio (Se)	10-12%	Buona resa con luce diffusa
CIGS Film sottile Rame (Cu); Indio (In); Gallio (Ga); Selenio (Se)	10-12%	Buona resa con luce diffusa
MULTIGIUNZIONE Ga-In-P-As-Ge Film sottile Gallio (Ga); Indio (In); Fosforo (P); Arsenico (As); Germanio (Ge)	17%	Alta resa

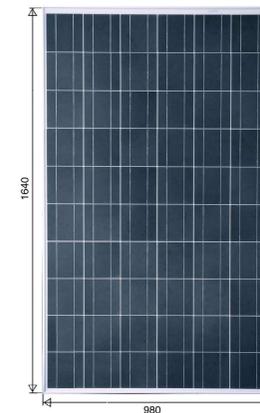
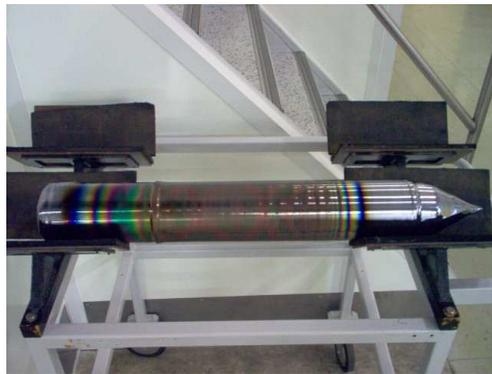
CELLE IN SILICIO CRISTALLINO

Celle in silicio cristallino (mono e policristallino)

Rappresentano il 90% del mercato fotovoltaico.

Il silicio viene purificato e fuso per formare un lingotto, che viene tagliato in strati sottili, dell'ordine del centinaio di micron.

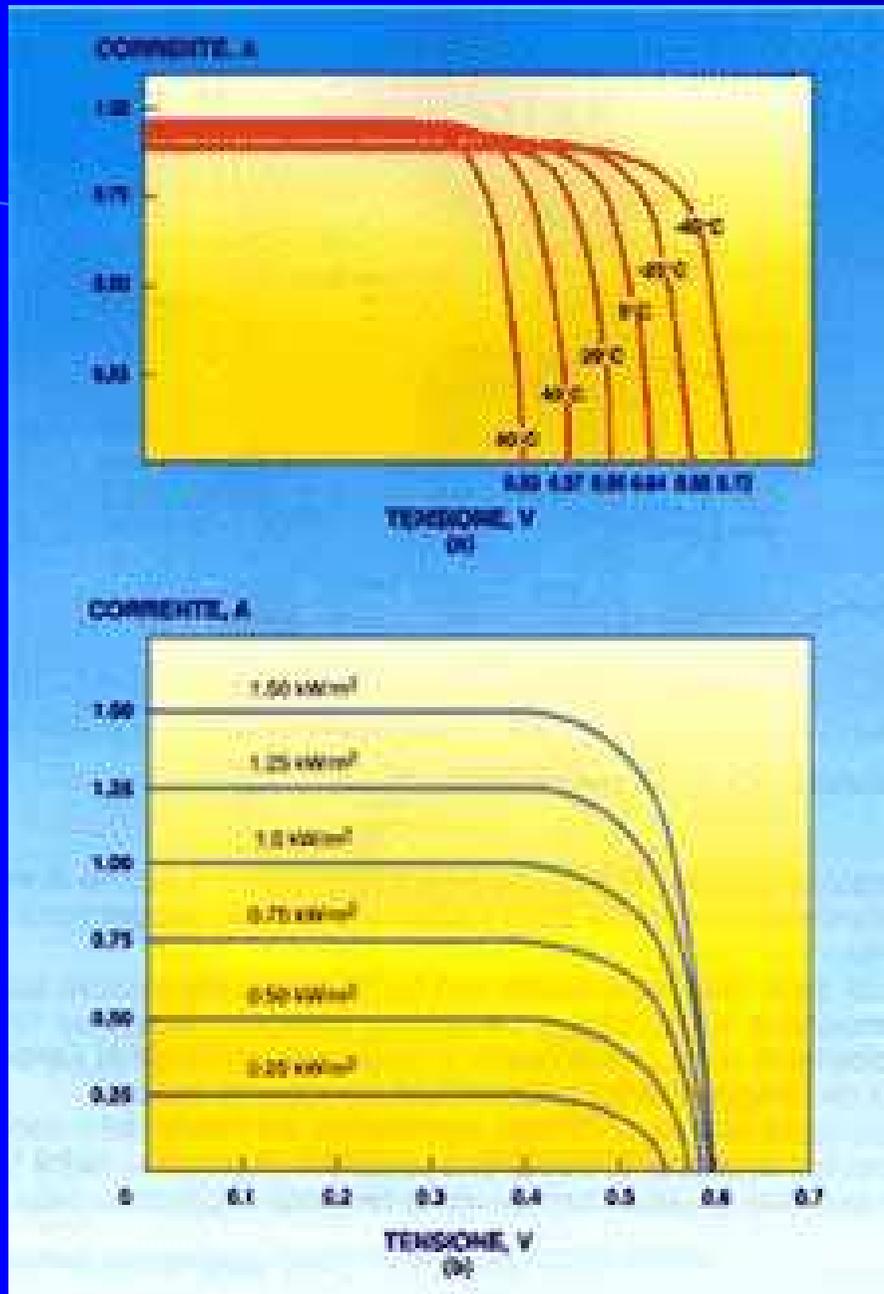
Il lingotto del silicio monocristallino è di forma cilindrica, perché viene ottenuto per accrescimento di un cristallo filiforme in lenta rotazione.



Il lingotto del silicio policristallino è invece ottenuto attraverso un processo di fusione e viene colato in un contenitore a forma di parallelepipedo.

Si procede poi al drogaggio del silicio per formare la giunzione P-N, si applicano i contatti elettrici sulle superfici e si tratta la superficie anteriore con materiale antiriflettente.

CARATTERISTICHE ELETTRICHE



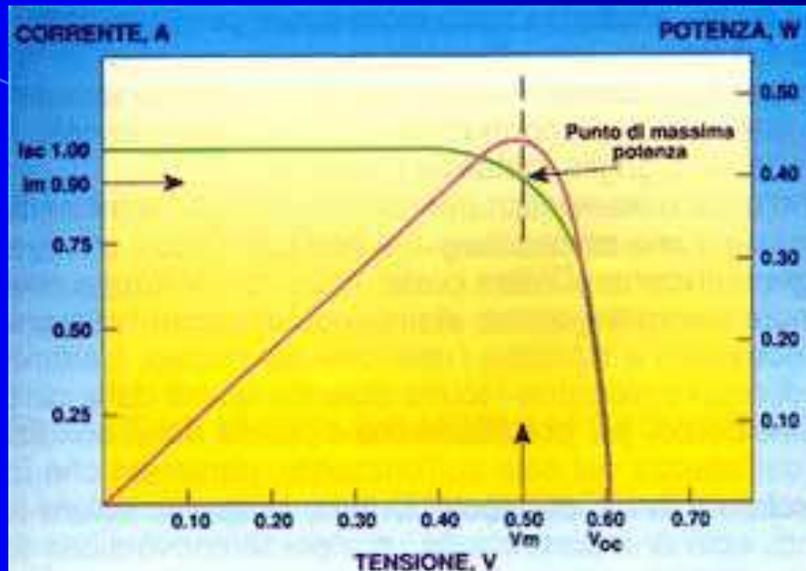
La cella fotovoltaica è sostanzialmente un diodo di grande superficie. Esponendola alla radiazione solare, la cella si comporta come un generatore di corrente, il cui funzionamento può essere descritto per mezzo della caratteristica tensione-corrente.

In generale la caratteristica di una cella fotovoltaica è funzione di tre variabili fondamentali: intensità della radiazione solare, temperatura e area della cella. L'intensità della radiazione solare non ha un effetto significativo sul valore della tensione a vuoto; viceversa l'intensità della corrente di corto circuito varia in modo proporzionale al variare dell'intensità dell'irraggiamento, crescendo al crescere di questo.

La temperatura non ha un effetto significativo sul valore della corrente di corto circuito; al contrario, esiste una relazione di proporzionalità tra questa e la tensione a vuoto, diminuendo la tensione al crescere della temperatura. L'area della cella non ha alcun effetto sul valore della tensione; viceversa esiste una diretta proporzionalità tra questa e la corrente disponibile.

CARATTERISTICHE ELETTRICHE

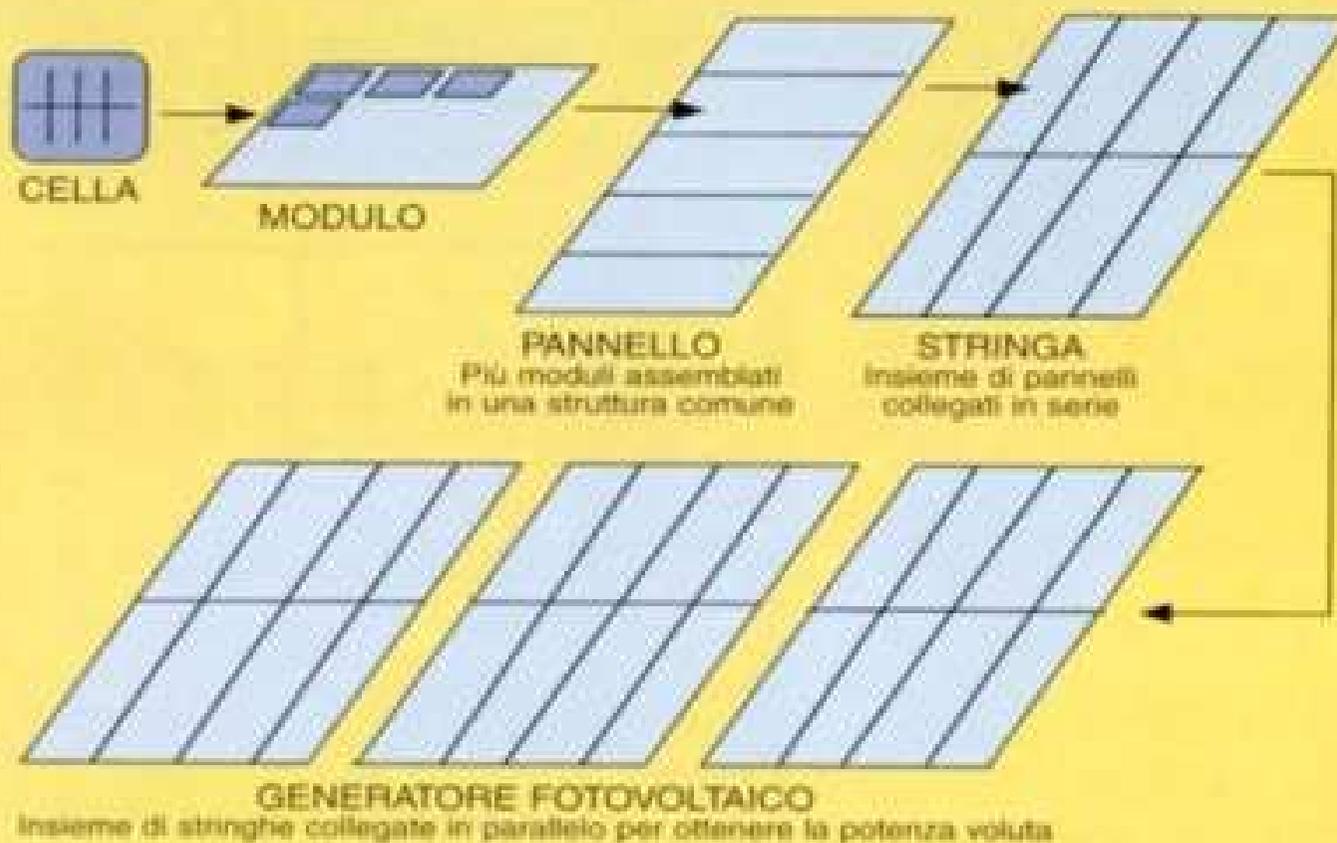
In condizioni di corto circuito la corrente generata è massima (I_{sc}), mentre in condizioni di circuito aperto è massima la tensione (V_{oc}). In condizioni di circuito aperto e di corto circuito la potenza estraibile sarà nulla, poichè nella relazione $P = V \times I$ sarà nulla la corrente nel primo caso e la tensione nel secondo. Negli altri punti della caratteristica all'aumentare della tensione aumenta la potenza, raggiungendo quindi un massimo e diminuendo repentinamente in prossimità della V_{oc} .



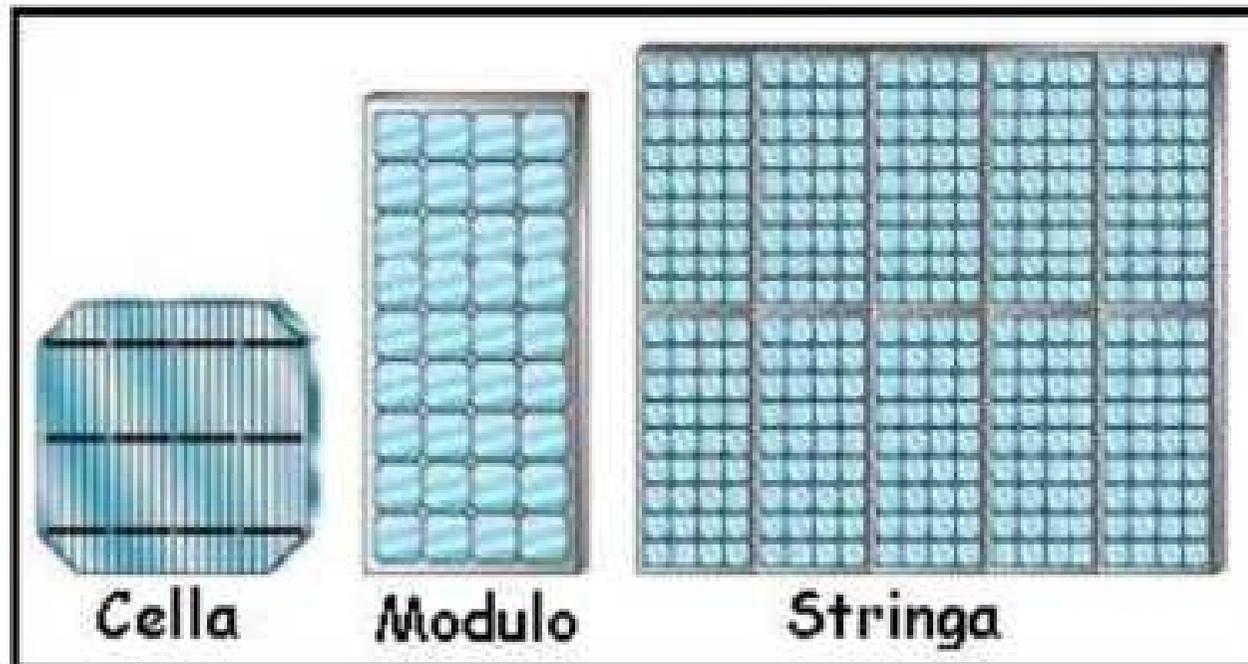
La potenza massima erogabile in condizioni di illuminazione e temperatura specificate viene misurata in watt di picco (W_p). Si è convenuto internazionalmente di stabilire come condizioni di riferimento una temperatura della giunzione di 25°C e un irraggiamento di 1000 W/m^2 . L'efficienza di una cella fotovoltaica risulta dal rapporto tra la potenza massima da essa erogata (P_{max}) e l'irraggiamento incidente sulla sua superficie (A_{cella}):

Un altro parametro importante che tiene conto della qualità della cella è il Fill Factor (fattore di riempimento), definito come rapporto tra la massima potenza disponibile e il prodotto $V_{oc} \times I_{sc}$ e che è in genere compreso tra 0.6 e 0.8 per celle al silicio cristallino:

Moduli fotovoltaici: realizzazione



Moduli fotovoltaici: realizzazione



Moduli fotovoltaici: realizzazione

- #1 Superficie in vetro temperato
- #2 Etilene Vinil Acetato
- #3 Celle solari
- #4 Copertura posteriore



- #5 Morsettiera di attestamento (con diodi di protezione)
- #6 Cornice di alluminio anodizzato

SMALTIMENTO DEI PANNELLI FV

Fra 10-15 anni ci sarà un volume consistente di pannelli da smaltire

Circa 36 aziende che rappresentano il 70% del mercato del fotovoltaico in Europa hanno fondato nel 2007:

Consorzio PV CYCLE

Il programma sarà operativo nel 2015 e si prevede la raccolta di almeno il 65% dei pannelli e riciclare l'85% dei materiali.

I costi dell'operazione saranno a carico dei produttori.

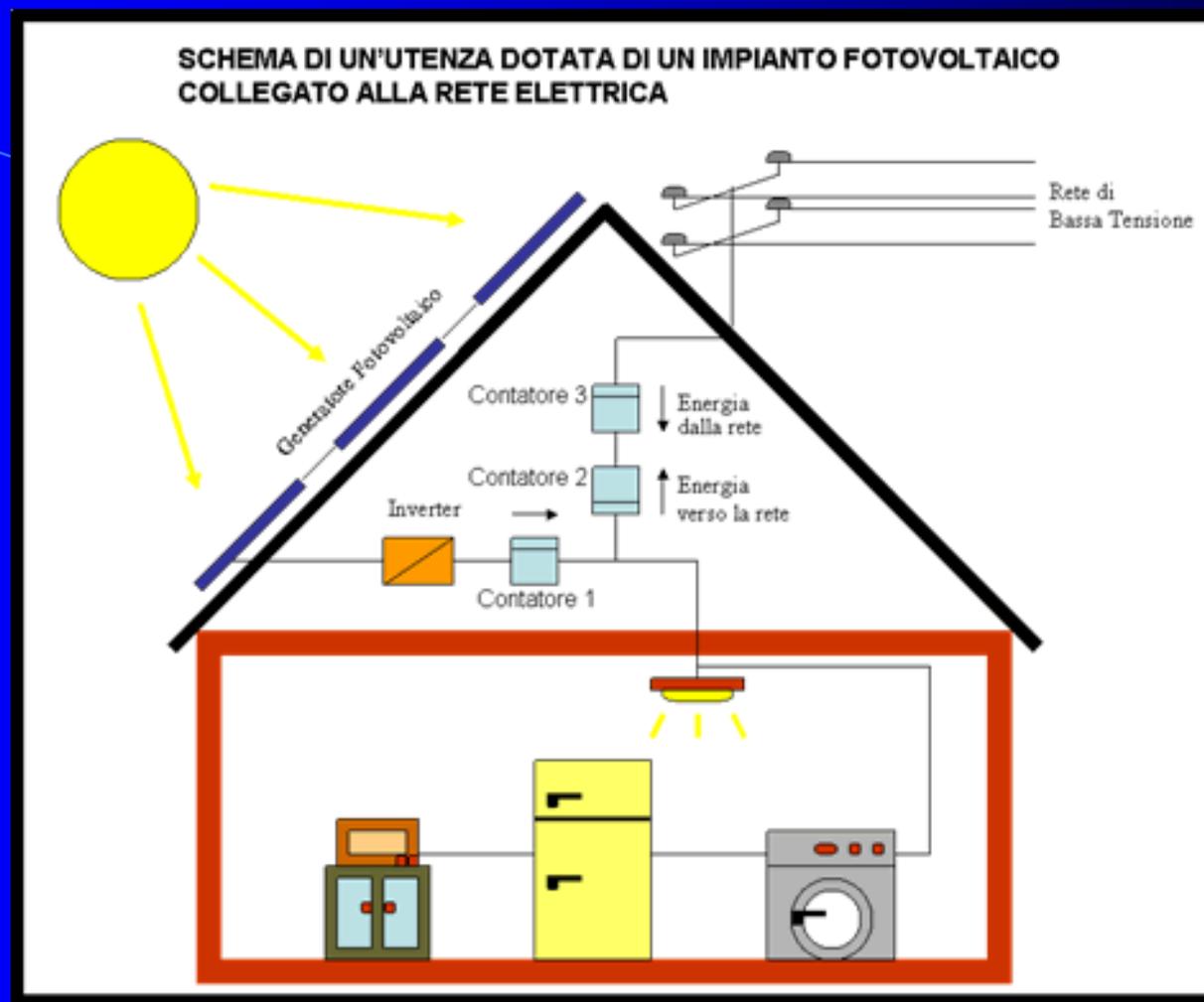
<http://www.pvcycle.org/>

Si dovranno risolvere 2 problemi:

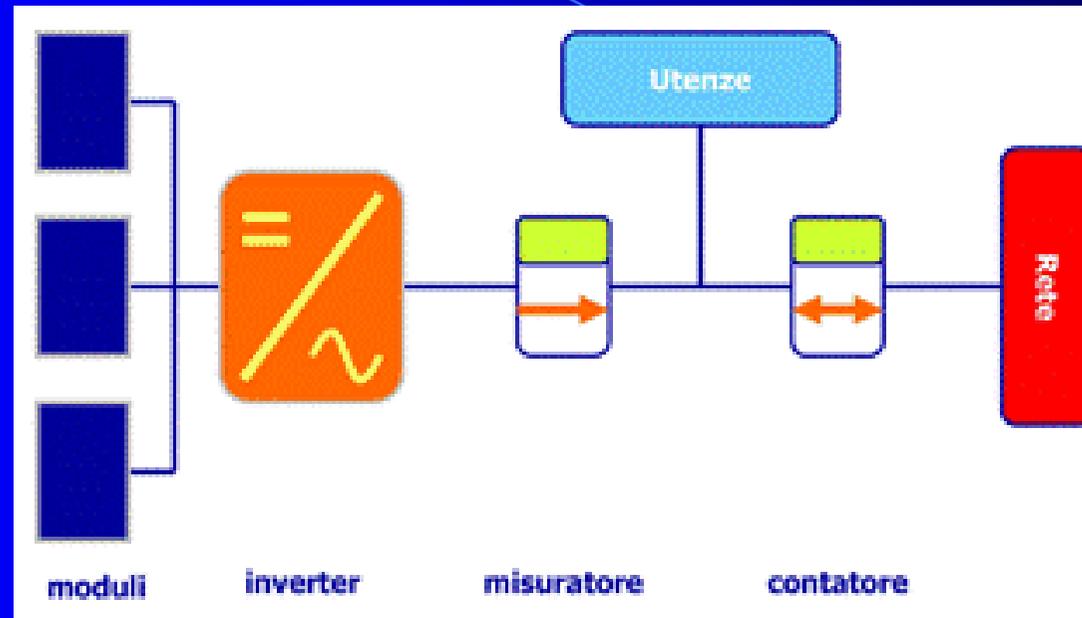
- La logistica legata alla raccolta (censimento dei pannelli, trasporto, centri di raccolta, conferimento, smistamento, ecc)
- La tecnologia per il recupero e riciclo dei materiali (attualmente sono operanti due tecnologie, quella di Deutsche Solar, valida per i pannelli a silicio cristallino, e quella di First Solar, valida per i moduli a base di tellururo di cadmio. Sono poi in fase di sviluppo altri processi).

Nel frattempo First Solar, senza frapporte indugi, ha annunciato il progetto per la realizzazione del primo impianto europeo per lo smaltimento dei pannelli. L'impianto sarà realizzato in Germania, nei pressi di Francoforte, e sarà in grado di recuperare fino al 90% dei materiali di cui i moduli sono formati per utilizzarli per la fabbricazione di nuovi moduli o altri prodotti.

SCHEMA IMPIANTISTICO FV



SCHEMA IMPIANTO



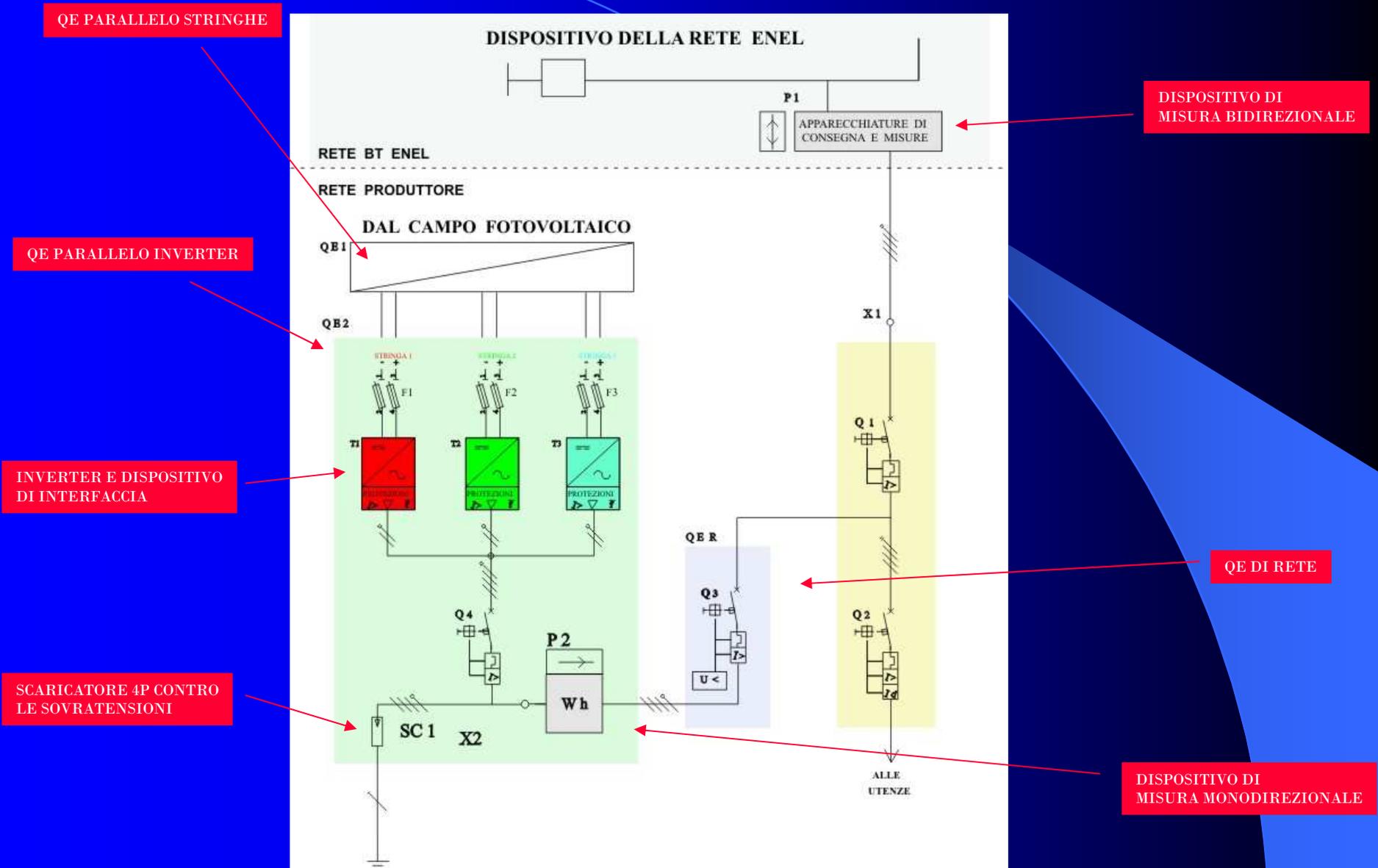
Le funzioni dei dispositivi mostrati sono le seguenti:

i moduli fotovoltaici, elemento essenziale dell'impianto, captano la radiazione solare durante il giorno e la trasformano in energia elettrica in corrente continua;

l' inverter, trasforma l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata rendendola idonea alle esigenze delle comuni apparecchiature elettriche (lampade, elettrodomestici, alimentatori, computer...);

misuratori di energia, sono dispositivi che servono a controllare e contabilizzare la quantità di energia elettrica prodotta e scambiata con la rete.

SCHEMA IMPIANTO



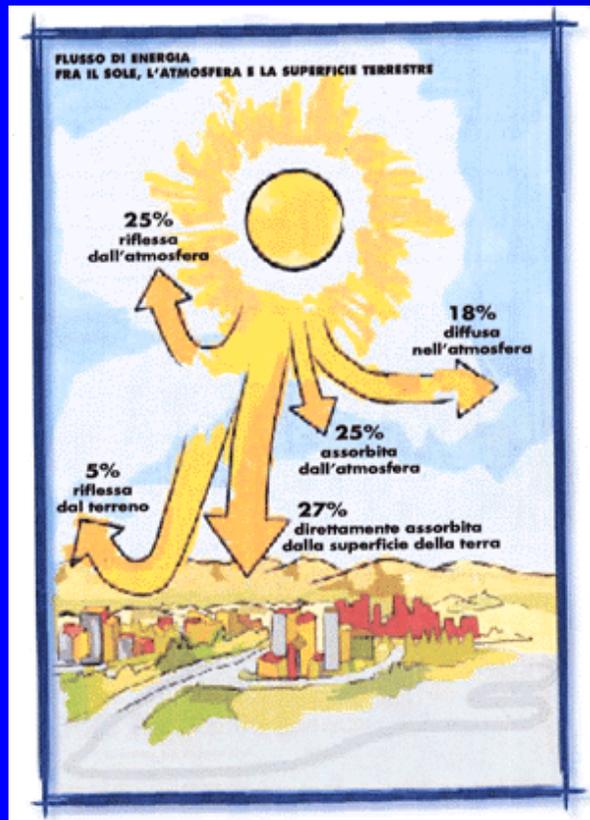
Esempio Schema Impianto Fotovoltaico Trifase

SISTEMI FOTOVOLTAICI – SOLE E ENERGIA

Il sole è una sfera di gas riscaldato da reazioni termonucleari con temperature di 15.000.000°C nella zona centrale e di 6.000°C sulla superficie.



Come tutti i corpi caldi, il sole emette una radiazione elettromagnetica, che costituisce la fonte principale di tutti i processi vitali sulla terra.



IRRAGGIAMENTO SOLARE

E' la potenza del campo elettromagnetico incidente sull'unità di superficie.
(W/mq)

Su una superficie orizzontale arriva energia sottoforma di **RADIAZIONE SOLARE** (kWh/mq) e può essere:

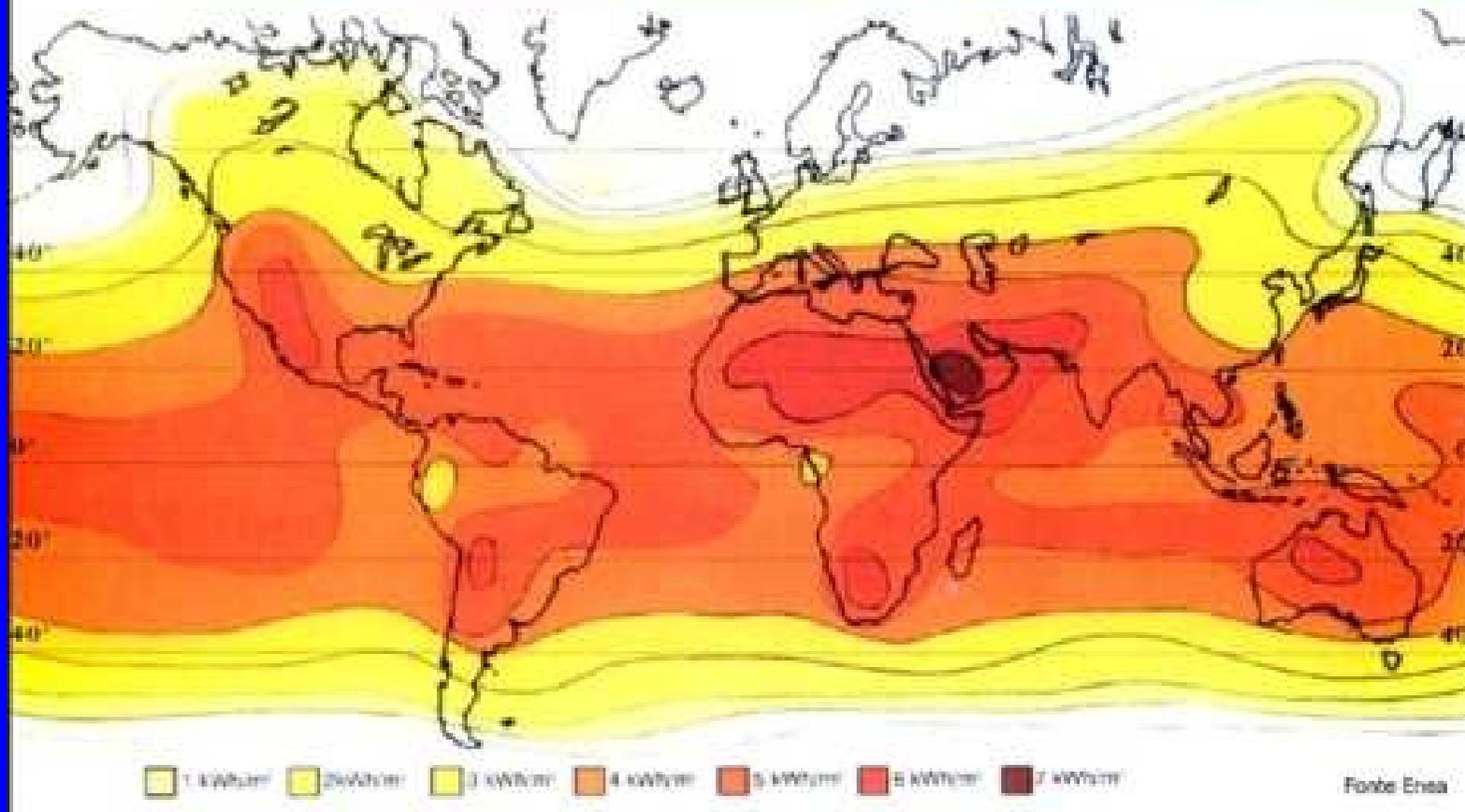
- radiazione diretta (dalla direzione del sole)
- radiazione diffusa (da ogni direzione del cielo)

IRRAGGIAMENTO



IRRAGGIAMENTO

Insolazione quotidiana nel mondo (media su un anno)



IRRAGGIAMENTO

Irraggiamento solare medio annuo

espresso in kWh/m²

- 1400 - 1500 ●
- 1500 - 1600 ●
- 1600 - 1700 ●
- 1700 - 1800 ●
- 1800 - 2000 ●
- 2000 - 2200 ●



Soleggiamento medio in ore equivalenti (kWh/m²•giorno)

Fascia climatica	Valore medio in dicembre	Valore medio in luglio	Valore medio nell'anno
<i>Nord (Milano)</i>	1.3	5.6	3.6
<i>Centro (Roma)</i>	2.7	6.4	4.7
<i>Sud (Trapani)</i>	3.5	7.1	5.4
<i>Località Alpine</i>	3.3	5.4	4.4

GEOMETRIA SOLARE

Irraggiamento diretto e diffuso

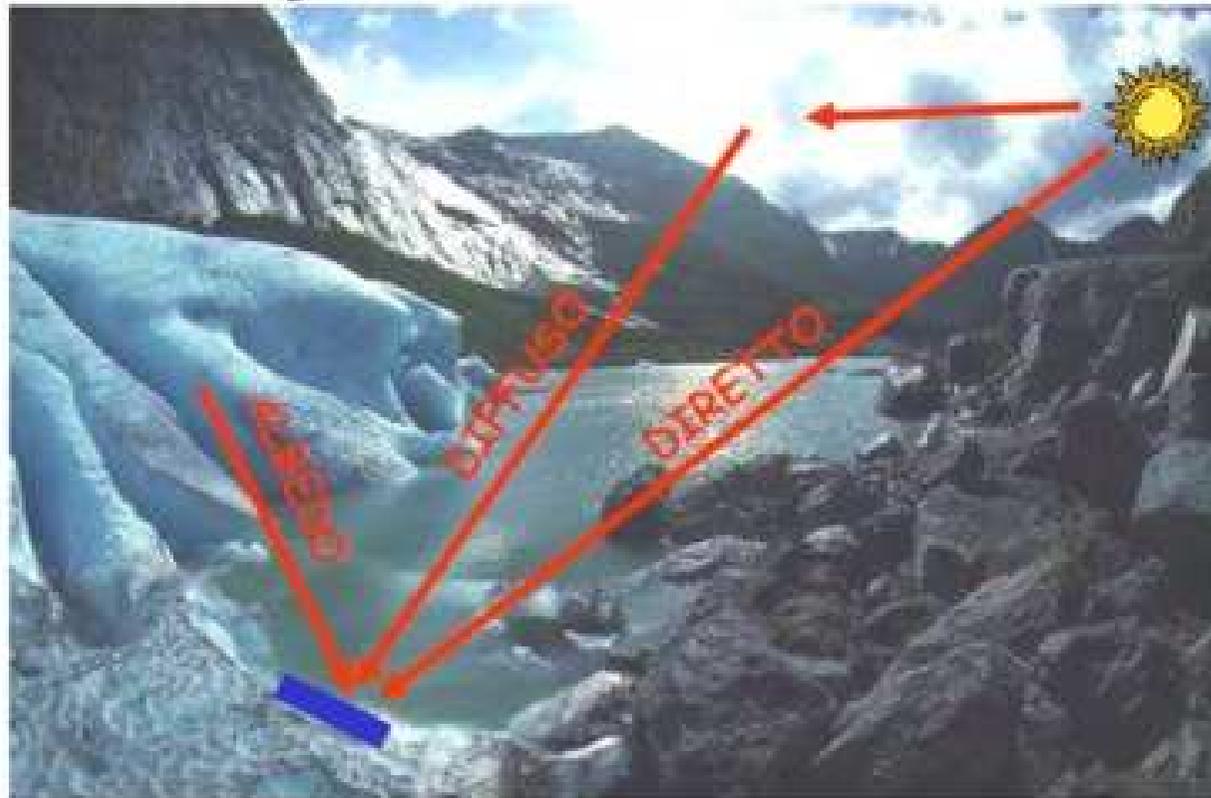


- irraggiamento diretto e diffuso

GEOMETRIA SOLARE

Irraggiamento diretto e diffuso

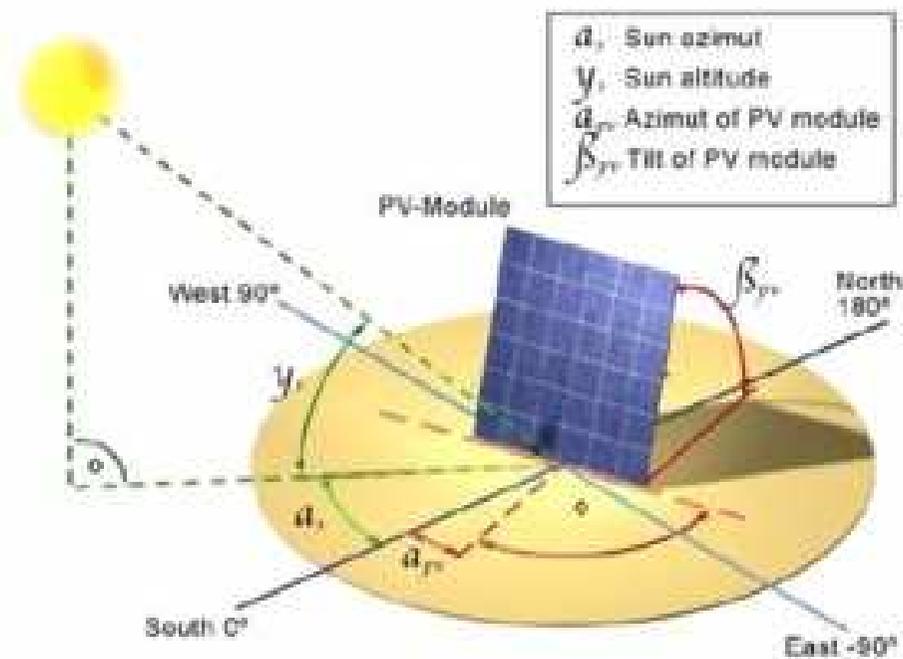
globale=diretto+diffuso+albedo



- irraggiamento diretto e diffuso

GEOMETRIA SOLARE

Piano inclinato: gli angoli (2/2)



- definizioni geometriche

GEOMETRIA SOLARE

Insolazione globale a Lugano: piano inclinato rivolto a SUD



Inclinazione	0°	5°	10°	20°	30°	35°	40°	45°	50°	60°	70°	80°	90°
	kWh/m ²												
Gennaio	42	46.7	55.3	62.6	69.2	68.5	70.9	72.8	75.4	78.1	74.9	72	69.9
Febbraio	55.9	60.1	67.6	73.7	77.7	78.1	79.7	80.7	81.5	80.5	77.5	72.9	69.9
Marzo	81.8	86.3	100.6	108.7	112.4	111.5	112	111.8	109.8	105.4	98.7	89.1	85
Aprile	105	107.1	109.9	110.5	110.2	109.1	107.6	105.8	103.1	92.9	84.1	74.1	68.7
Maggio	125	126.3	127	125.1	122.2	120.7	127.7	124.1	118.2	104.8	90.8	79.4	72.7
Giugno	162	162.8	162.4	158.5	153.2	151.9	147.4	142.2	136.2	118.1	100.4	83.7	75.4
Luglio	180.8	182.7	183.4	180.1	173.2	173.2	168.4	162.7	149.8	132.8	113.9	94.3	83.9
Agosto	160	164	169.1	170.4	167.2	167.8	165	161.3	151.8	138.8	122.5	104.5	94.8
Settembre	110.9	115.8	123.7	128.8	130.2	131.7	131.1	129.3	126.8	120.1	110.9	99.4	92.8
Ottobre	67	70.8	77.4	82.4	85.2	85.5	85.8	87	88.9	84.2	80.1	74.3	70.9
Novembre	49	49.8	53.8	58.6	60.2	64.1	65.8	67.1	68.6	68.8	68.6	63.7	61.8
Dicembre	35	38.3	47.2	54	57.1	59.8	61.9	63.8	66.4	67.4	68.6	64.5	62.8
Anno	1188.8	1228.8	1299.2	1394.4	1451.2	1331.1	1223.9	1309.6	1261	1187.1	1089.4	972.8	898.3
Δ rap. optimum	-10.7%	-7.7%	-3.1%	-0.3%	0.0%	0.6%	-0.3%	-1.6%	-0.3%	-15.8%	-18.2%	-28.2%	-31.8%

- irraggiamento sul piano dei collettori

GEOMETRIA SOLARE

Fattore di trasposizione, tabella

Transposition Factors for Legano (j)

Period: Whole year — Horizontal Global Inrad. = 1143 kWh/m²

Aspect	90°	-75°	60°	-45°	-30°	-15°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
90°	0.54	0.60	0.66	0.71	0.75	0.78	0.80	0.80	0.79	0.75	0.70	0.64	0.58
80°	0.61	0.58	0.74	0.80	0.85	0.89	0.91	0.90	0.88	0.84	0.79	0.72	0.65
70°	0.69	0.75	0.82	0.89	0.94	0.98	1.00	1.00	0.97	0.93	0.87	0.80	0.72
60°	0.75	0.82	0.90	0.96	1.01	1.05	1.07	1.07	1.04	1.00	0.94	0.86	0.78
50°	0.81	0.88	0.96	1.02	1.07	1.10	1.12	1.12	1.09	1.05	0.99	0.90	0.84
40°	0.87	0.94	1.00	1.05	1.09	1.12	1.15	1.14	1.12	1.08	1.03	0.97	0.90
30°	0.92	0.97	1.02	1.07	1.11	1.13	1.15	1.14	1.13	1.09	1.05	1.00	0.94
20°	0.96	1.00	1.04	1.07	1.09	1.11	1.12	1.12	1.11	1.09	1.05	1.00	0.96
10°	0.98	1.01	1.03	1.04	1.06	1.07	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.02	1.00
0°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Esempio: $0.58 / 1.15 \approx 0.5 \Rightarrow 50\%$

GEOMETRIA SOLARE

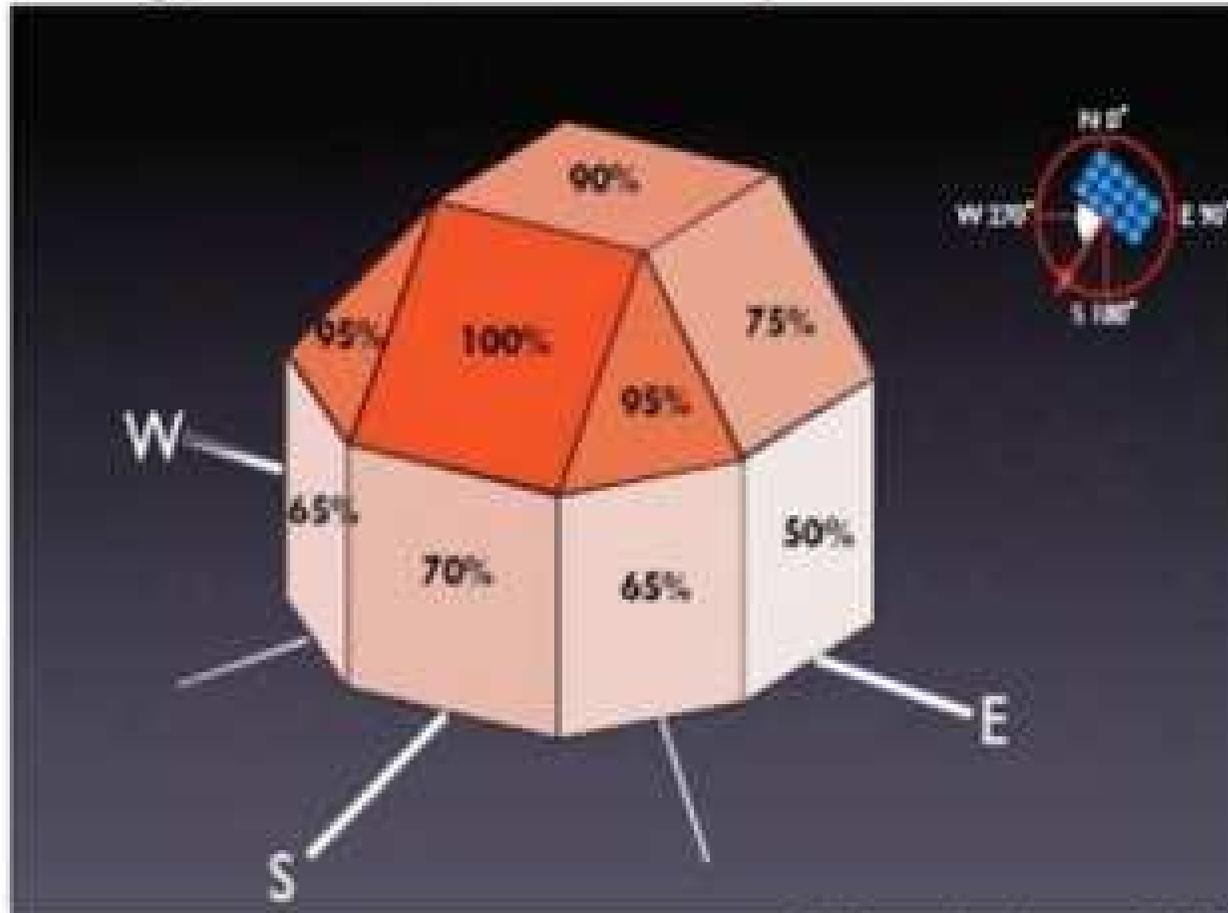
Energia incidente riferita al valore massimo (100%)

Tilt	AZ													
	-90°	-75°	-60°	-45°	-30°	-15°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	
90°	47	52	57	62	65	68	70	70	68	65	61	56	50	
80°	53	59	64	70	74	77	79	78	77	73	69	63	57	
70°	59	65	71	77	82	85	87	87	84	81	76	70	63	
60°	65	71	78	83	88	91	93	93	90	87	82	75	68	
50°	70	77	83	89	93	96	97	97	95	91	86	80	73	
40°	76	82	87	91	96	98	100	99	97	94	90	84	78	
30°	80	84	90	93	97	98	100	99	98	95	91	87	82	
20°	83	87	90	93	95	97	97	97	97	94	91	89	85	
10°	86	88	90	90	92	93	93	93	92	91	90	89	87	
0°	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	

- Irraggiamento sul piano dei collettori

GEOMETRIA SOLARE

Energia incidente: piani inclinati



- irraggiamento sul piano dei collettori

GEOMETRIA SOLARE

Ombre

Ombre lontane

=

→ orizzonte

- su tutto il campo PV
- rilevamento sul terreno con Heliochron o su carta



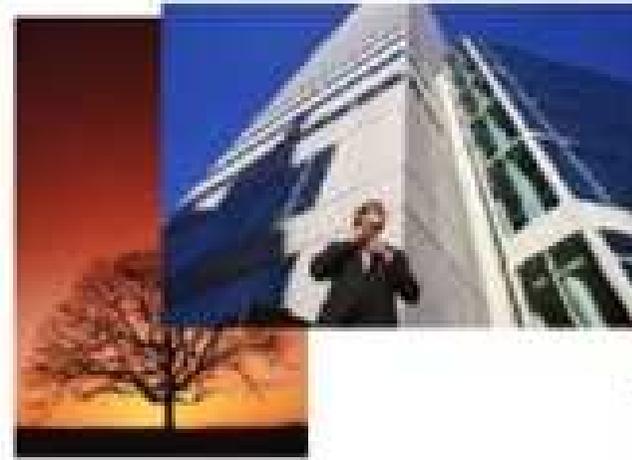
SUPSI, DACD, LEEE

Ombre vicine

=

→ edifici, piante, ecc.

- solo su una parte del campo
- rilevamento sul terreno con teodolite



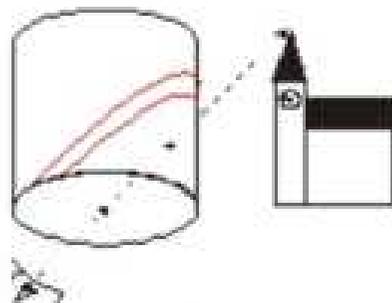
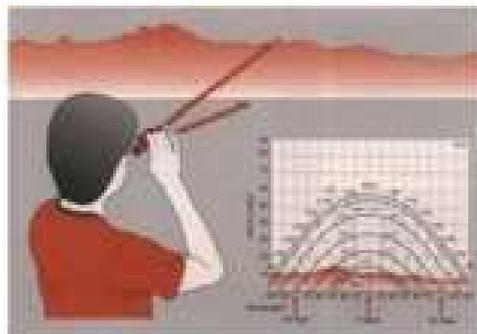
- ombre

Valutazioni pratiche - 53

GEOMETRIA SOLARE

Rilievo dell'orizzonte

1. **Heliocron:** apparecchio utilizzato per il rilievo dell'orizzonte
2. **Software:** sistema computerizzato per ottenere l'orizzonte



SUPSI, DACD, LEEE

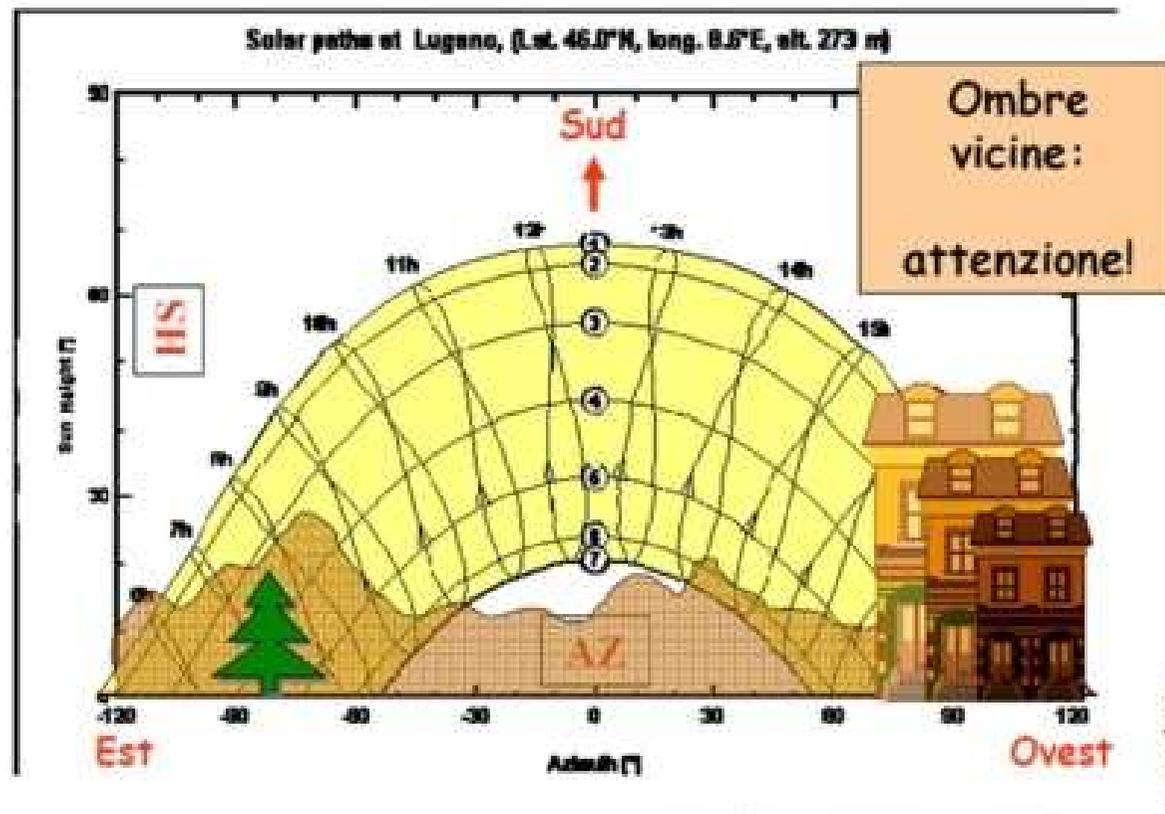


- ombre

Valutazioni pratiche - 58

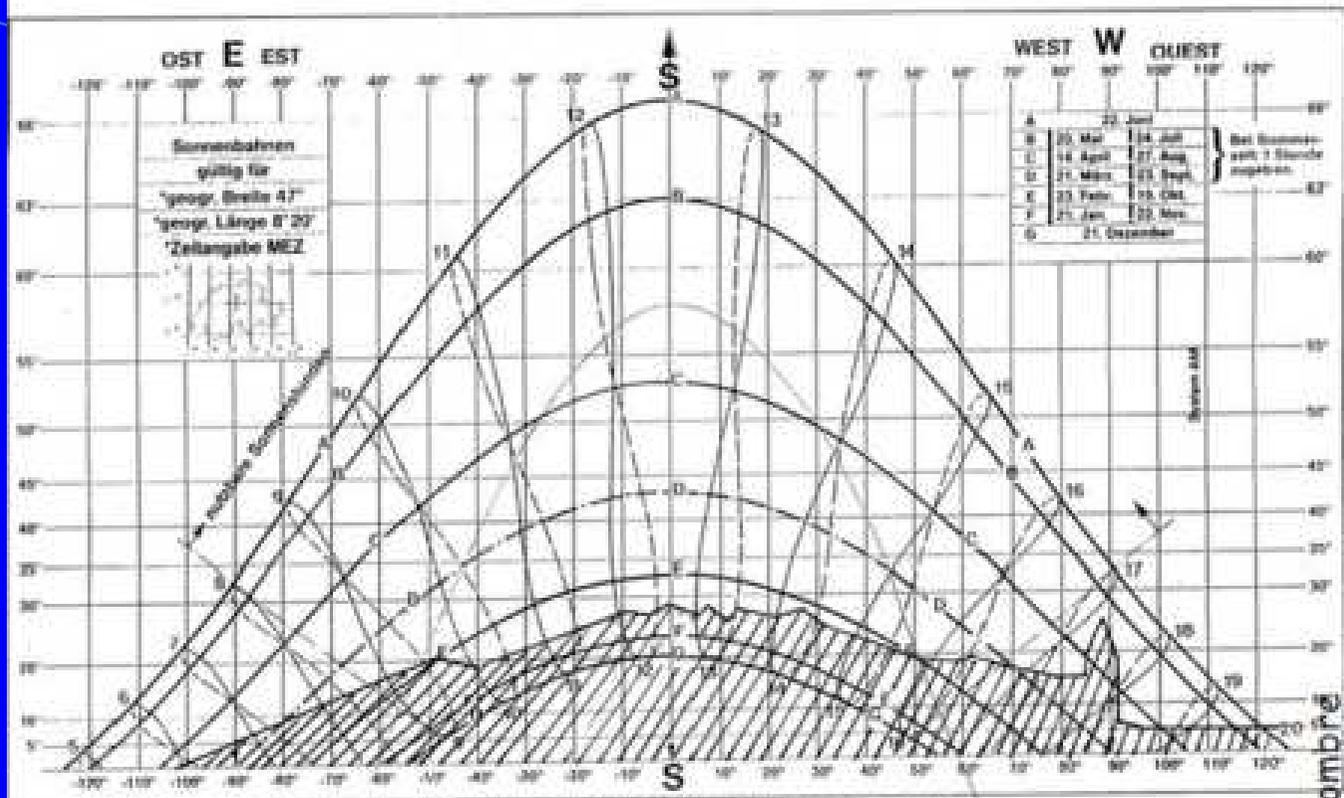
GEOMETRIA SOLARE

Ombre



GEOMETRIA SOLARE

Ombre vicine e lontane - caso di Cadenazzo



SUPSI, DACD, LEEE

Valutazioni pratiche - 62

Rendimento di un impianto FV



Producibilità di un impianto FV



Valutazioni economiche

