



ENERGIA SOLARE NEGLI EDIFICI

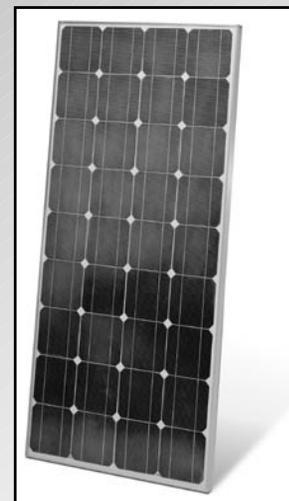
Riccardo Battisti

PROGRAMMA

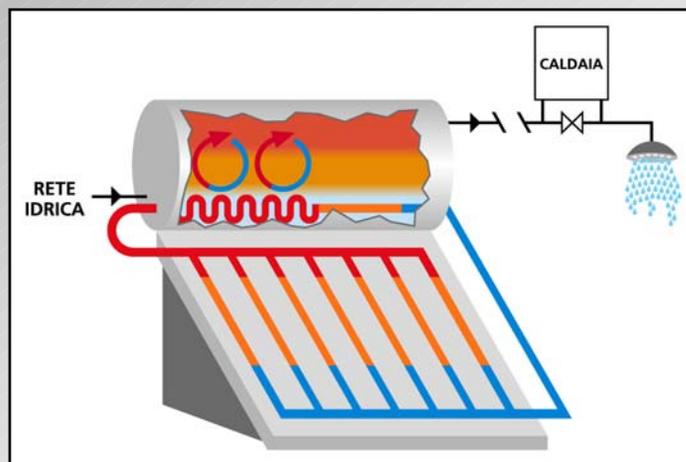
La fonte solare



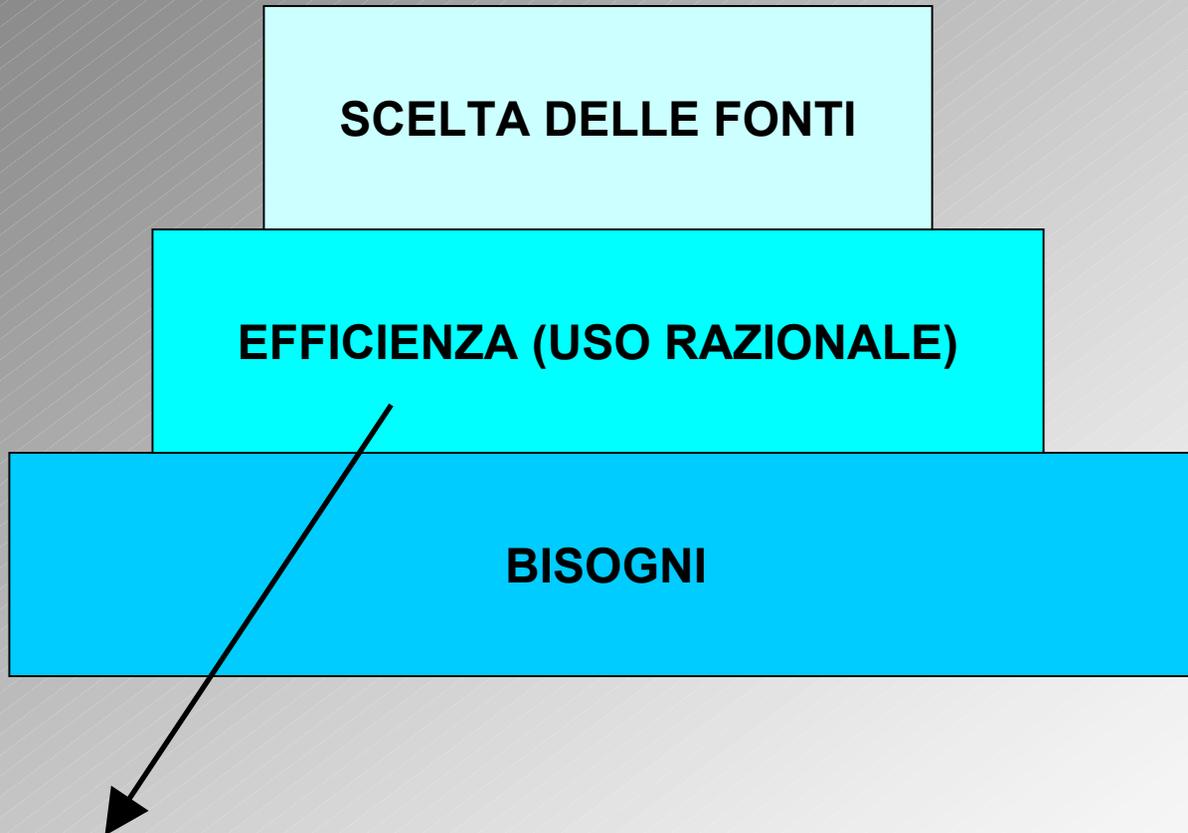
I sistemi fotovoltaici



I sistemi solari termici



LA PIRAMIDE DELL'ENERGIA



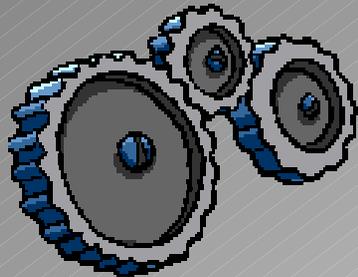
Assimilabile ad una fonte energetica rinnovabile (direttiva europea)

La fonte solare



VANTAGGI DELLA FONTE SOLARE

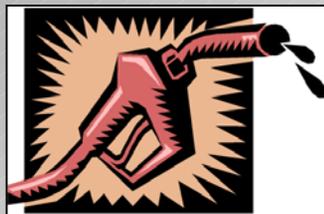
- assenza di emissioni inquinanti in fase di utilizzo (batterie?)



- assenza di parti in movimento (ridotta manutenzione)

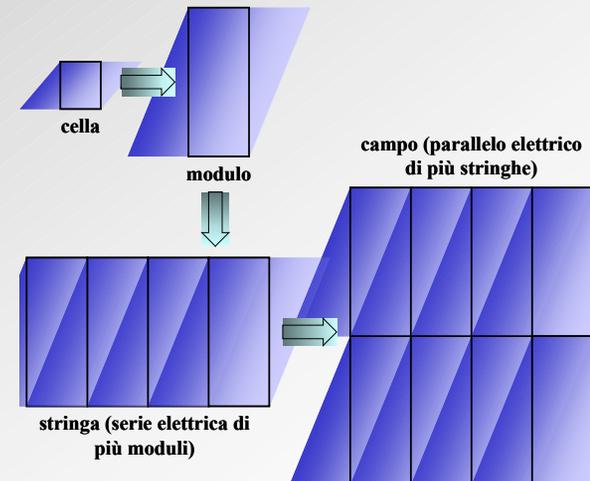
- utilizzo di un “combustibile”

- gratuito
- inesauribile
- distribuito

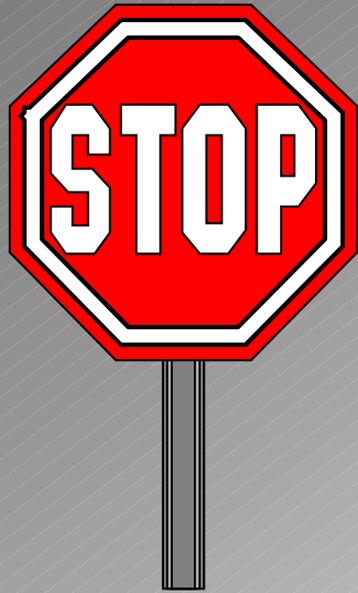


- minori perdite di distribuzione
- diversificazione delle fonti e maggiore indipendenza energetica

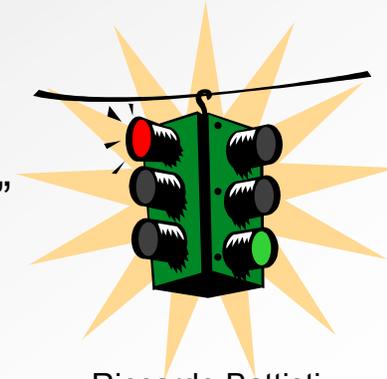
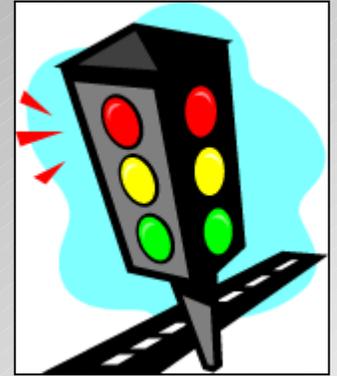
- alta modularità



LIMITI DELLA FONTE SOLARE

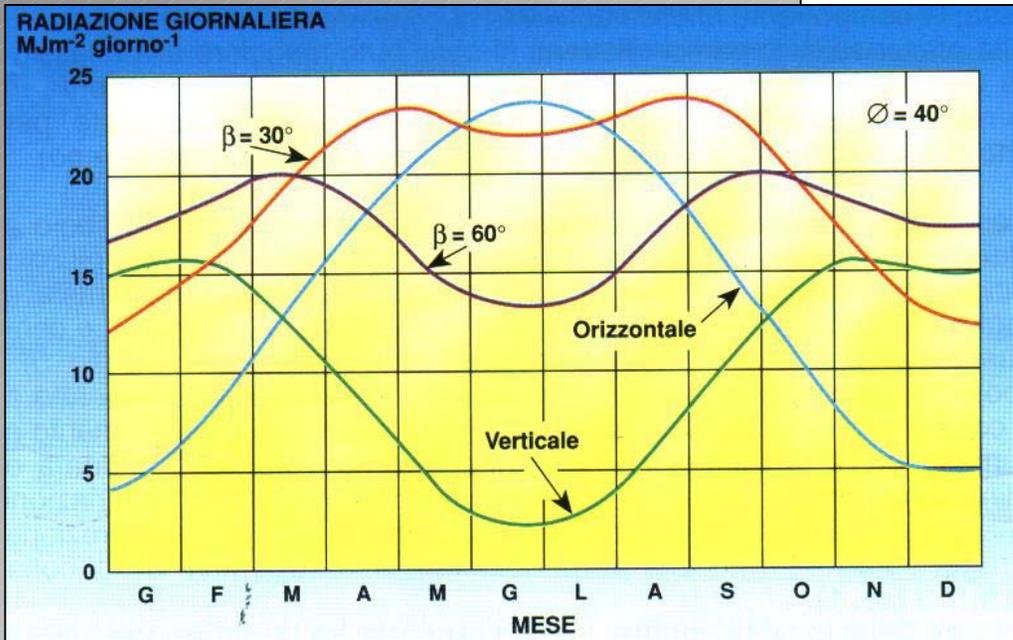
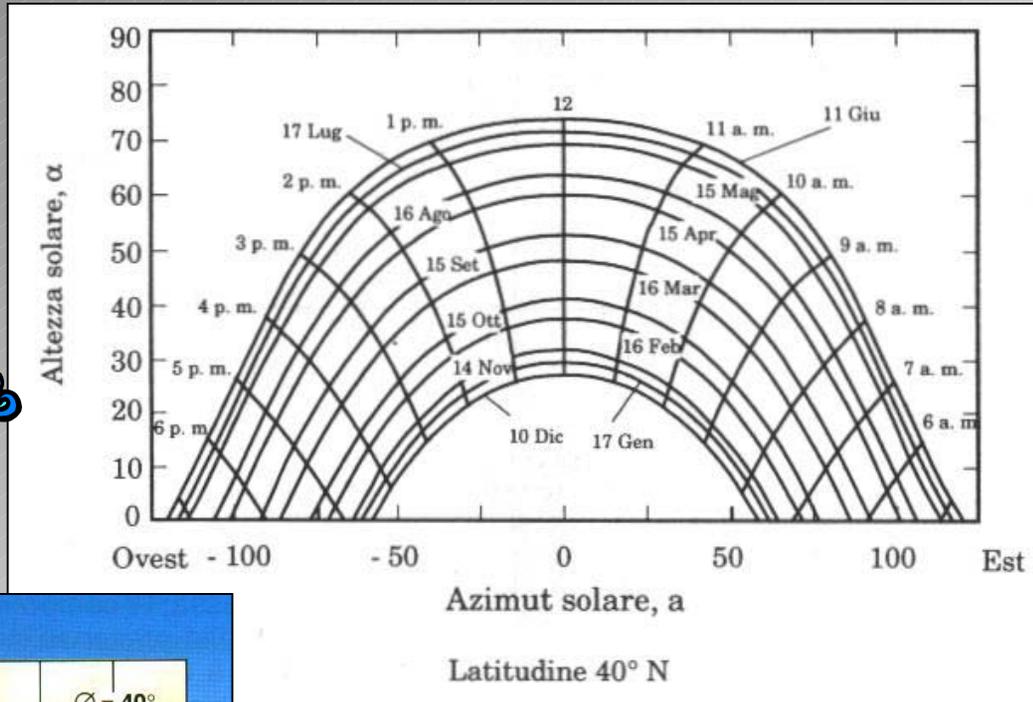


- costo
 - integrazione architettonica con risparmio materiali
 - incentivi
 - soluzioni in cui il costo dell'energia tradizionale è più alto
 - sistemi isolati
 - isole (sistemi obsoleti)
 - sistemi obsoleti (scaldabagno elettrico per l'acqua calda sanitaria)
- bassa densità energetica
 - è importante sfruttare le superfici più "adatte"
- variabilità



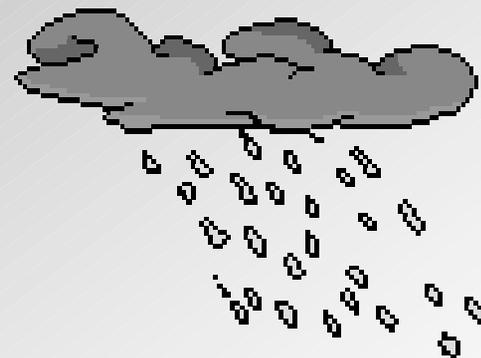
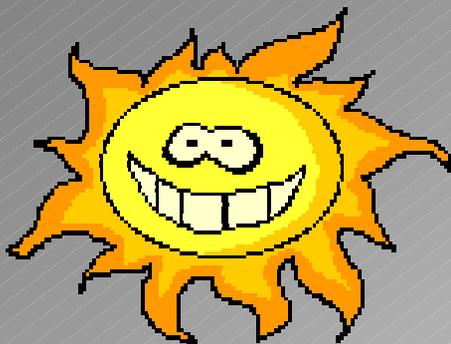
VARIABILITA' DELLA FONTE SOLARE – Variazioni prevedibili

Giornaliera



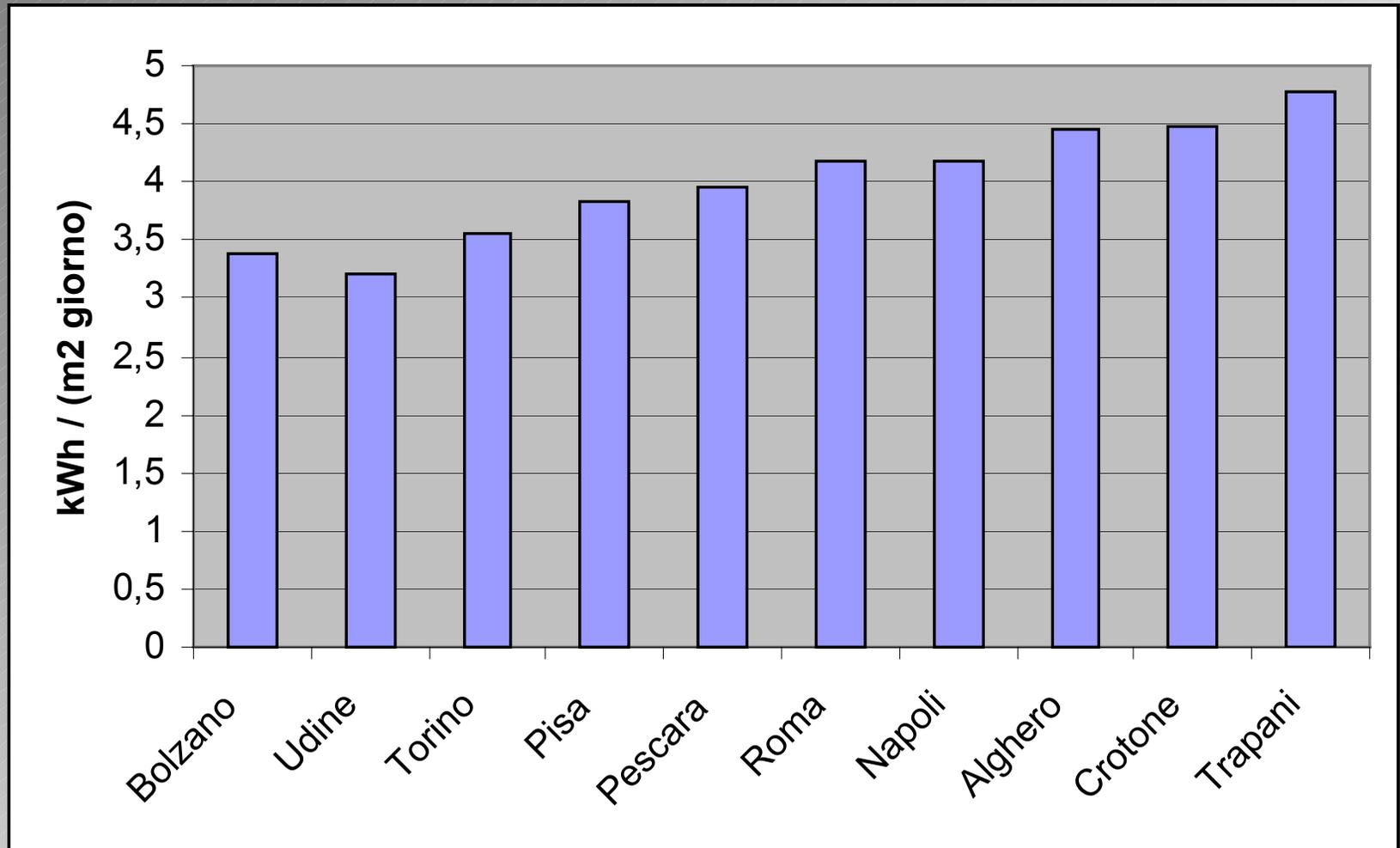
Mensile

VARIABILITA' DELLA FONTE SOLARE / Variazioni aleatorie

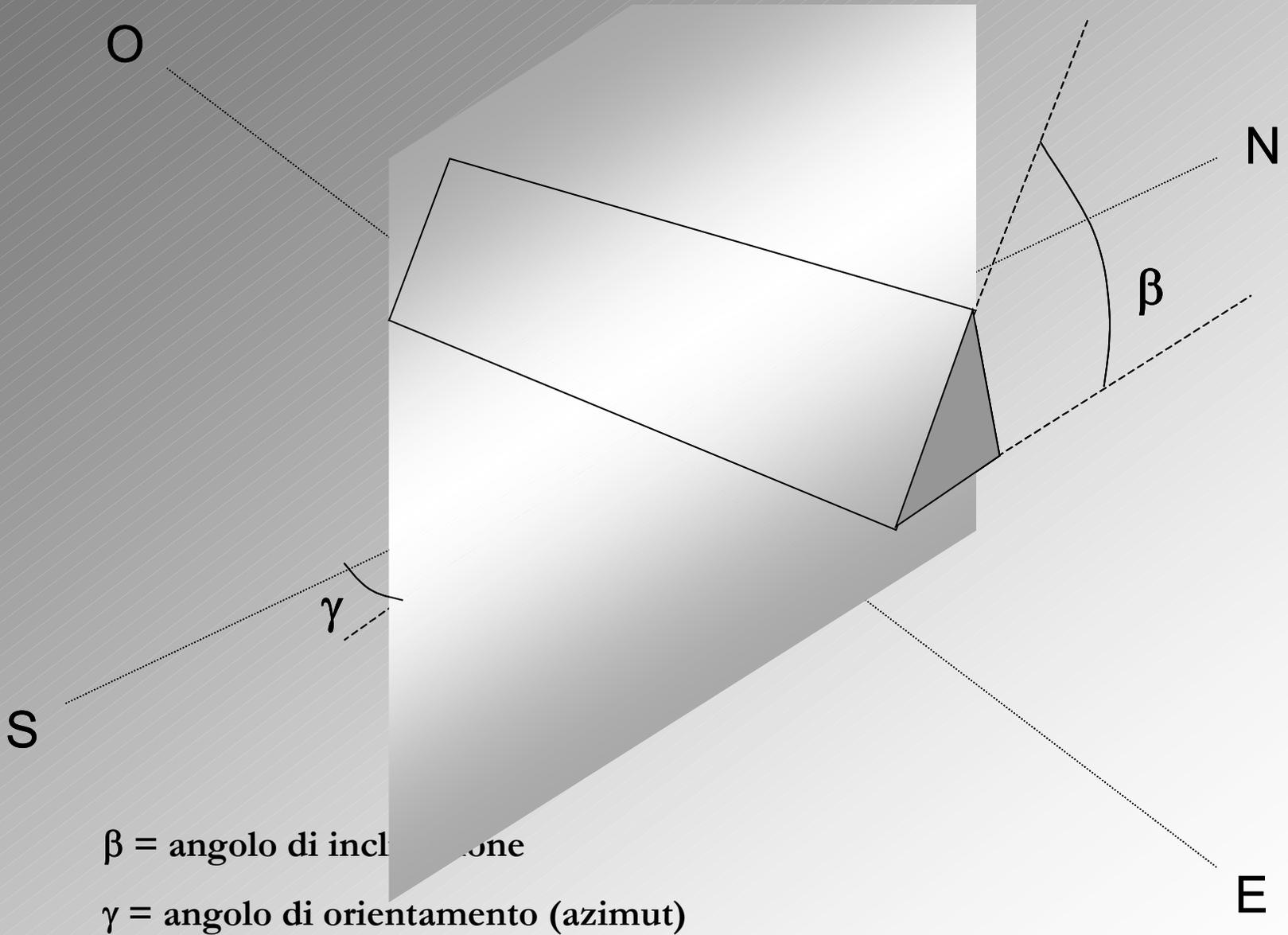


LA RADIAZIONE SOLARE IN ITALIA

Radiazione solare globale giornaliera media annuale su superficie orizzontale

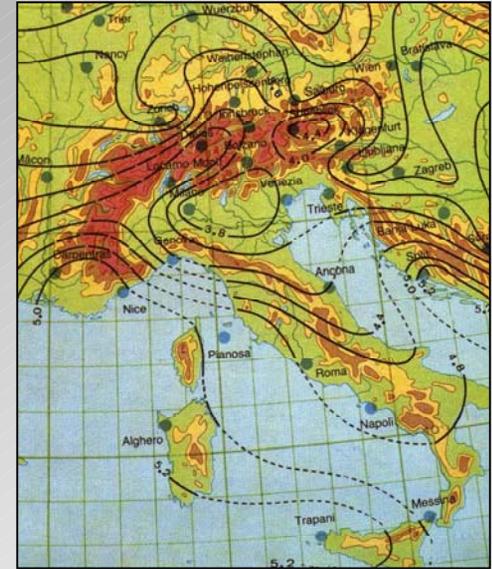


LA DISPOSIZIONE DELLA SUPERFICIE CAPTANTE



DATI DI RADIAZIONE SOLARE

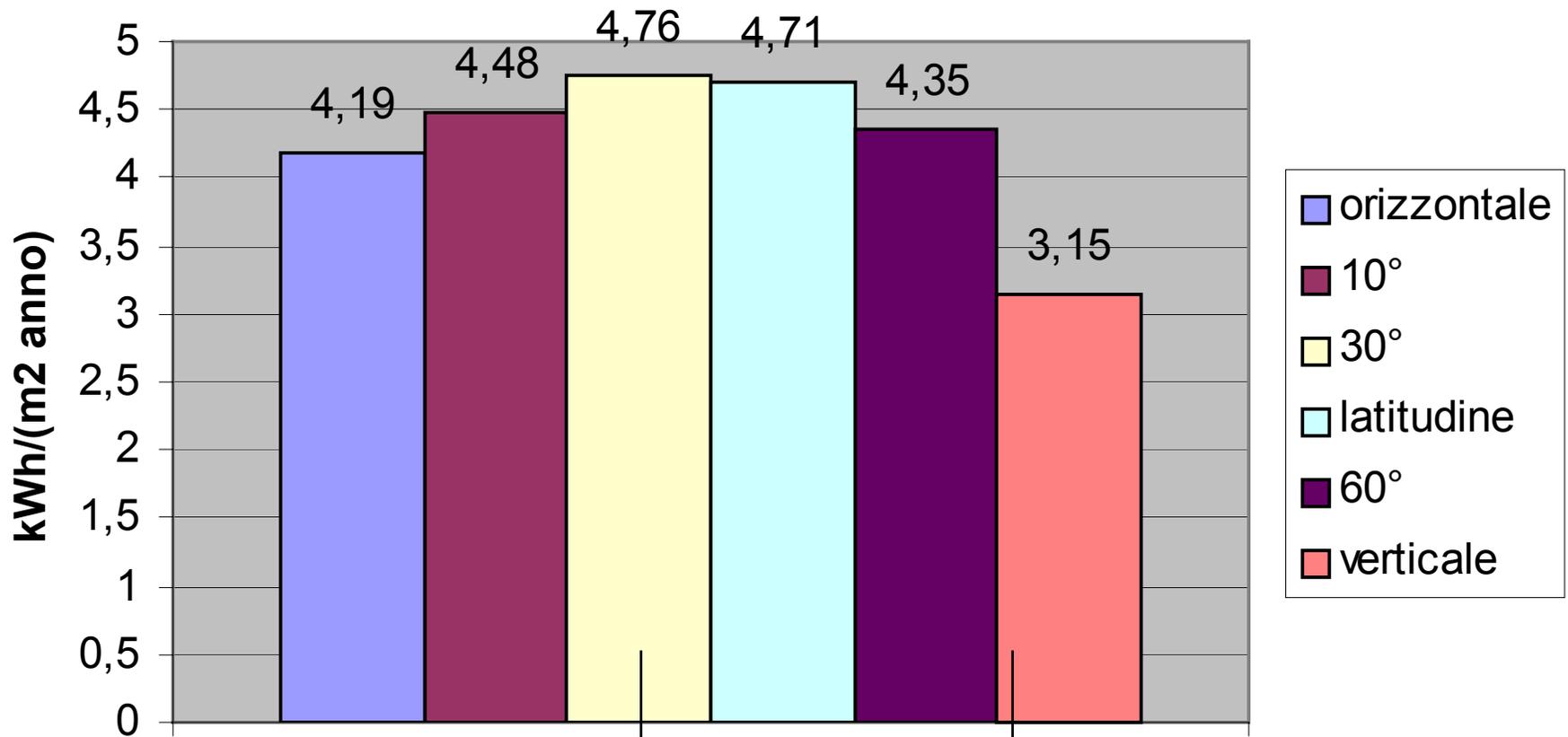
- FONTE: ATLANTE EUROPEO DELLA RADIAZIONE SOLARE
- LOCALITA': ROMA
- UNITA DI MISURA: kWh/m² giorno
- DATI: MEDIA DI 10 ANNI DI RILEVAZIONI



	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	ANNUALE
orizzontale	1,69	2,54	3,78	4,89	6,02	6,58	6,86	6,16	4,69	3,29	2,02	1,51	4,19
10° sud	2,05	2,9	4,13	5,24	6,15	6,64	6,99	6,44	5,11	3,76	2,43	1,87	4,48
	2,69	3,42	4,52	5,37	6	6,31	6,77	6,55	5,55	4,43	3,05	2,42	
	2,8	3,57	4,56	5,22	5,66	5,87	6,36	6,33	5,56	4,62	3,28	2,66	
60° sud	2,83	3,58	4,33	4,67	4,82	4,86	5,35	5,58	5,22	4,61	3,42	2,83	4,35
verticale sud	2,65	3,02	3,31	3,25	2,92	2,77	3,1	3,56	3,82	3,8	3,05	2,61	3,15
verticale SO/SE	2,12	2,52	3,05	3,28	3,35	3,38	3,65	3,85	3,64	3,19	2,45	2,06	3,05
verticale E/O	1,23	1,67	2,4	2,99	3,42	3,65	3,77	3,61	2,92	2,12	1,46	1,15	2,54

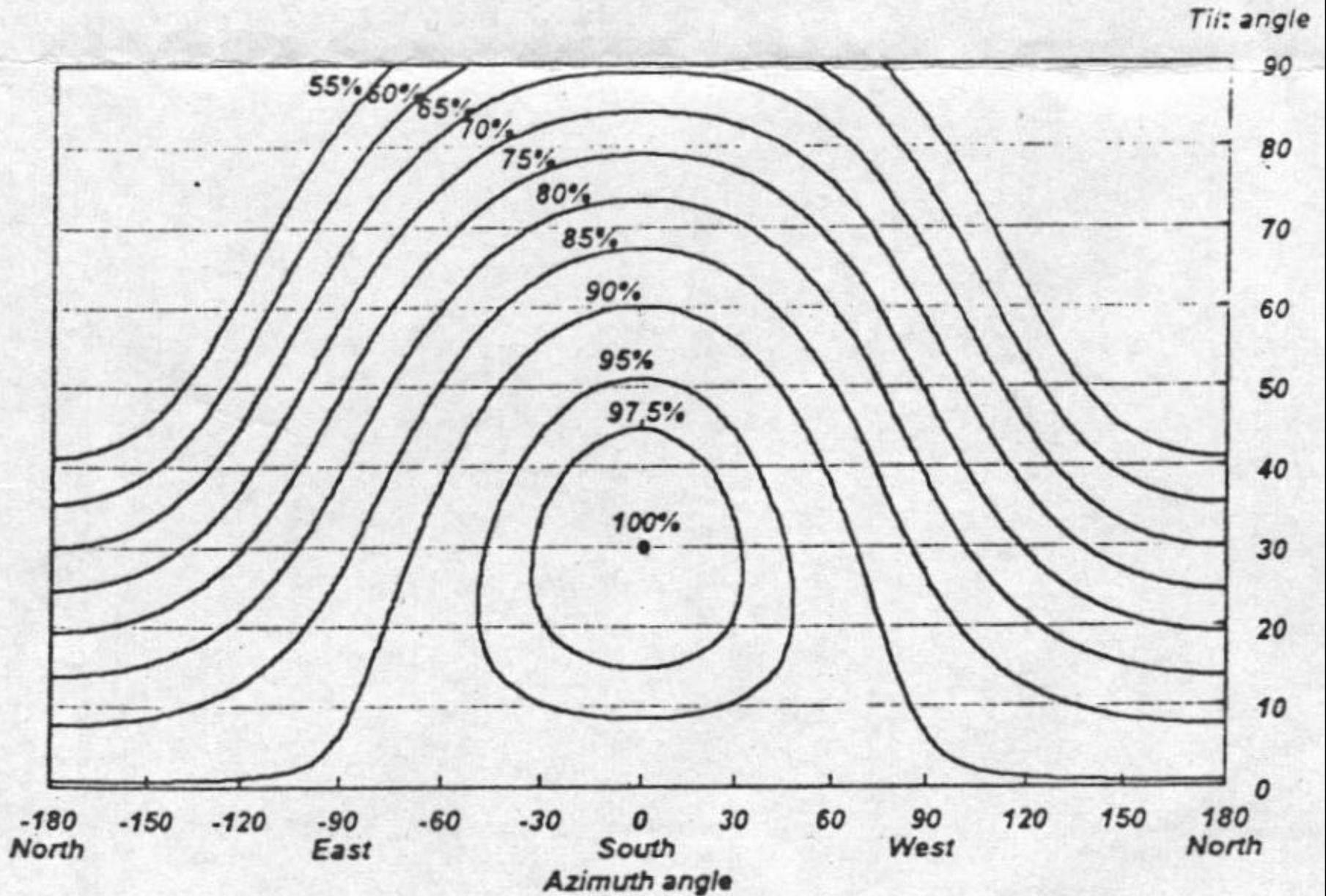
CONFRONTO TRA DIVERSE INCLINAZIONI

Località: Roma Orientamento: sud



Incremento percentuale: 49,5%

DIAGRAMMA POLARE

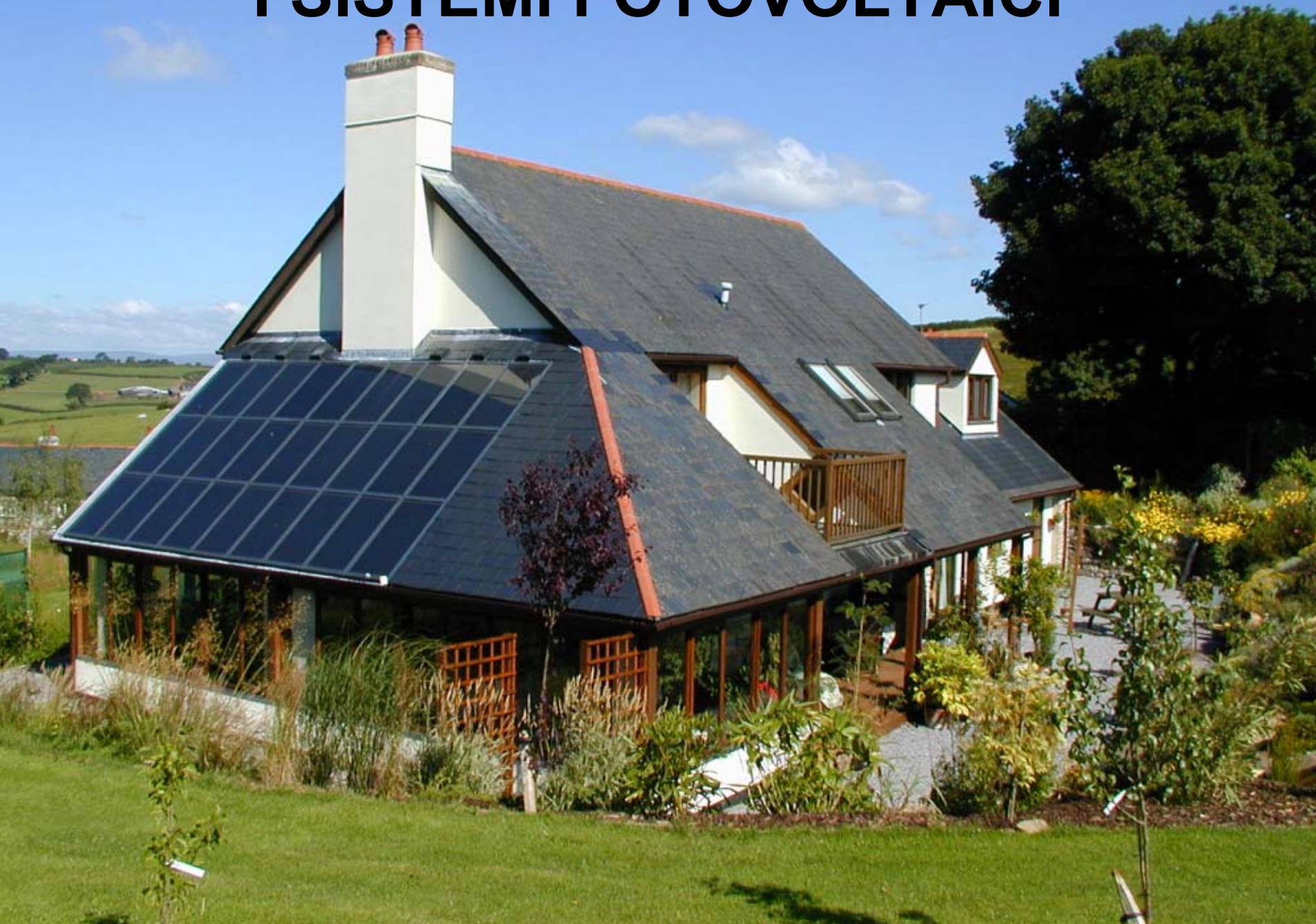


DENSITA' ENERGETICA

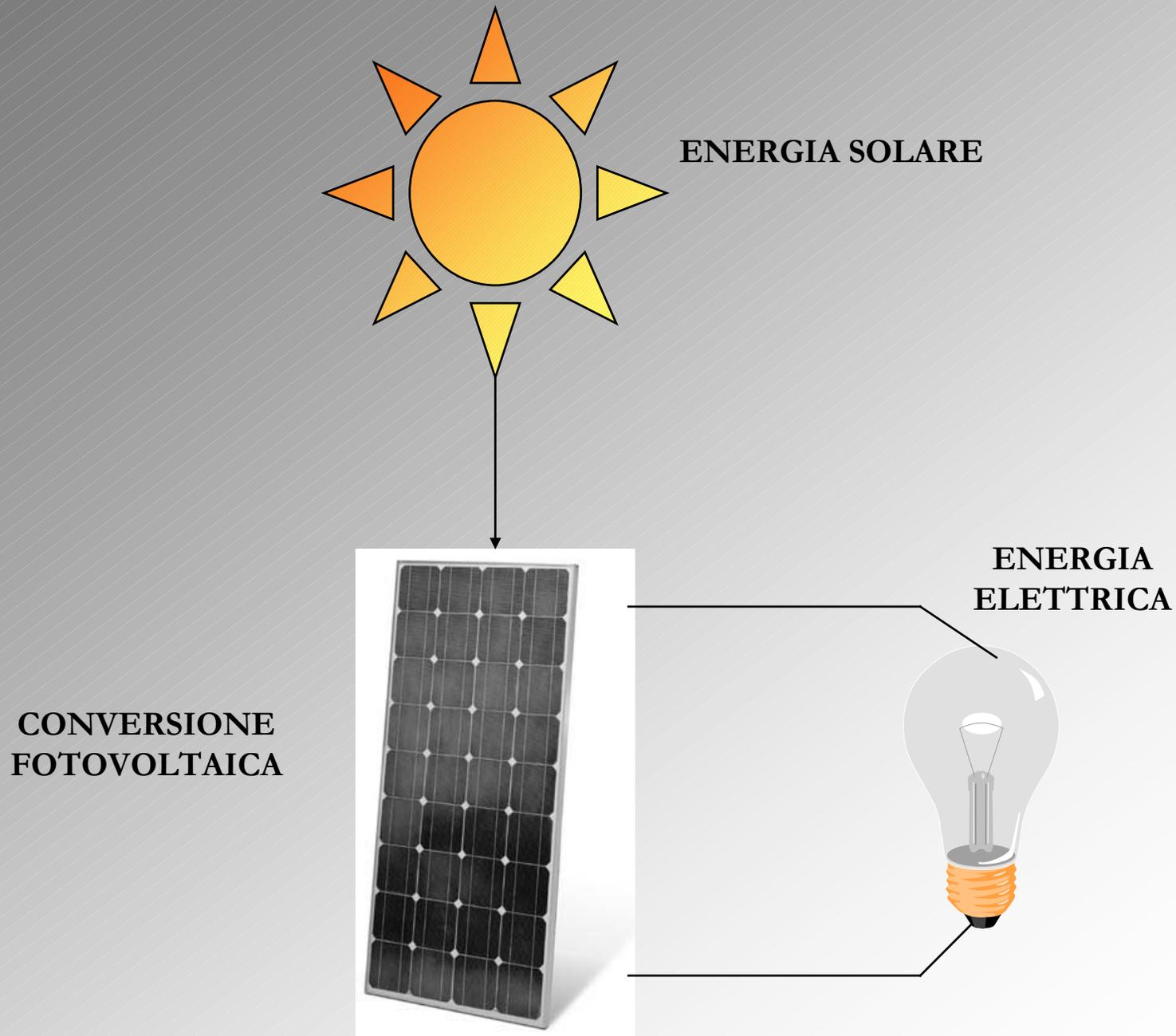
	Densità energetica (kWh/m ² anno)	Rapporto tra le superfici necessarie
Centrale tradizionale a metano	300.000	1
Eolico	600	500
Fotovoltaico (tecnologia 2000) Rendimento = 15%	255	1.176
Fotovoltaico (tecnologia futura) Rendimento = 50%	850	353

Bisogna quindi sfruttare le superfici in modo intelligente!

I SISTEMI FOTOVOLTAICI

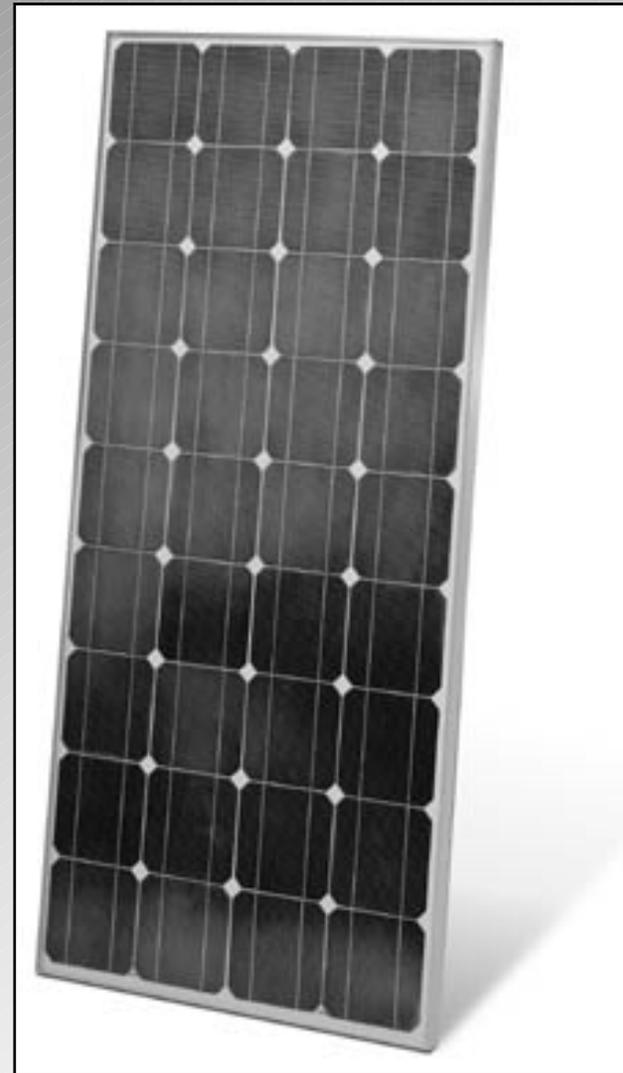


FUNZIONAMENTO DI UN SISTEMA FOTOVOLTAICO



LA CELLA ED IL MODULO

50 cm



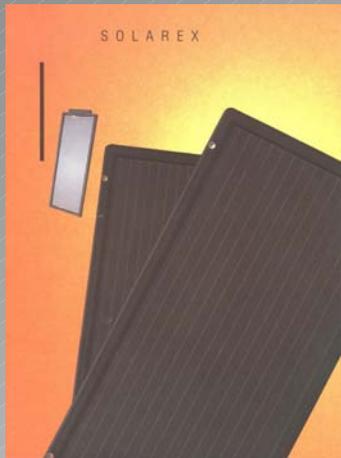
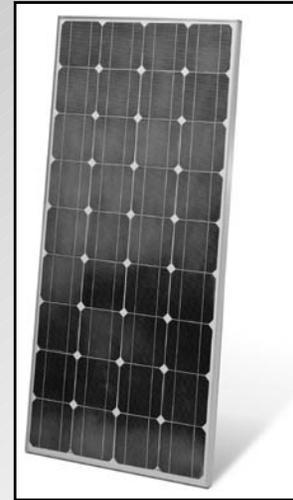
112 cm

Peso: 5 kg
Potenza: 50 W

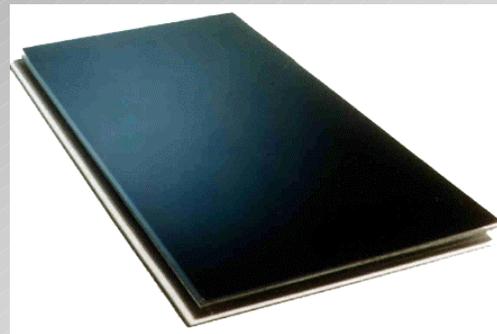
EFFICIENZE



Silicio cristallino: 11 – 16%



Film sottili: 4 – 8%



ENERGIA PRODOTTA

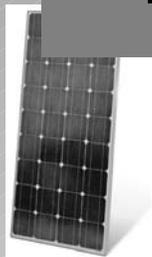


CONDIZIONI
CLIMATICHE

INCLINAZIONE
ED
ORIENTAMENTO
MODULI

EFFICIENZA
MODULI

EFFICIENZA
BOS



**PERICOLI DI
OMBREGGIAMENTO**

ESEMPIO DI CALCOLO



**CONDIZIONI
CLIMATICHE:
BOLOGNA**

**DISPOSIZIONE
MODULI: 30° SUD**

**EFFICIENZA
MODULI = 16%**

**EFFICIENZA
BOS = 85%**



**NON CI SONO
OMBRE**



SUPERFICIE: 6 m² (1 kWp)

**ENERGIA
GENERATA
ANNUALMENTE:
1460 kWh elettrici**

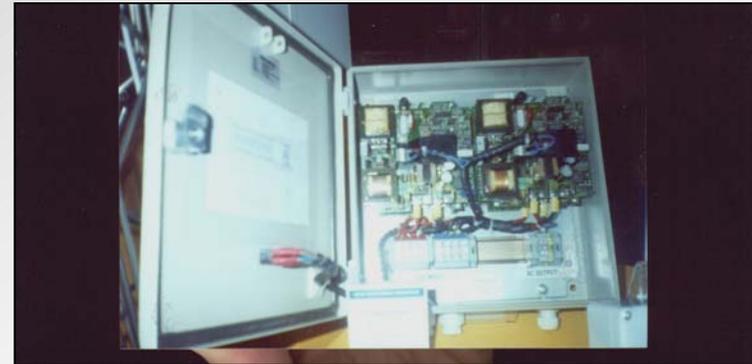
VARIABILITA' DELLA FONTE – Integrazione con altre fonti

Sistemi ibridi con integrazione diesel o altre fonti rinnovabili



Accumulo a batterie: sistemi isolati (“stand alone”)

Accumulo di capacità infinita: sistemi allacciati alla rete (“grid connected”)



LE APPLICAZIONI

- **Sistemi isolati (“stand alone”)**
 - rifugi di montagna
 - piccole isole (vulcano, kwh costoso per lo stato)
 - rilevazioni climatiche
 - ripetitori radio
 - boe di segnalazione
 - illuminazione stradale e da giardino
 - nautica e camperistica
 - carica batterie
 - pvs (refrigerazione, pompaggio, aree rurali)

- **Sistemi connessi in rete**
 - centrali di potenza
 - **sistemi integrati negli edifici**

IL MERCATO – Andamenti delle vendite

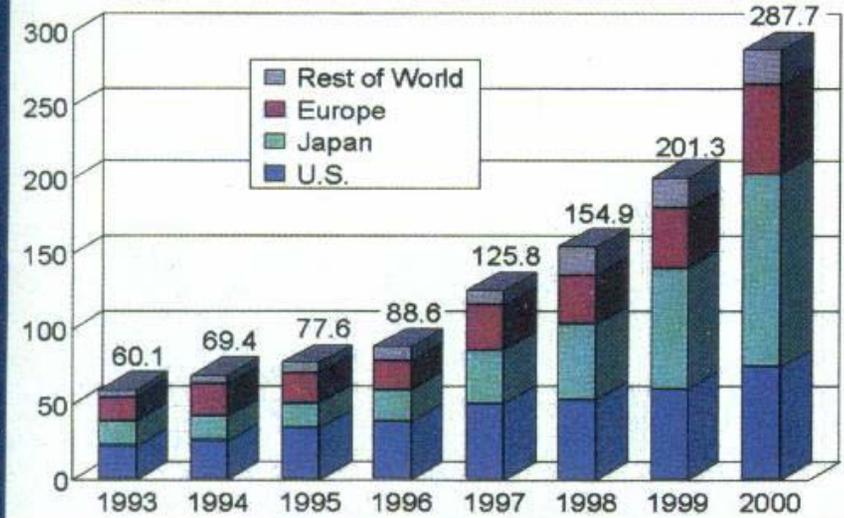
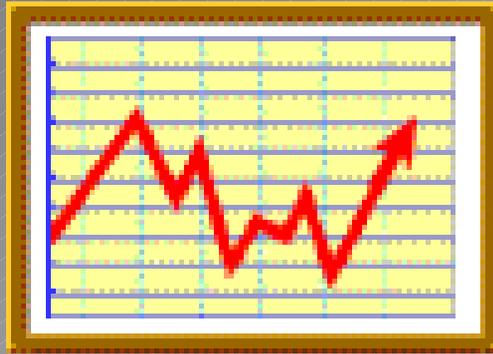


FIGURE 3. PV module production by cell technology. Source: *PV News*, vol 20, no. 3, March 2001

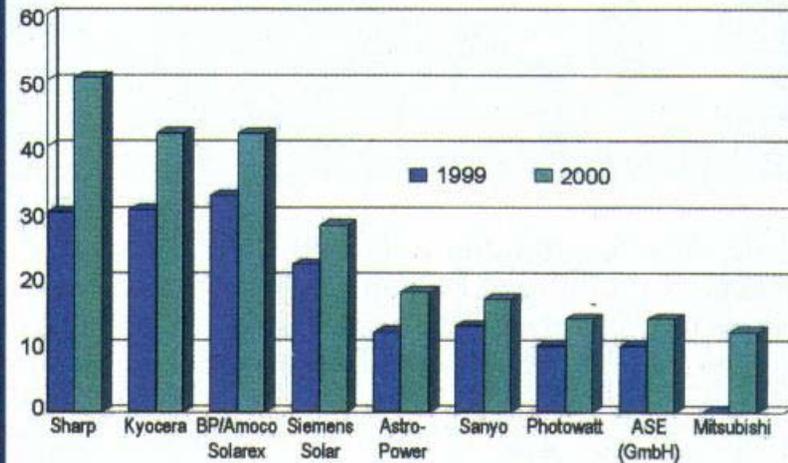
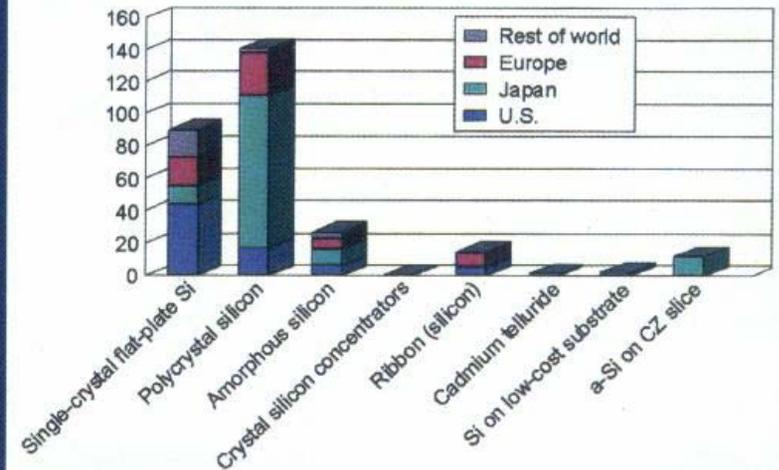
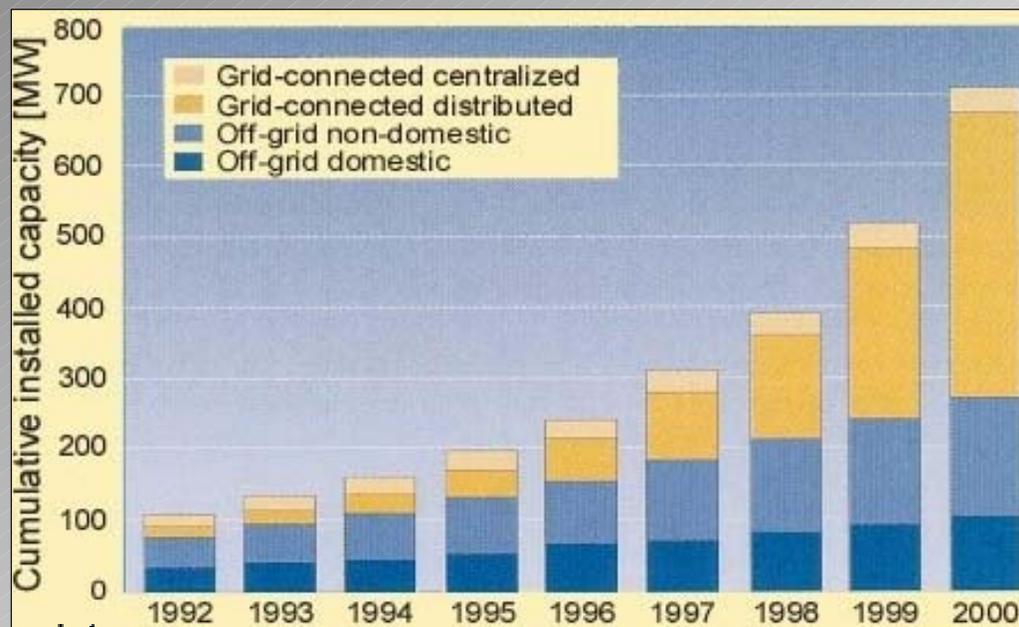
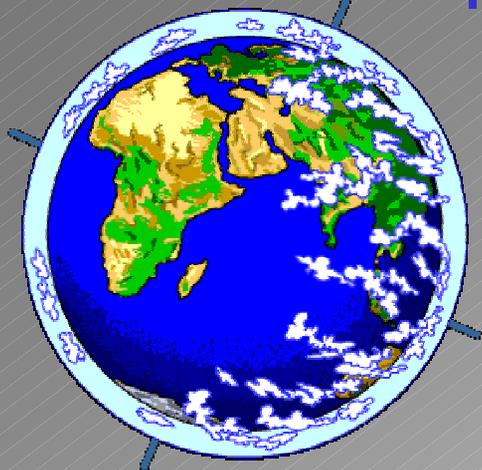


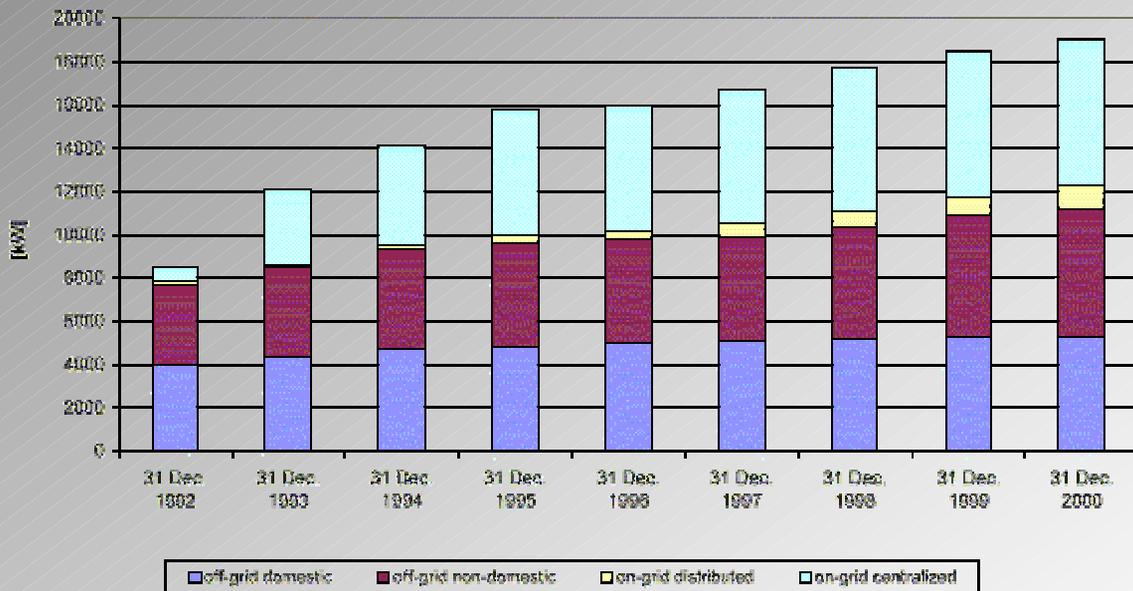
FIGURE 2. Top producers of PV cells/modules. Source: *The World Photovoltaic Market 2000* (PV Energy Systems)



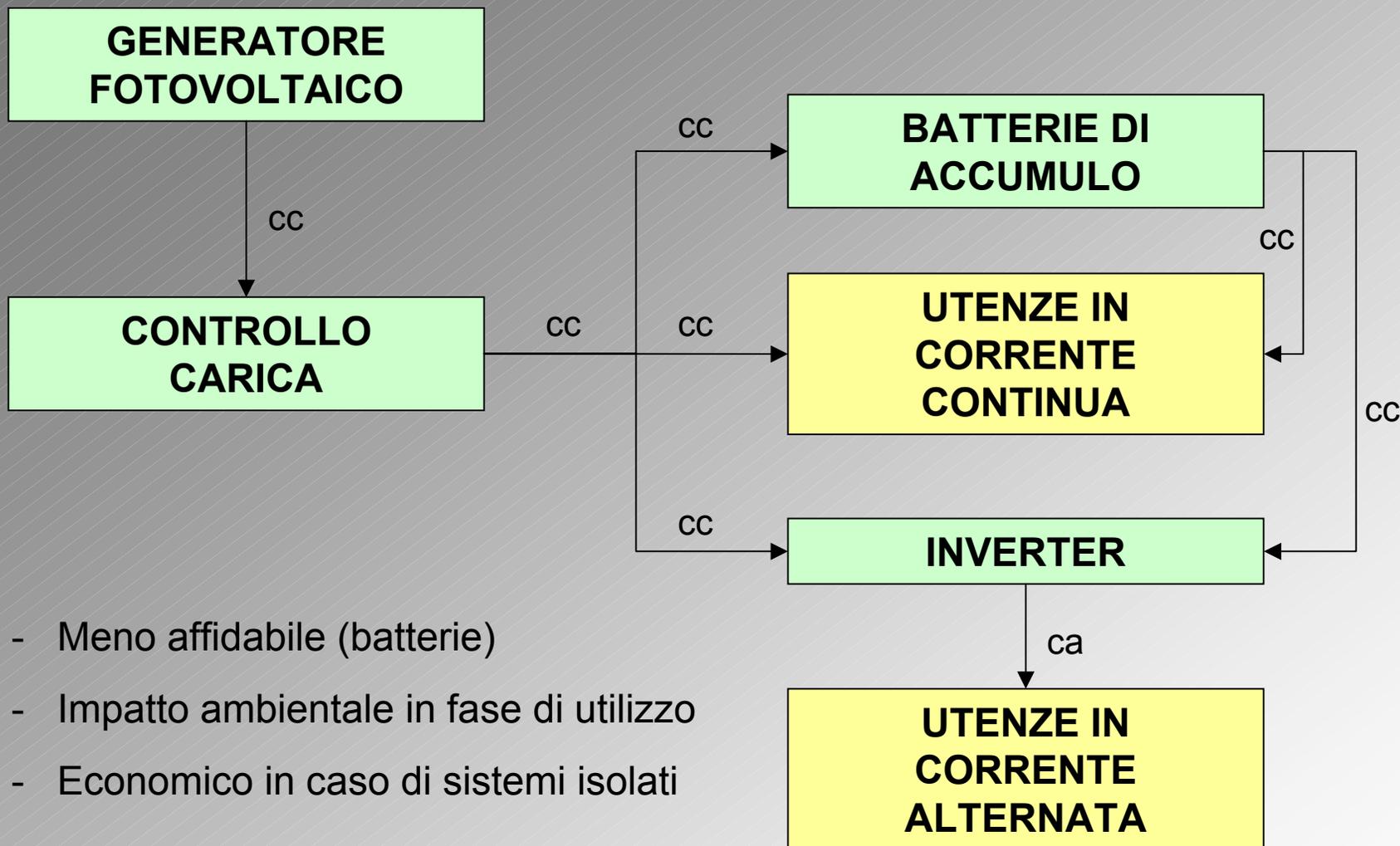
IL MERCATO – Le applicazioni



Cumulative installed PV power in Italy by sub-market

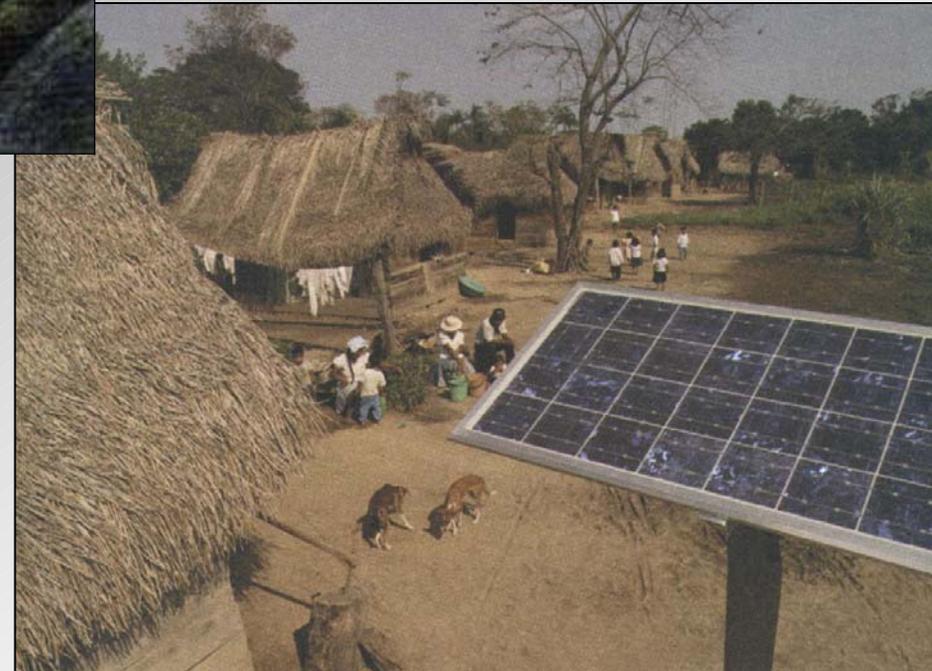


SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLATO – Schema di impianto



- Meno affidabile (batterie)
- Impatto ambientale in fase di utilizzo
- Economico in caso di sistemi isolati

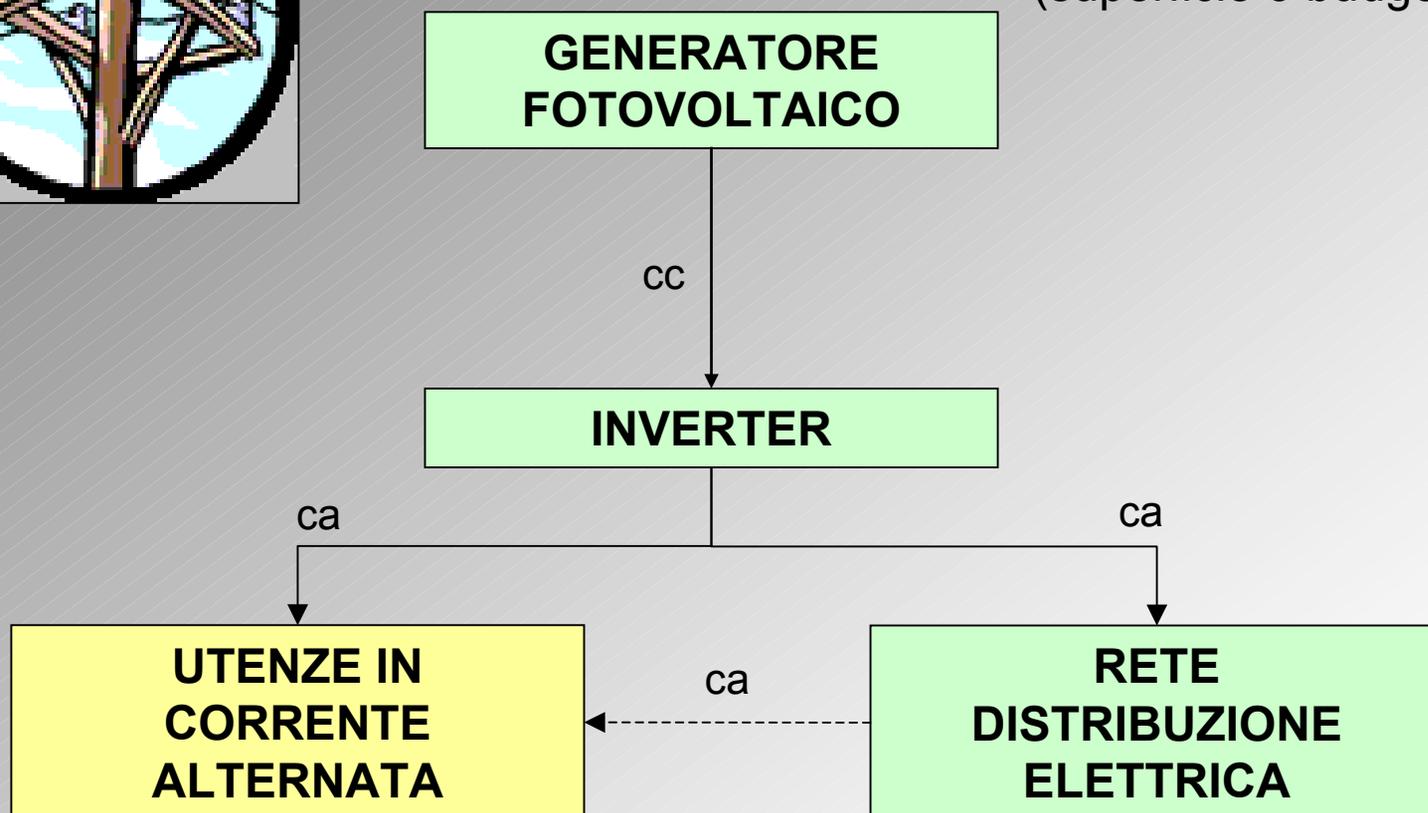
SISTEMI FOTOVOLTAICI ISOLATI - Esempi



SISTEMA FOTOVOLTAICO CONNESSO IN RETE – Schema di impianto



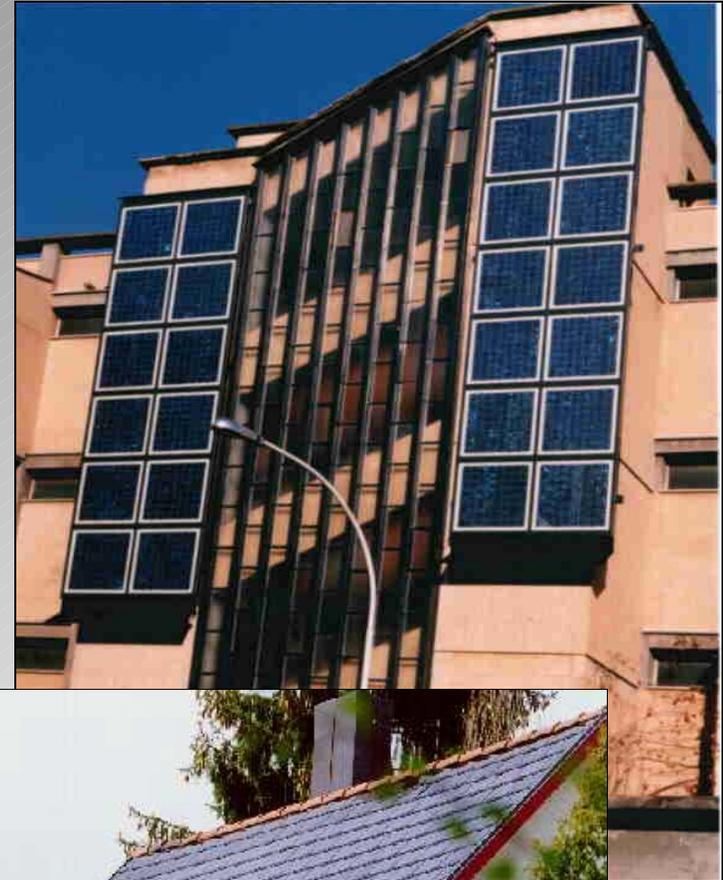
- Più affidabile
- Dimensionamento più elastico (superficie o budget)



CENTRALI DI POTENZA – Esempi



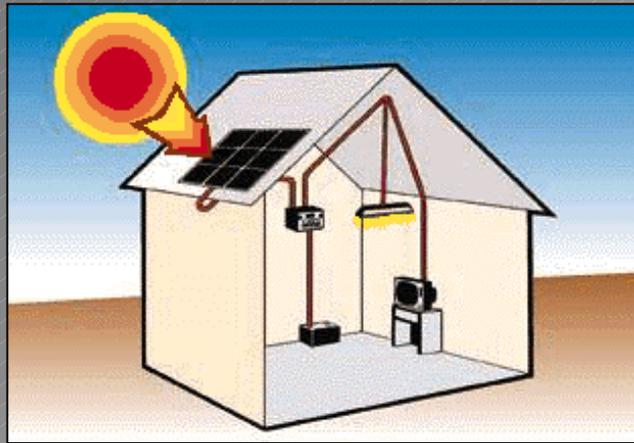
SISTEMI INTEGRATI NEGLI EDIFICI – Esempi



SISTEMI INTEGRATI NEGLI EDIFICI – Esempi



PERCHE' I SISTEMI INTEGRATI NEGLI EDIFICI



- Sfruttamento delle superfici esterne degli edifici (tetto e facciate) e quindi occupazione di superfici già impegnate
- Consumo in loco dell'energia generata e conseguente riduzione delle perdite di trasmissione elettriche
- Integrazione dei moduli fotovoltaici con le strutture preesistenti:
 - Risparmio di materiali
 - Strutture portanti dell'impianto FV
 - Strutture di rivestimento dell'edificio
 - Moduli multifunzionali
 - Recupero dell'energia termica (cogenerazione)
 - Sistemi frangisole

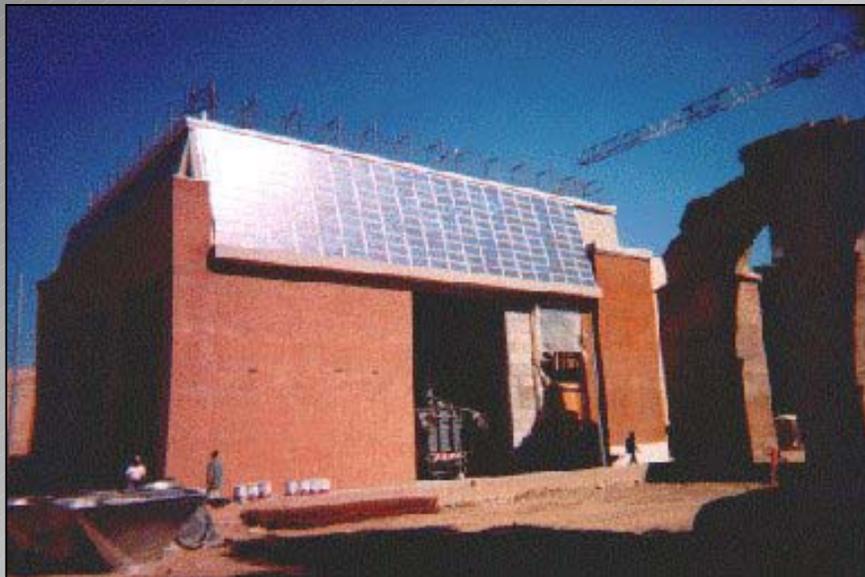
CASALE ALBA 3

- Situato nel Parco Regionale Urbano di Aguzzano (Roma)
- Potenza installata: 4,2 kWp
- Connessione alla rete elettrica in bassa tensione
- Integrato nella struttura del tetto
 - “nascosto”
 - risparmio di materiali (realizzato in occasione di una ristrutturazione)
- Superficie occupata: 42 m²
- Disposizione dei moduli
 - Inclinazione: 24° sull'orizzontale
 - Orientamento: sud – est

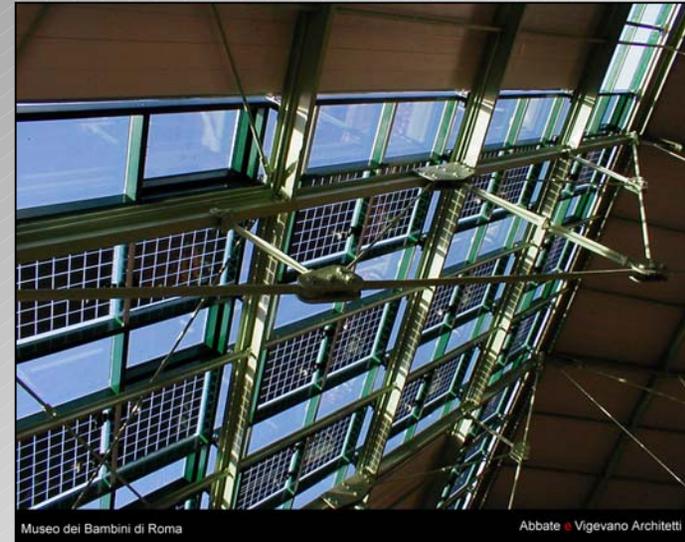


ACEA

- Sito: Roma, centrale elettrica ACEA
- Tipologia architettonica: facciata (integrata) + tetto piano (retrofit)
- Potenza installata: 8,93 kW_p (facciata) + 13,3 kW_p (tetto piano)
- Superficie occupata: 85 m² (facciata) + 128 m² (tetto piano)
- Moduli: silicio policristallino (efficienza: 10,5%)
- Energia elettrica prodotta in ca: 9.100 + 16.600 kWh/anno



MUSEO DEI BAMBINI



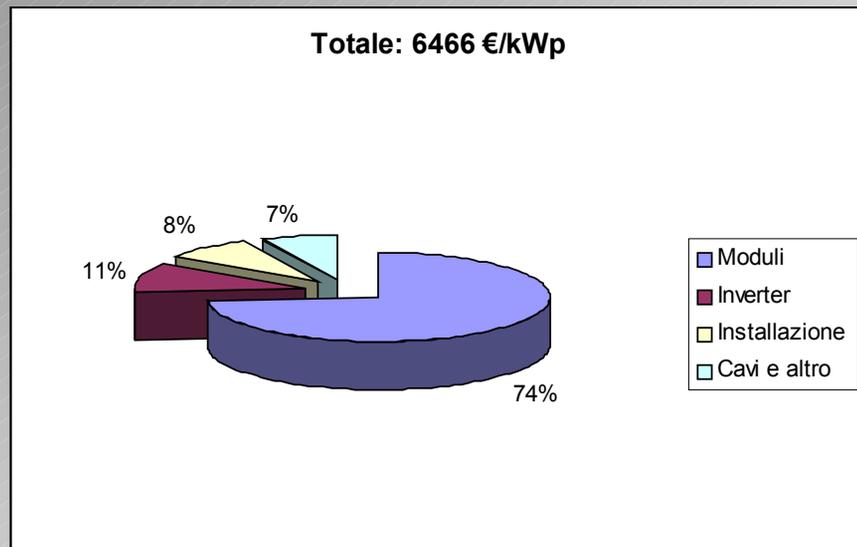
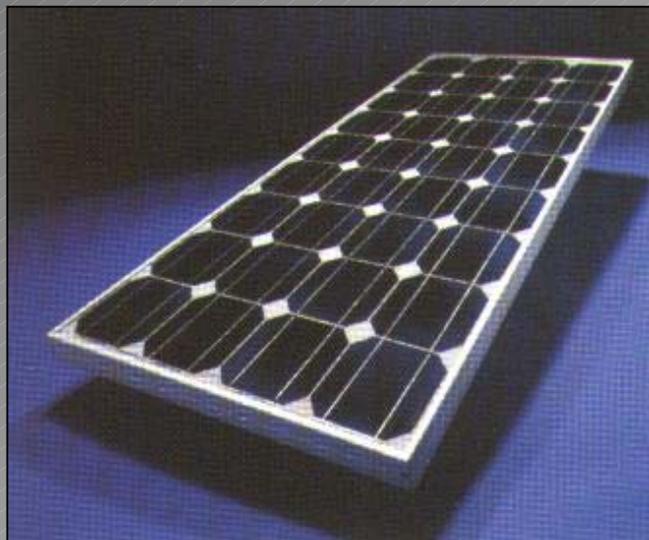
- Sito: museo dei bambini, Via Flaminia 80, Roma
- Tipologia architettonica: copertura + pensiline (intervento retrofit; la struttura originaria in ghisa risale alla fine dell'ottocento)
- Potenza installata: 15,6 kW_p
- Superficie occupata: 167,5 m².
- Moduli: moduli policristallini (efficienza 9 – 10%)
- Energia elettrica prodotta in ca: 18.000 kWh/anno



ASPETTI ECONOMICI



Circa 4 €/Wp



Attenzione al costo dei materiali sostituiti



8 €/Wp

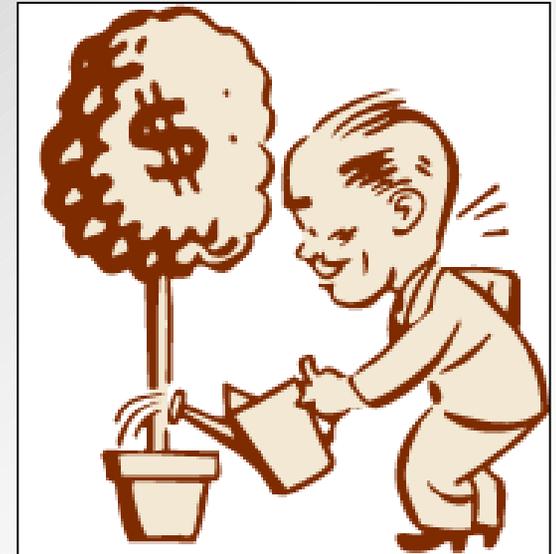
I MECCANISMI DI FINANZIAMENTO



In conto capitale: programma italiano

In conto kWh: programma tedesco (in studio in Italia)

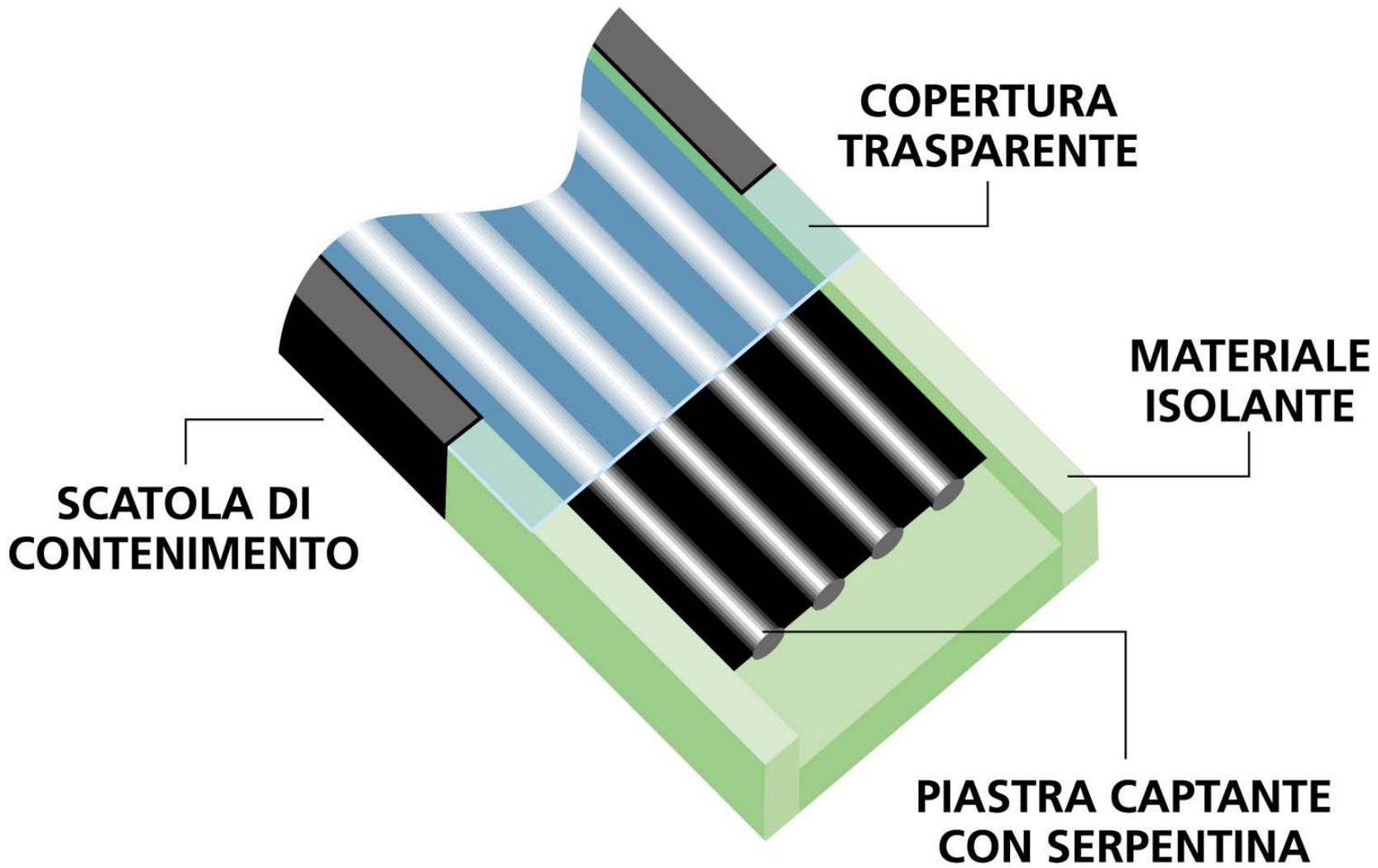
- più conveniente per industrie
- interesse nel perfetto funzionamento



I SISTEMI SOLARI TERMICI



COLLETTORE SOLARE TERMICO



CLASSIFICAZIONE DEI COLLETTORI



Collettore a
circolazione naturale

Collettore ad
accumulo integrato

ALTRI ESEMPI:

Collettori sottovuoto
Collettori in plastica privi di
copertura

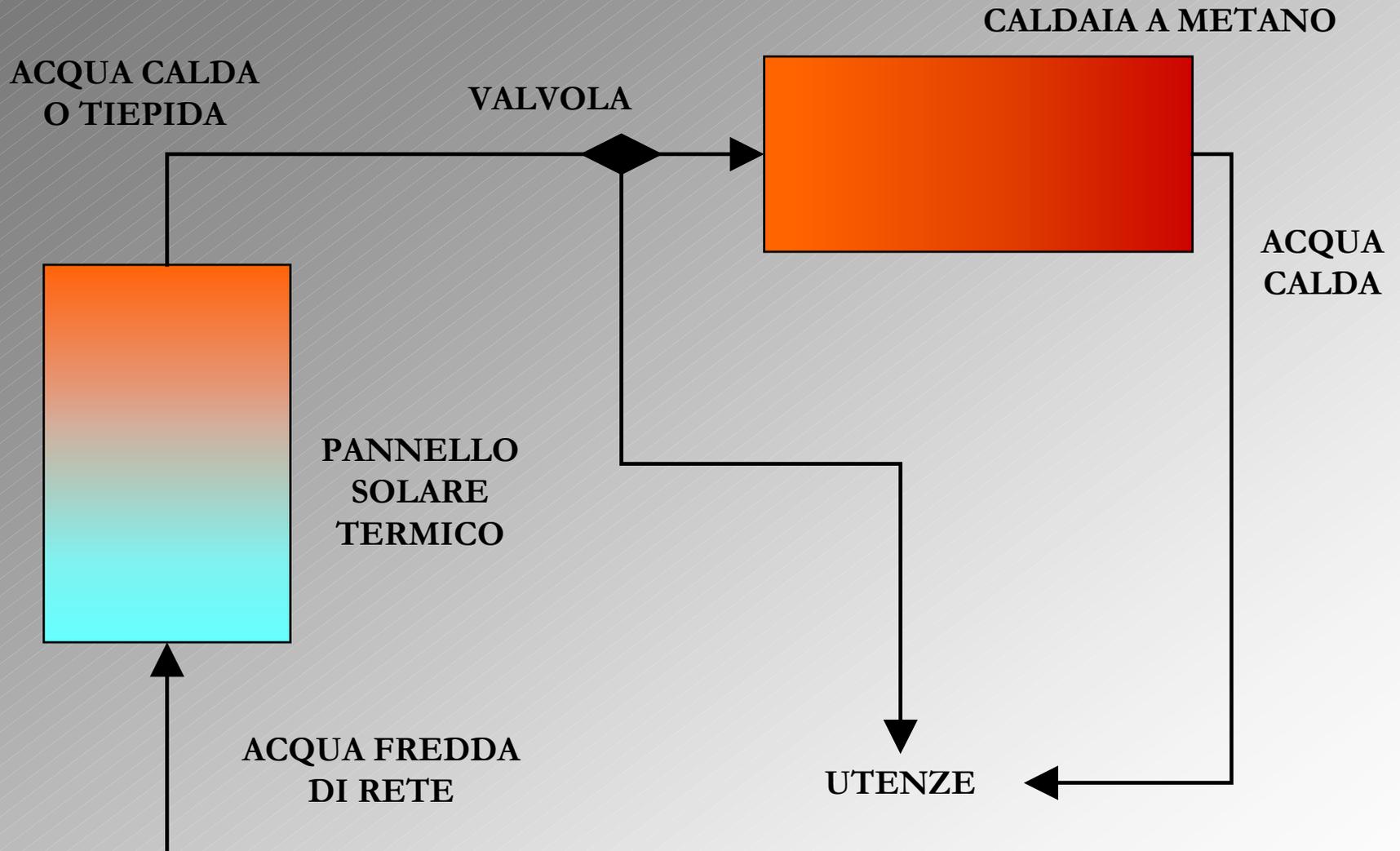


CLASSIFICAZIONI DEGLI IMPIANTI SOLARI TERMICI

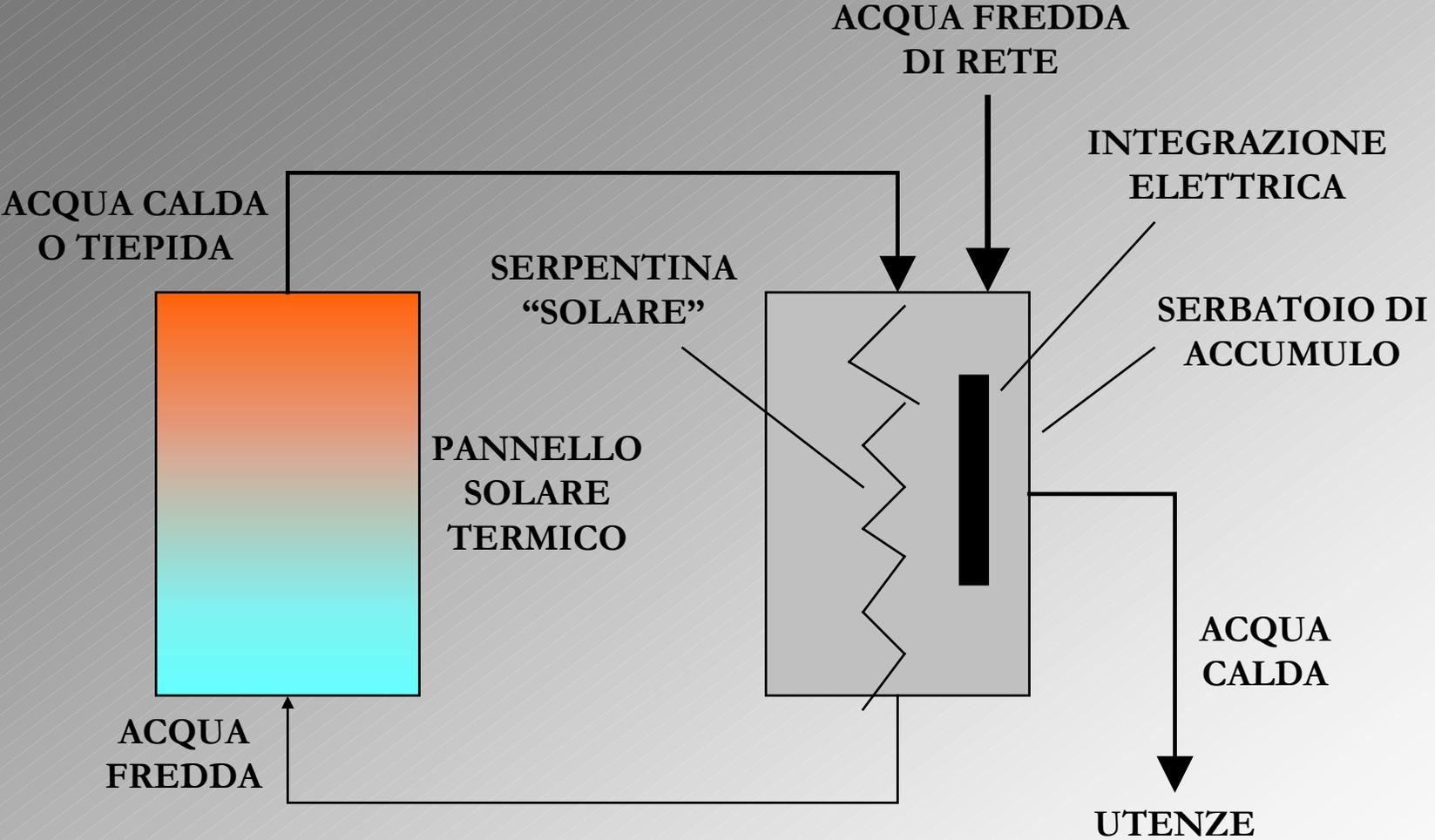
- In base alla separazione tra i due circuiti:
 - Sistemi aperti
 - Sistemi chiusi

- In base alle modalità di circolazione dell'acqua:
 - Sistemi a circolazione naturale
 - Sistemi a circolazione forzata

CIRCUITO APERTO



CIRCUITO CHIUSO



APERTO O CHIUSO?

ALTA EFFICIENZA

APERTO...

SEMPLICE

INCROSTAZIONI

MA...

CONGELAMENTO

PIU' COMPLESSO

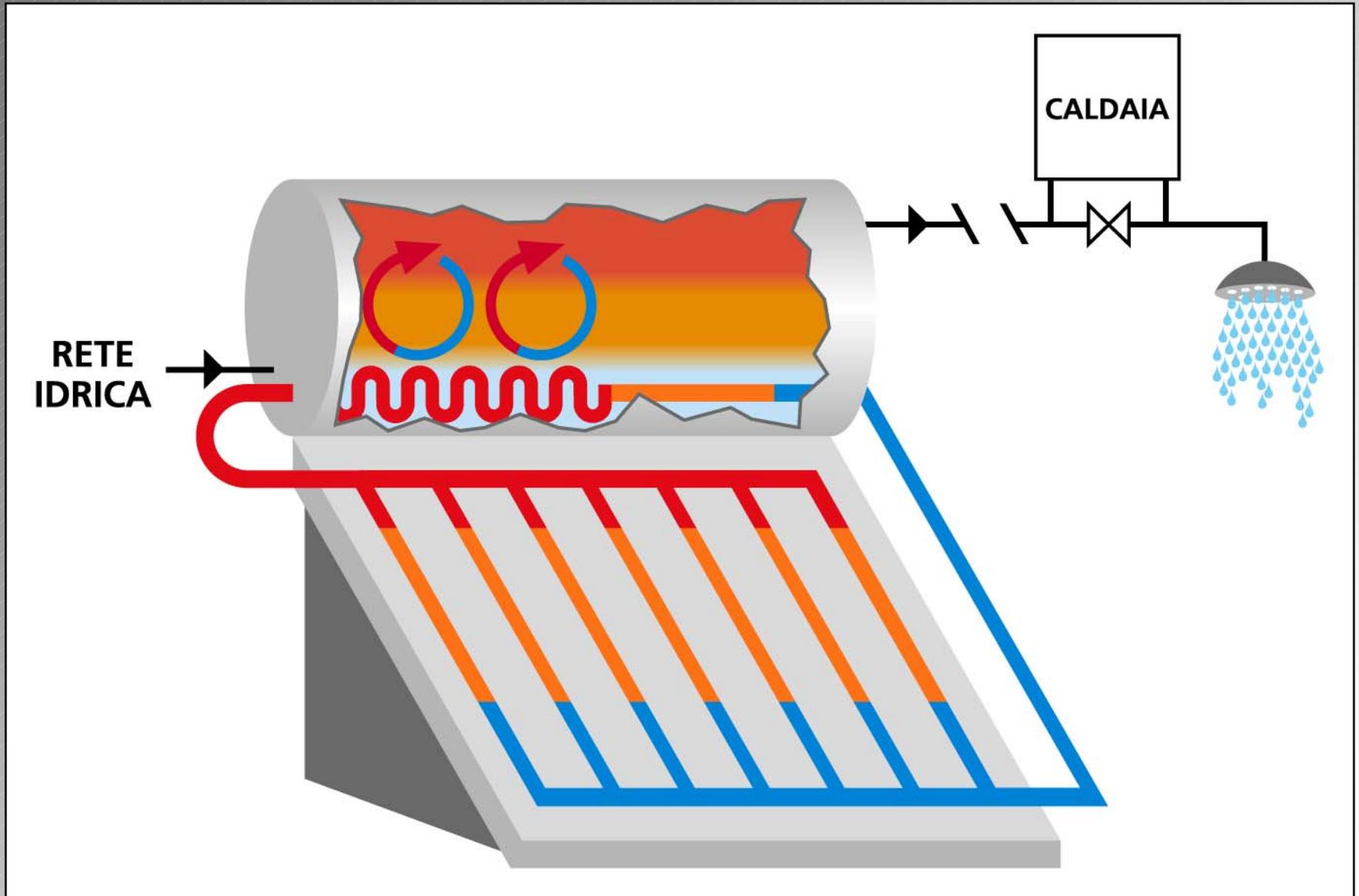
CHIUSO...

**FLUIDI A MINORE
SCAMBIO TERMICO**

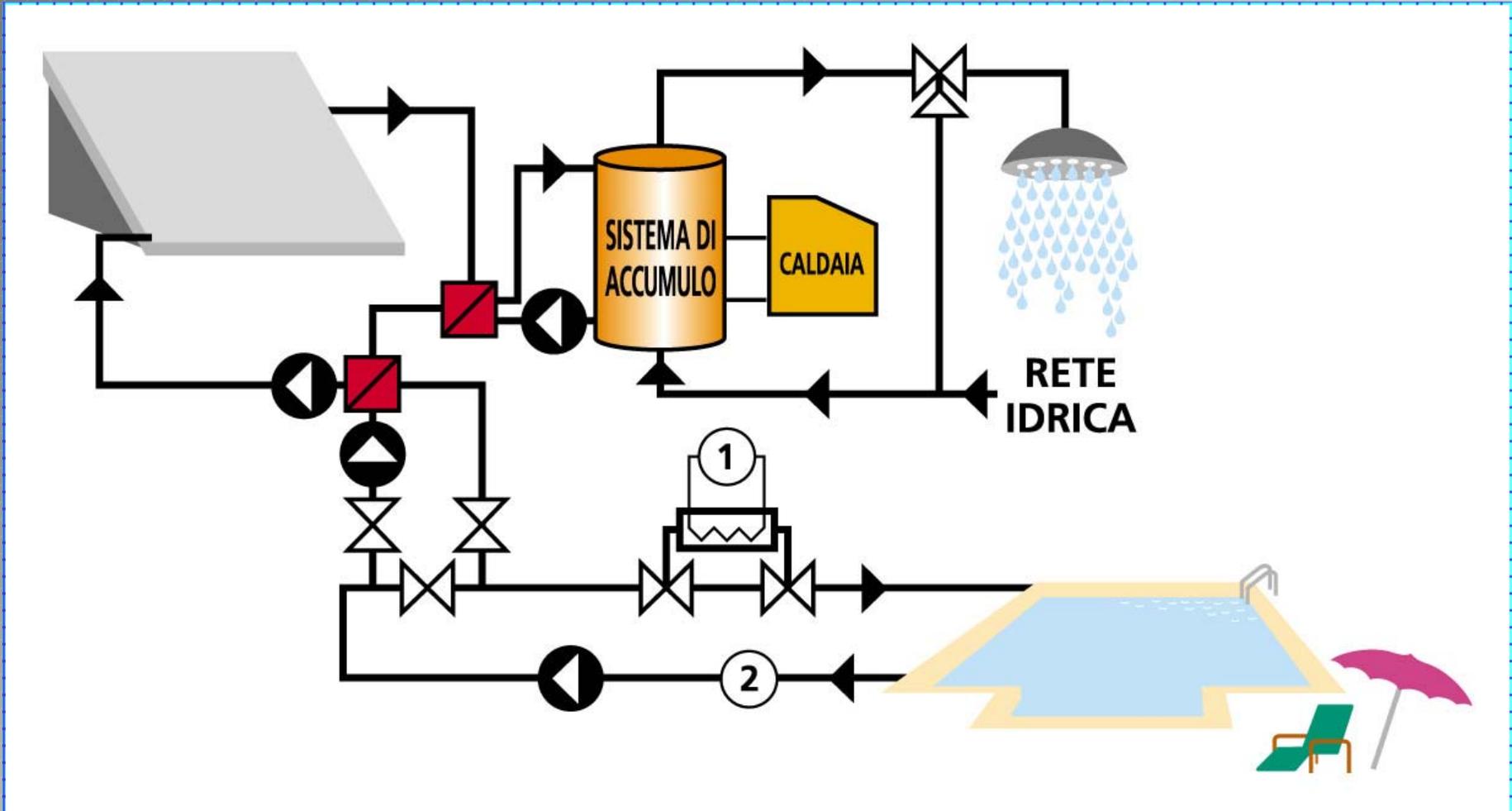
APPLICAZIONI

- Riscaldamento ambienti (sfasamento e sovradimensionamento)
- Acqua calda sanitaria (domanda circa costante)
- Piscina estiva e riscaldamento a pannelli radianti in inverno
- Calore di processo (p. es. essiccazione)

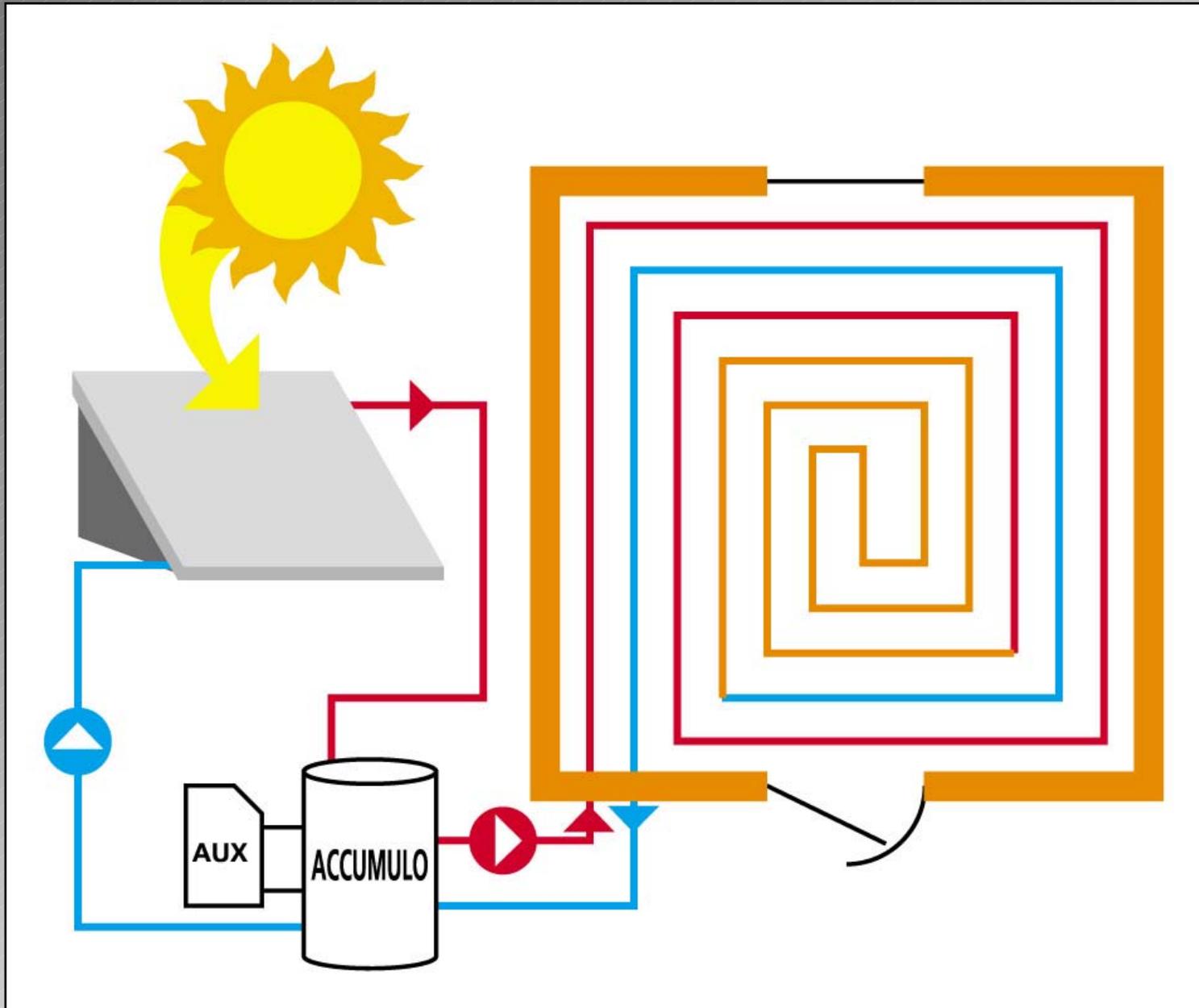
CIRCOLAZIONE NATURALE – CIRCUITO CHIUSO



ACS E PISCINA



RISCALDAMENTO DI AMBIENTI



ESEMPIO DI CALCOLO

RICHIESTA DI ACQUA CALDA A 40 °C
80 LITRI/GIORNO * PERSONA

NUMERO DI PERSONE: 4

TEMPERATURA ACQUA RETE: 10 °C

ENERGIA RICHIESTA
 $80 * 4 * 30 * 365 = 3.504.000 \text{ kcal/anno}$

ENERGIA DISPONIBILE
 $1.500.000 \text{ kcal/(m}^2 \text{ anno)}$

EFFICIENZA COLLETTORI
60%

ENERGIA UTILE
 $900.000 \text{ kcal/(m}^2 \text{ anno)}$

SUPERFICIE NECESSARIA
 $3.504.000/900.000=3,89 \text{ m}^2$

PROGRAMMA “PRIGIONI SOLARIZZATE”

- Accordo tra il DAP (Dipartimento di Amministrazione Penitenziaria) ed il MATT (Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio)
- Installazione di 5.000 m² di collettori solari termici in alcune prigioni italiane



PERCHE' LE CARCERI

- Dal punto di vista della fornitura di energia:
 - Disponibilità di superfici estese
- Dal punto di vista dell'utenza
 - La domanda di energia è elevata e costante
 - Gli impianti esistenti sono spesso obsoleti
- Non ci sono particolari requisiti per l'integrazione architettonica (non comune in Italia!)
- Benefici sociali:
 - Valorizzare il tempo dei detenuti
 - Offrire loro una opportunità di lavoro



IL PROGETTO PILOTA DI REBIBBIA

- 600 ore per 38 detenuti (12 diplomati)
 - Lezioni teoriche
 - Stage di auto - costruzione
 - Installazione di 1 impianto solare
 - Diploma riconosciuto dalla Regione Lazio
- Installazione di 500 m² di collettori per acqua calda sanitaria



CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO

- Impianto su tetto piano
- 98 collettori (circa 250 m²)
- Circuito chiuso (soluzione antigelo)
- Circolazione naturale
- Accumulo separato e ubicato nel locale caldaie (4 serbatoi da 3 m³)



PER APPROFONDIMENTI...

www.pvportal.com

www.solarbuzz.com

www.mysolar.com

www.iea-pvps.org

www.pvsyst.com

www.valentin.de

www.assolterm.it

