

Energia dal Sole: possibilità di sviluppo del solare e del fotovoltaico

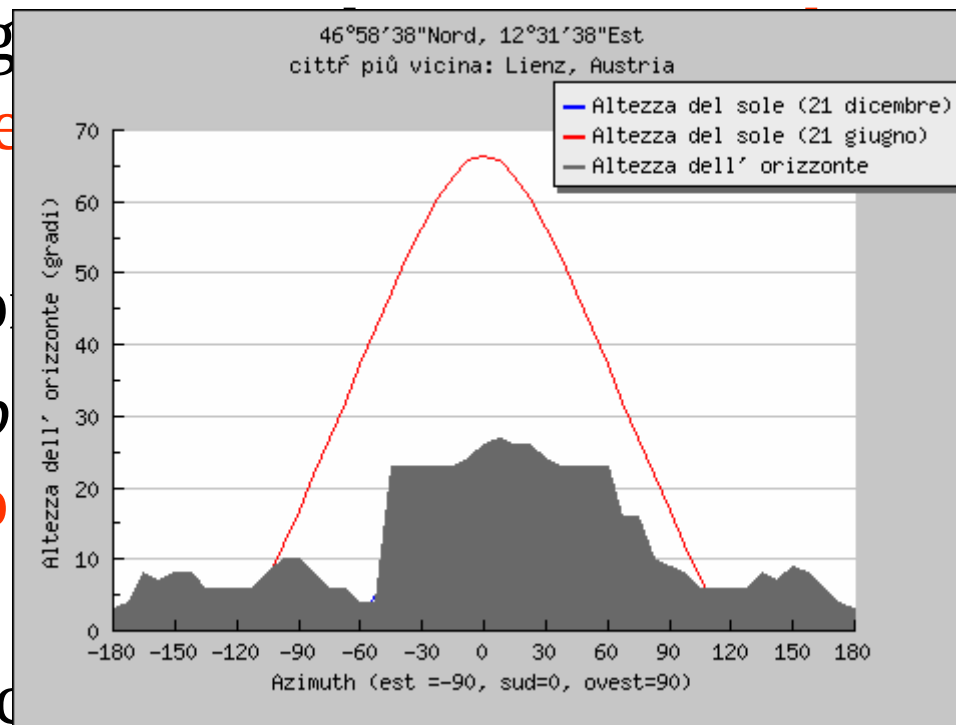
G.V. Fracastoro
Dipartimento di Energetica
Politecnico di Torino

I fatti

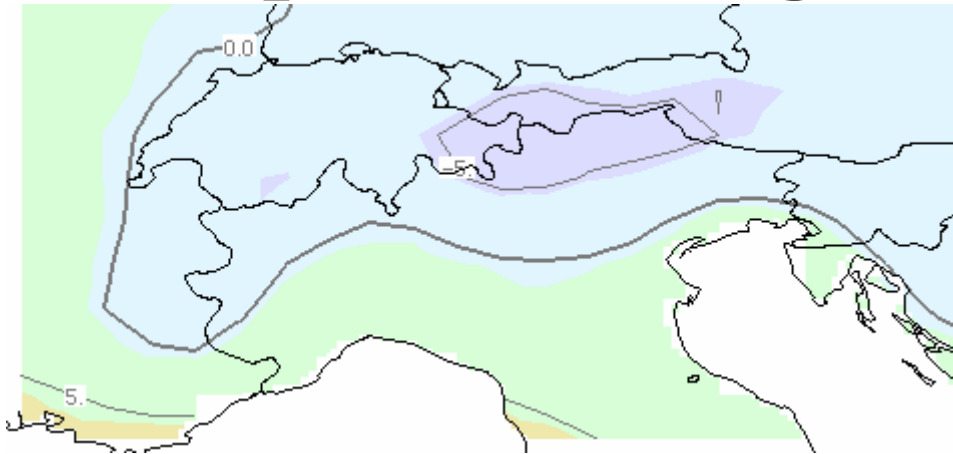
- La potenza che raggiunge una superficie di 1 m^2 posta sulla Terra (potenza/superficie = *irradianza* solare) è dell'ordine di alcune centinaia di W/m^2 e raggiunge valori massimi intorno a 1000 W/m^2 .
- La quantità di energia che può raggiungere la Terra in un giorno (*irraggiamento*) varia da 0 a 10 kWh/m^2 giorno
- In un anno una superficie orizzontale di 1 m^2 viene raggiunta da circa 1400 kWh a Aosta, 1100 a Davos, 1200 a Lienz.
- Su una superficie orientata in modo ottimale (Sud, $30\text{-}40^\circ$ di inclinazione rispetto all'orizzontale) l'energia cresce del 15-20% circa.

Peculiarità del clima alpino

- L'irraggiamento solare è basso a causa della presenza di neve, che causa un'ostruzione della radiazione solare.
- La temperatura è positiva per il termico.
- La velocità del vento è positiva per il solare fotovoltaico, negativa per il termico.

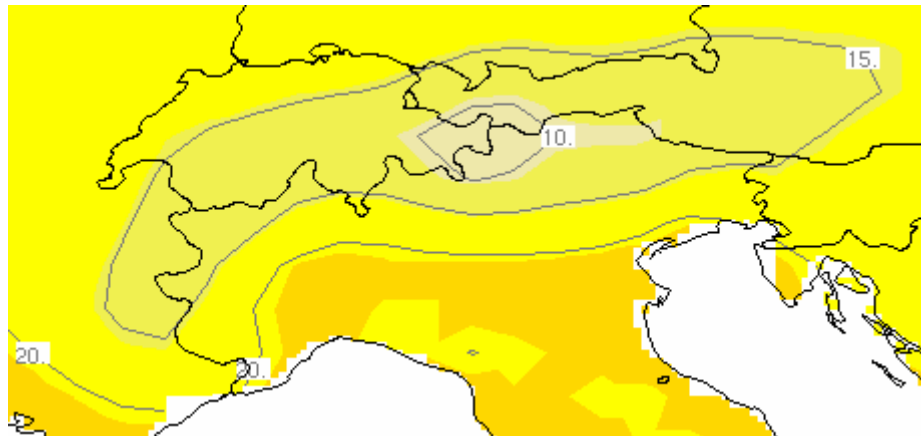


Temperature regione alpina



- Gennaio

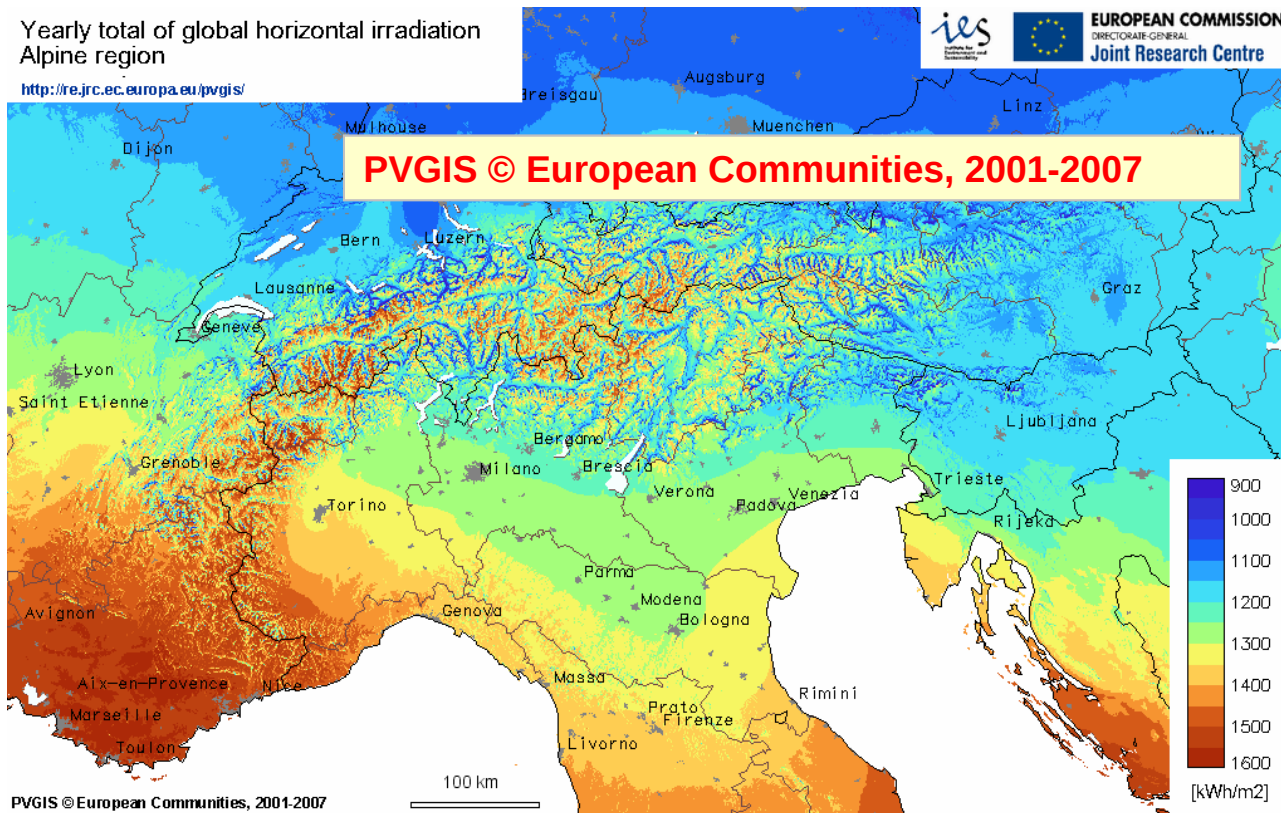
di circa 4 °C/1000
m di dislivello



- Luglio

di circa 6 °C/1000
m di dislivello

Irraggiamento solare sul piano orizzontale



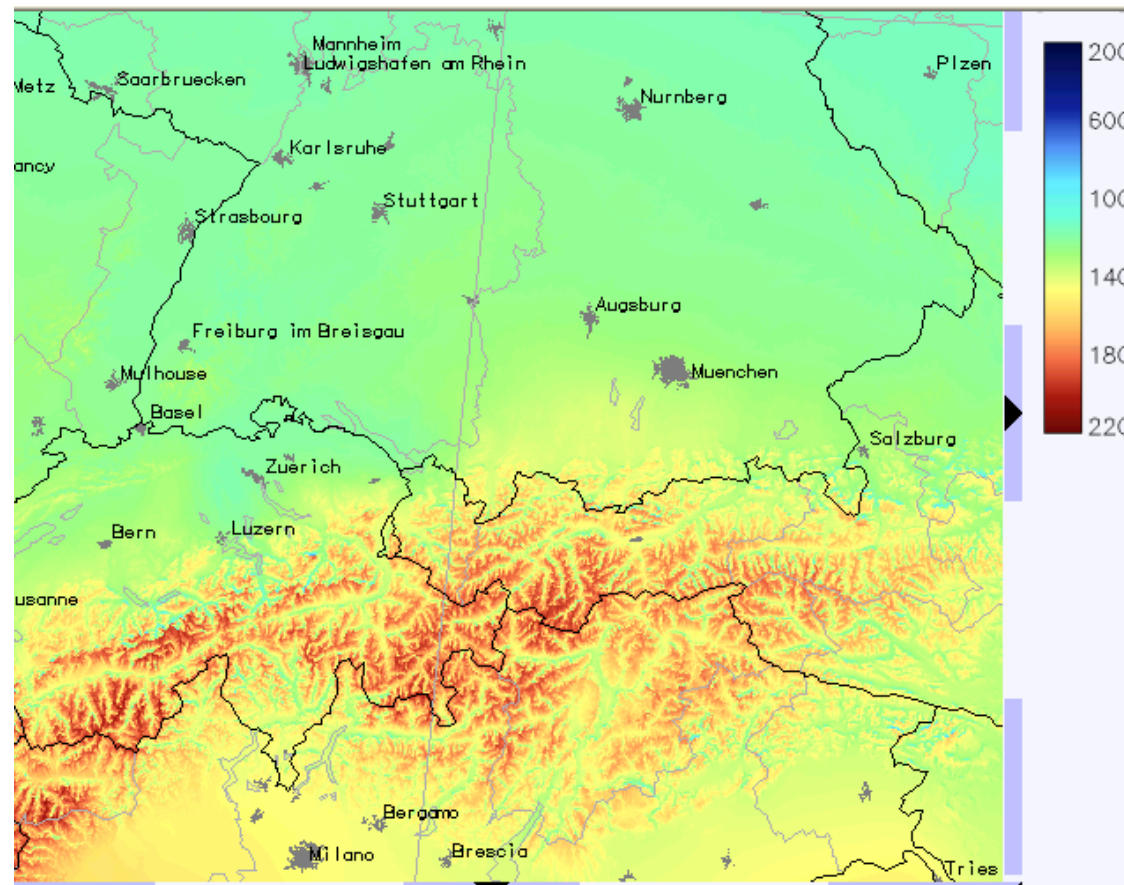
Šúri M., Huld T.A., Dunlop E.D. Ossenbrink H.A., 2007. Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. [Solar Energy](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/) (in press), <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

21 settembre 2007

Le Alpi oltre Kyoto

<http://re.jrc.ec.eu.int/pvgis/apps/pvreg.php?lang=en&map=europe>

Irraggiamento solare su una superficie a Sud inclinata di 40°

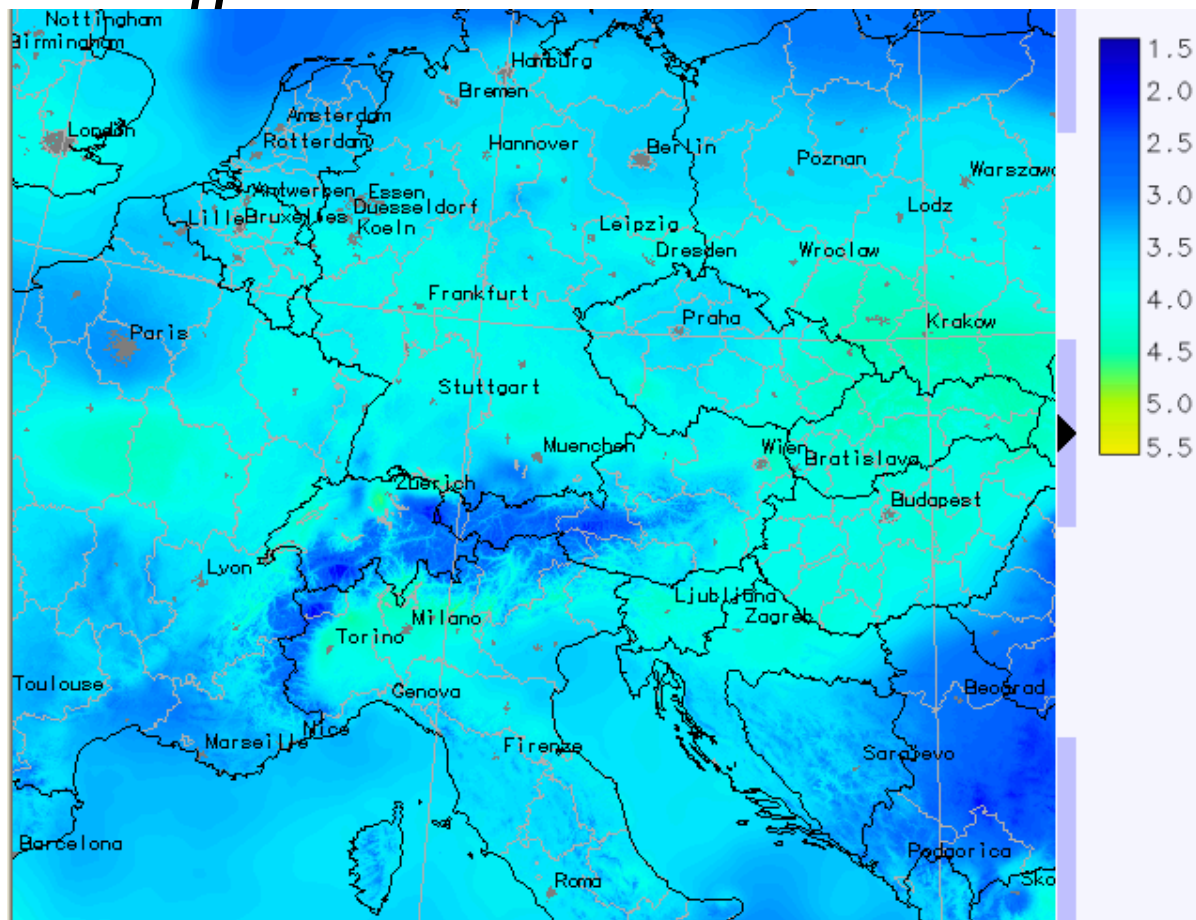


21 settembre 2007

Le Alpi oltre Kyoto

Il cielo è più limpido

Coefficiente di torbidità di Linke

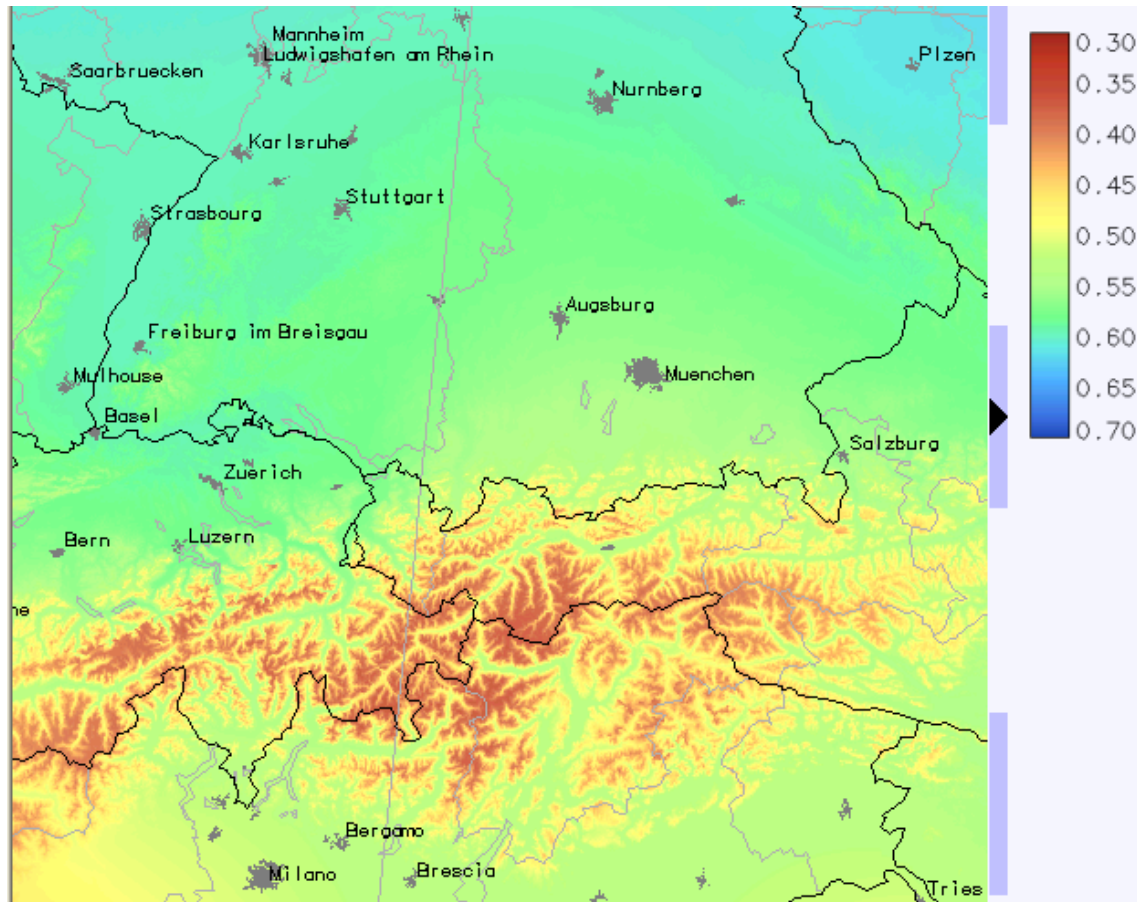


21 settembre 2007

Le Alpi oltre Kyoto

Prevale la radiazione diretta

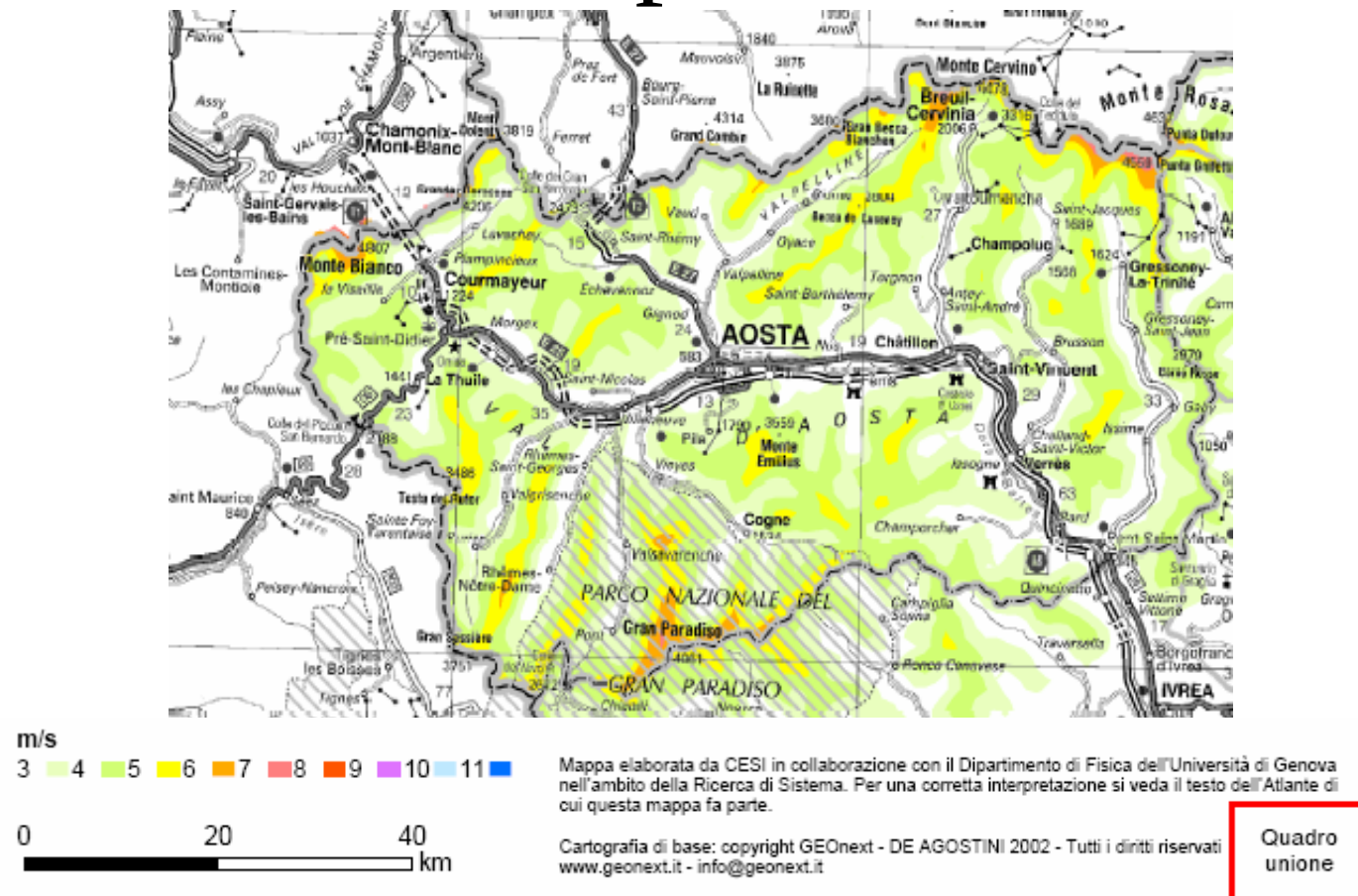
Rapporto fra irraggiamento diffuso/globale



21 settembre 2007

Le Alpi oltre Kyoto

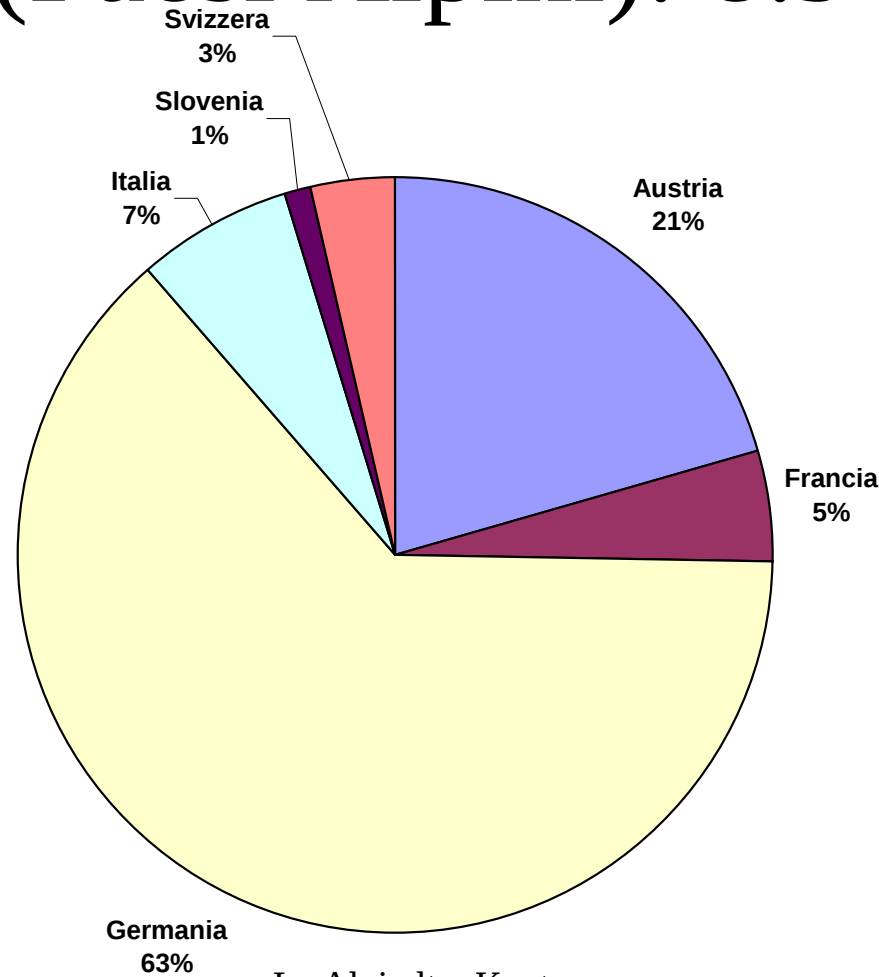
Il vento aumenta sulle dorsali alpine



Impianti per l'utilizzazione dell'energia solare

- Un impianto solare non funziona 8760 ore/anno!
- Il rapporto fra energia prodotta e potenza nominale dà le cosiddette “*ore equivalenti annue di funzionamento*”, che nella regione alpina variano fra 1000 e 1500 h/anno
- Dal Sole si può ottenere calore ed elettricità
 - *I collettori solari* convertono l'energia solare in calore
 - *I pannelli fotovoltaici* convertono l'energia solare in elettricità

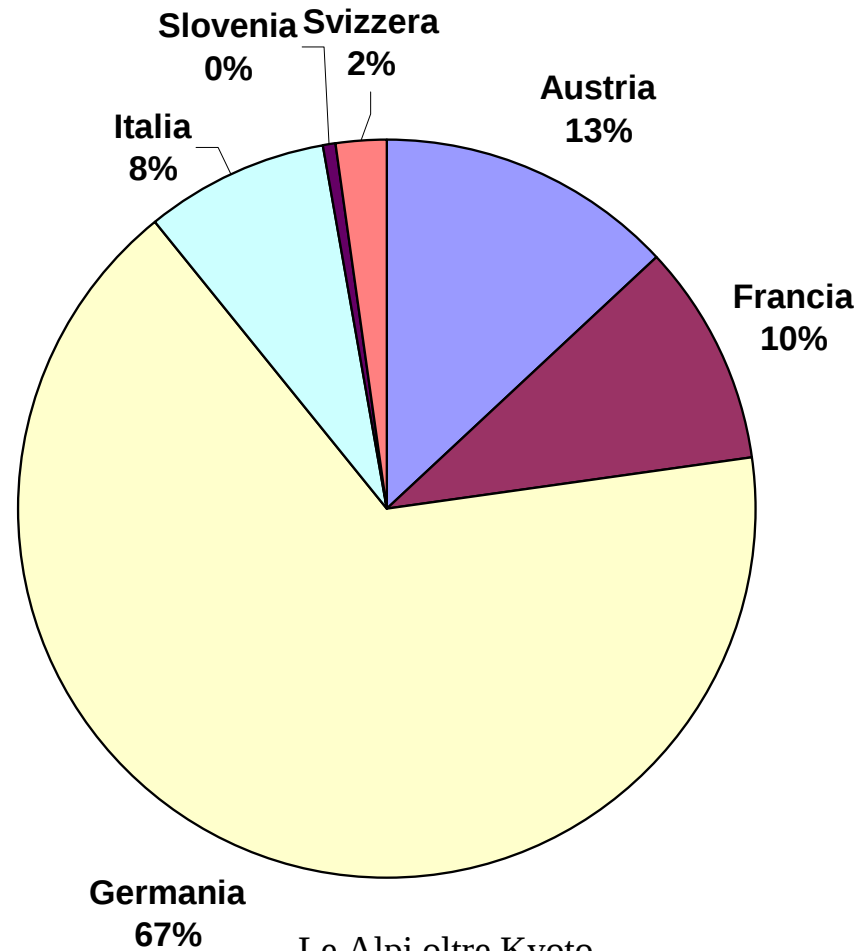
Collettori solari funzionanti nel 2006 (Paesi Alpini): 8.9 Mm²



21 settembre 2007

Le Alpi oltre Kyoto

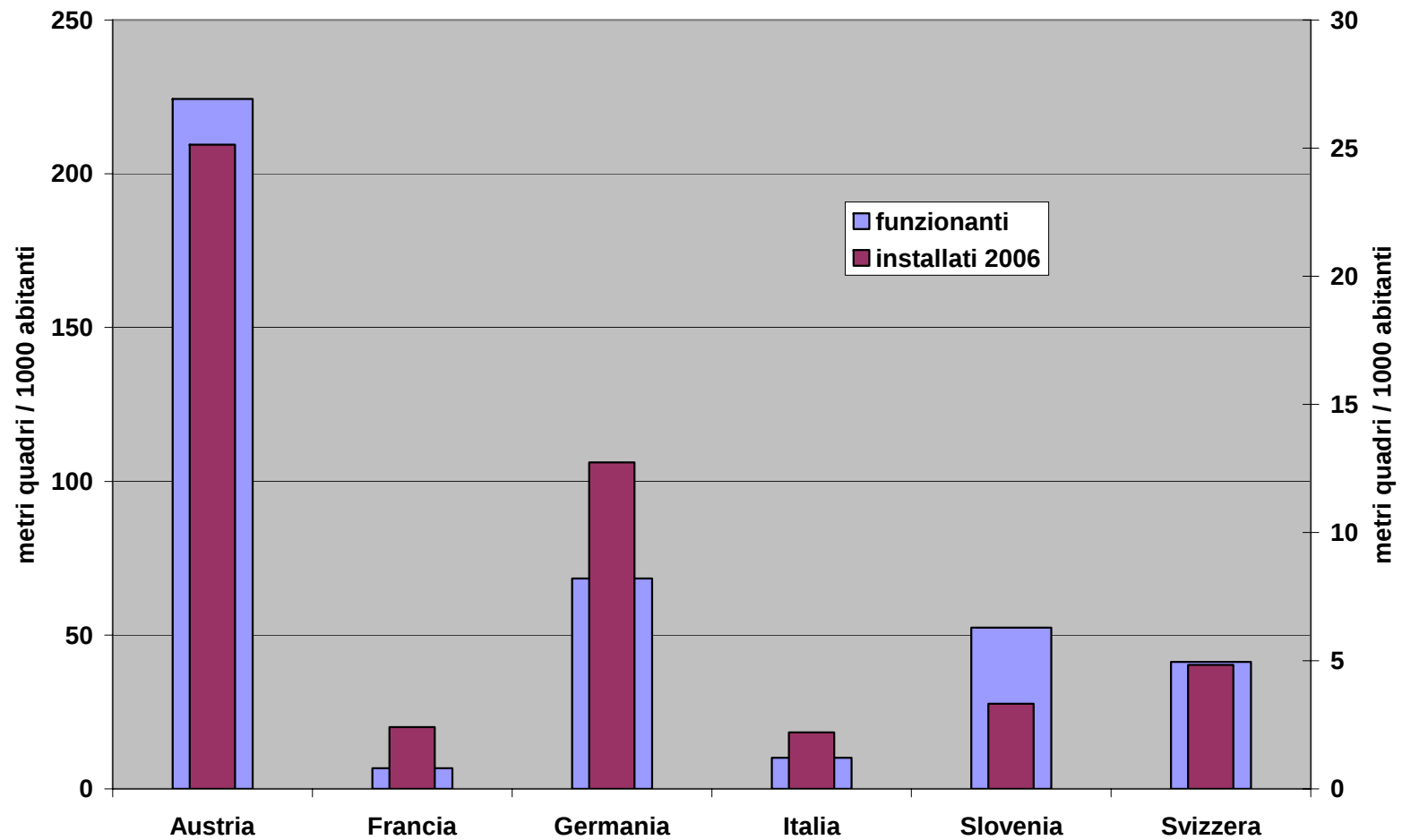
Collettori installati nel 2006 nei Paesi Alpini: 1.6 Mm²



21 settembre 2007

Le Alpi oltre Kyoto

Collettori solari termici/abitante



21 settembre 2007

Le Alpi oltre Kyoto

Fabbisogno e produzione solare di energia nel territorio alpino

- Fabbisogno totale 1400 PJ
- Produzione solare termica 2 PJ
- Produzione solare fotovoltaica 0.14 PJ (0.42 PJ di energia primaria equivalente)
- Totale solare: 2.4 PJ (0.17% del fabbisogno)
- Occorrerebbe moltiplicare la produzione x 680 !!

Tipi di collettori

- Piani in gomma sintetica (EPDM) non vetrati
- Piani vetrati
- Sotto vuoto



Concetto di rendimento

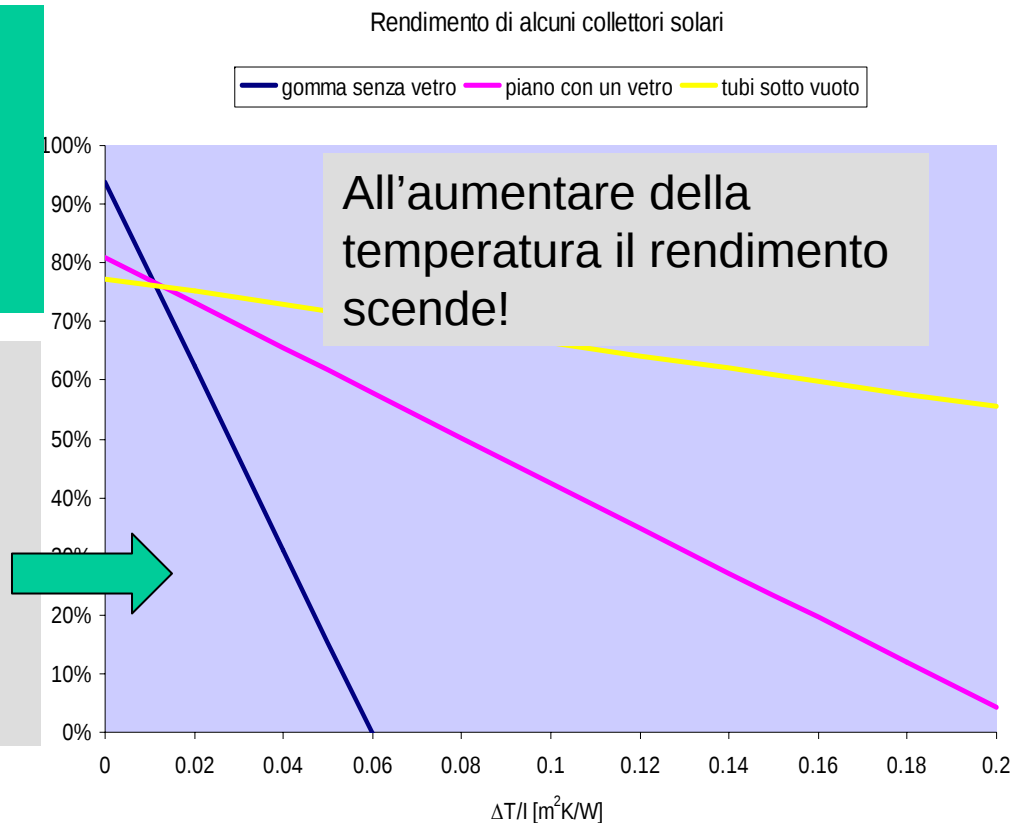
- Il rendimento è il rapporto fra l'energia utile prodotta e quella (solare) impiegata per produrla: è per definizione un numero minore di 1.
- Il rendimento di un collettore solare termico dipende sostanzialmente da tre tipi di fattori
 - Caratteristiche intrinseche (tipo di collettore)
 - Condizioni meteorologiche (temperatura dell'aria, velocità del vento, entità dell'irraggiamento solare)
 - Temperatura dell'acqua prodotta

Efficienza dei collettori solari termici

Ogni m² consente di risparmiare circa 50 kg di petrolio ed evitare l'immissione in atmosfera di 180 kg di CO₂

rendimento di tre tipi di collettori di prestazioni e costo molto diversi:

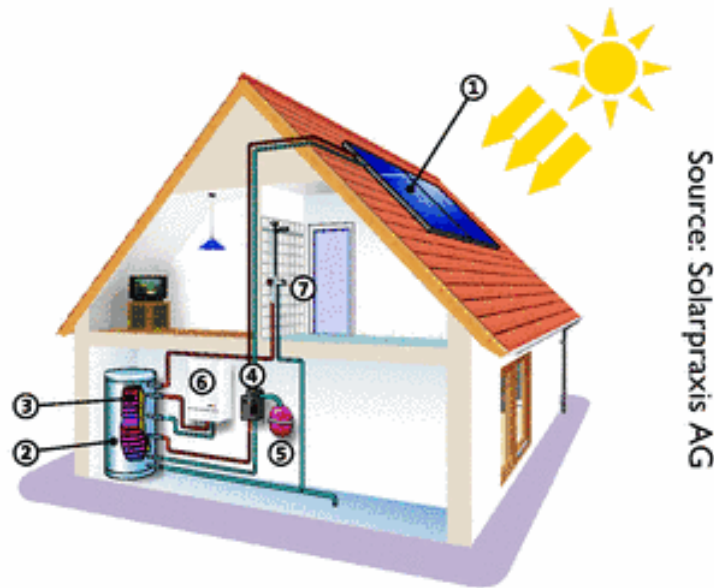
- in gomma sintetica senza vetro
- piano con un vetro
- a tubi sotto vuoto



Quadro sintetico della domanda termica

utenza	tipo di domanda	temp. fluido °C	fabb. giorn. kWh/pers	fabb. annuo kWh/pers
ACS	costante	40-45	1.5-2	500-700
riscaldamento	stagionale, dip. clima e edificio	35-45	16-40	3000-7000
condizionamento	stagionale, dip. clima e edificio	60-80	20-30	1000-1500
piscine	stagionale	25-32	-	-

Esempi: Produzione di Acqua Calda Sanitaria (ACS)



Source: Solarpraxis AG



Impianti combinati: ACS + riscaldamento



Germania



Austria

Esempi: piscine



ACS + piscina (Belgio)



Hotel in Austria

Esempi: condomini e industrie



Industrie: Pastifici,
stabilimenti enologici e
zootecnici

21 settembre 2007

Le Alpi oltre Kyoto

Energy pay-back time di un impianto ST completo

- Energia richiesta: 750-1000 kWh/m²*
 - per la produzione: 650-900
 - per il funzionamento: 0-70
 - per la manutenzione: 40
- Risparmio annuo di energia primaria: 400-600 kWh/m²
- Energy Pay Back Time 1.3 – 2.5 anni

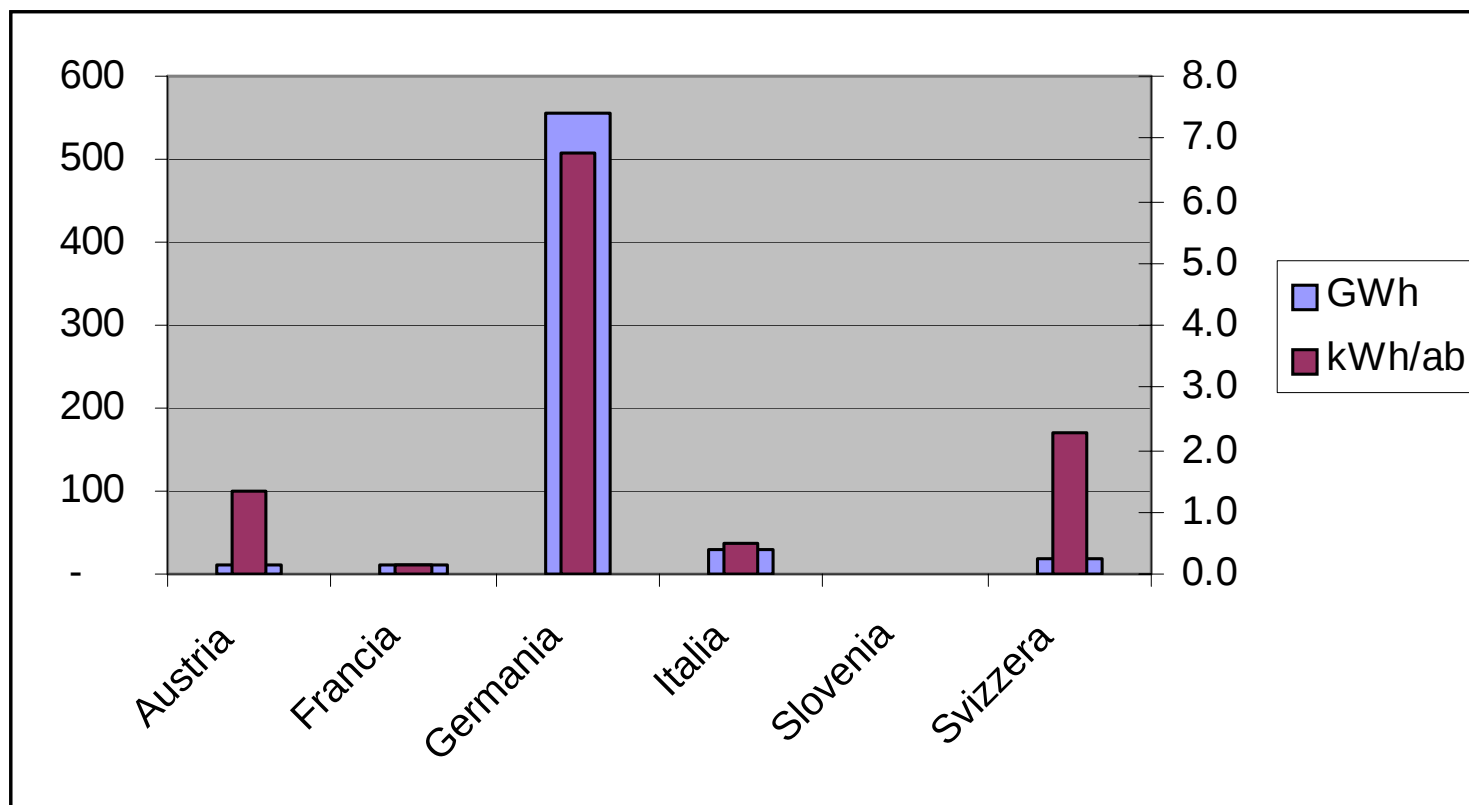
* E. Streicher, W. Heidemann, H. Muller-Steinhagen, Energy Payback Time-A Key Number for the Assessment of Thermal Solar Systems, Eurosun2004-Proceedings

Italia - Incentivi Finanziaria 2007

Finanziaria 2007 (Edifici esistenti)

Intervento	art.	Detrazione IRPEF	Tetto massimo detrazione
Riqualificazione energetica edifici esistenti (-20%)	344	55%	100,000 €
Coperture, pavimenti e infissi	345	55%	60,000 €
Pannelli solari per la produzione di acqua calda (-50%)	346	55%	60,000 €
Caldaie a condensazione	347	55%	30,000 €

Pannelli solari fotovoltaici: produzione di elettricità



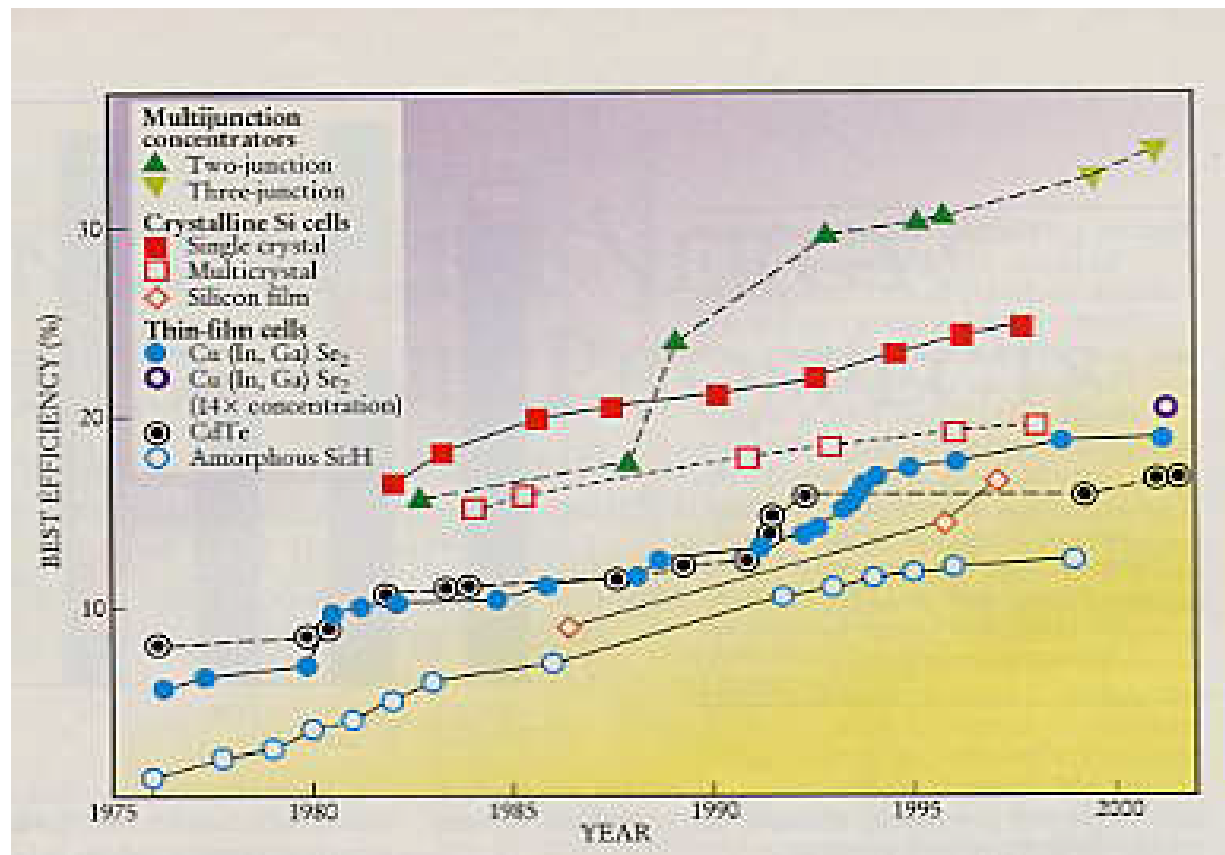
21 settembre 2007

Le Alpi oltre Kyoto

Pannelli Fotovoltaici

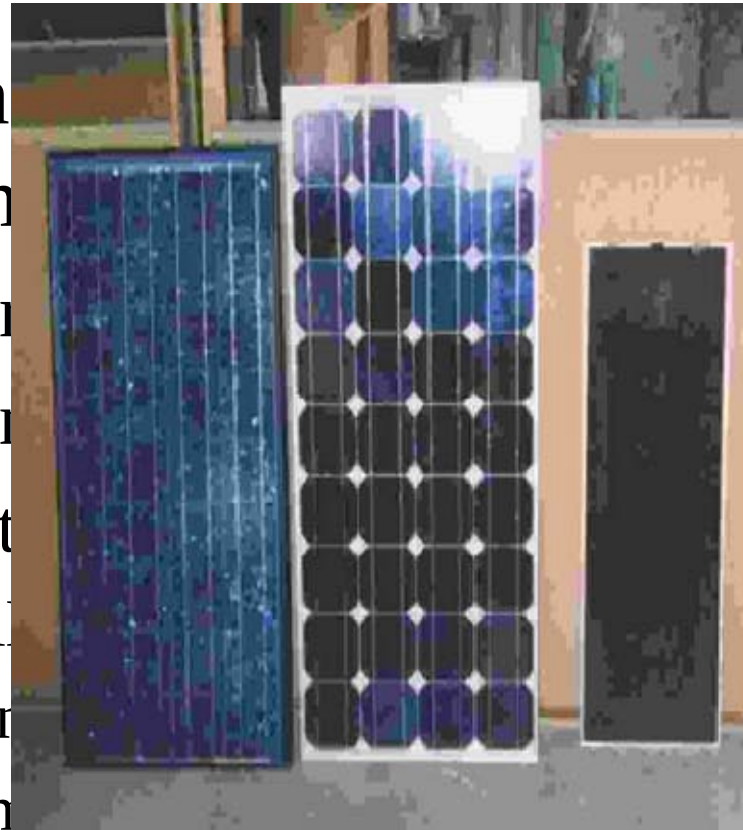
- Elevata affidabilità
 - Niente parti in movimento
 - Semplicità impiantistica
 - sovrapposizione dei moduli alla copertura
 - quadro elettrico di collegamento alla rete.
-
- Costo elevato (da 5 a 7 €/W), ma con incentivi per la produzione, e prospettive di rapida diminuzione
 - Bassa efficienza

Efficienza delle celle fotovoltaiche



Pannelli fotovoltaici

- Il rendimento di un pannello dipende essenzialmente da:
 - Irraggiamento solare
 - Temperatura (diminuisce con l'aumentare della temperatura)
 - Tipo di semiconduttore
 - Silicio monocristallino
 - Silicio policristallino
 - Silicio amorfo (film sottile)



Energy pay back time (FV)

- Moduli in silicio monocristallino* (25 m²)
 - 540 (Si prodotto di scarto industria semiconduttori) - 1500/2100 kWh/m²
 - Risparmio annuo di elettricità: 100-150 kWh/m² pari a 300-450 kWh/m² di energia primaria. PBT = 1,1 – 7 anni
- Moduli in silicio amorfo (40 m²)
 - 200-300 kWh/m²
 - Risparmio annuo di elettricità: 70-100 kWh/m² pari a 200-300 kWh/m² di energia primaria PBT = 1-1,5 anni

* K. Kato, A. Murata, K. Sakuta, An evaluation on the life cycle of photovoltaic energy systems considering production energy of off-grade silicon, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 1997]

Tipi di impianti

- *Stand-alone*: si usano nel caso in cui la rete elettrica sia troppo distante perché convenga allacciarvisi
- *Grid-connected*: si usano in tutti gli altri casi. Sono oggetto di forte incentivazione attraverso il meccanismo del conto-energia, impiegato in Italia, Germania, Francia

Impieghi stand-alone



21 settembre



telecomunicazioni

monitoraggio
Le Alpi oltre Kyoto

Impianti stand-alone



RIFUGI: campo fotovoltaico
installato su tettoia



- Sistema di accumulo (batterie)
- Unità di controllo di carica e gestione remota del sistema che provvede alla regolazione della carica delle batterie

“Conto energia” DM 19/2/07

Incentivi per impianti FV

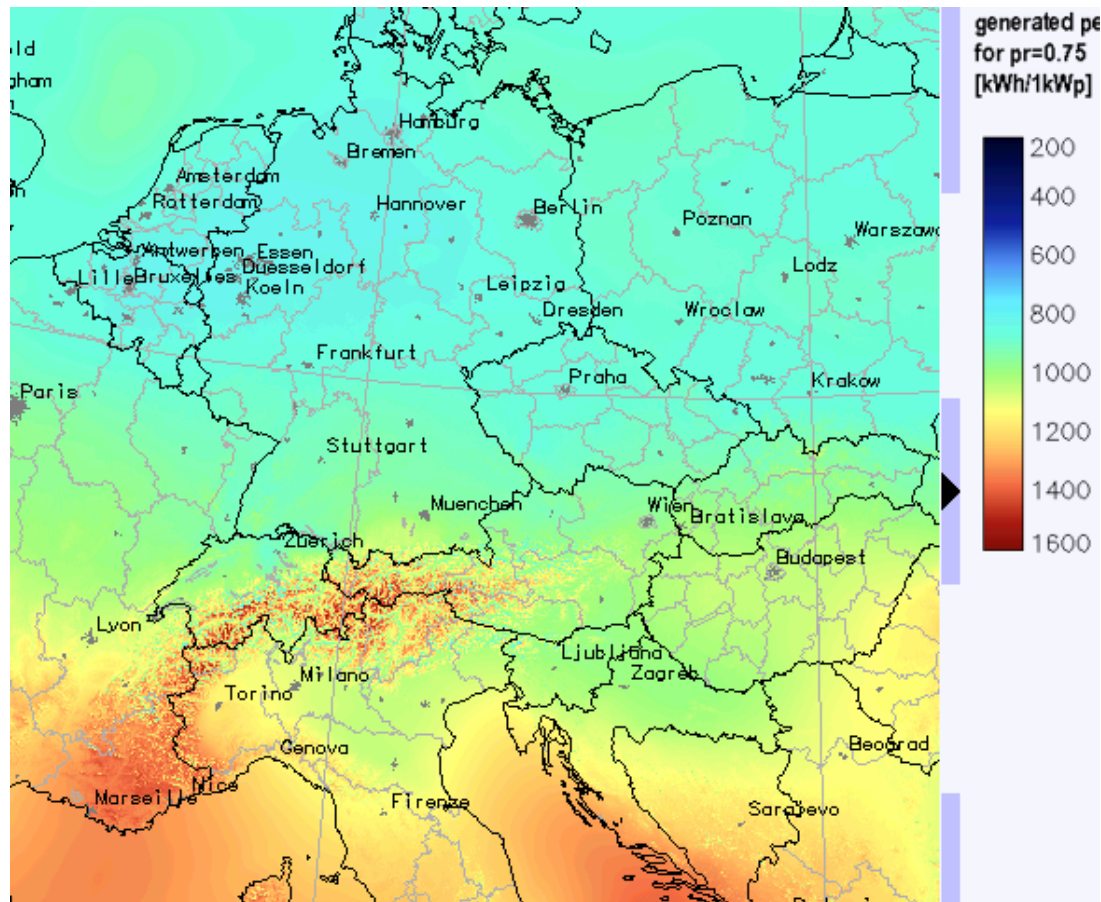


1. *Impianto non integrato* (es. impianto al suolo)
2. *Impianto parzialmente integrato* (es. impianti a tetto aderenti alla superficie della copertura)
3. *Impianto integrato* (es. pensiline con copertura costituita da moduli fotovoltaici)

Incentivi per impianti FV

Potenza P (kW)	Tipo Impianto		
	<i>Non integrato</i>	<i>Parzialmente integrato</i>	<i>Integrato</i>
$1 \leq P \leq 3$	0,4	0,44	0,49
$3 < P \leq 20$	0,38	0,42	0,46
$P > 20$	0,36	0,4	0,44

Energia prodotta da un impianto FV con 1 kWp (inclinazione ottimale)



21 settembre 2007

Le Alpi oltre Kyoto

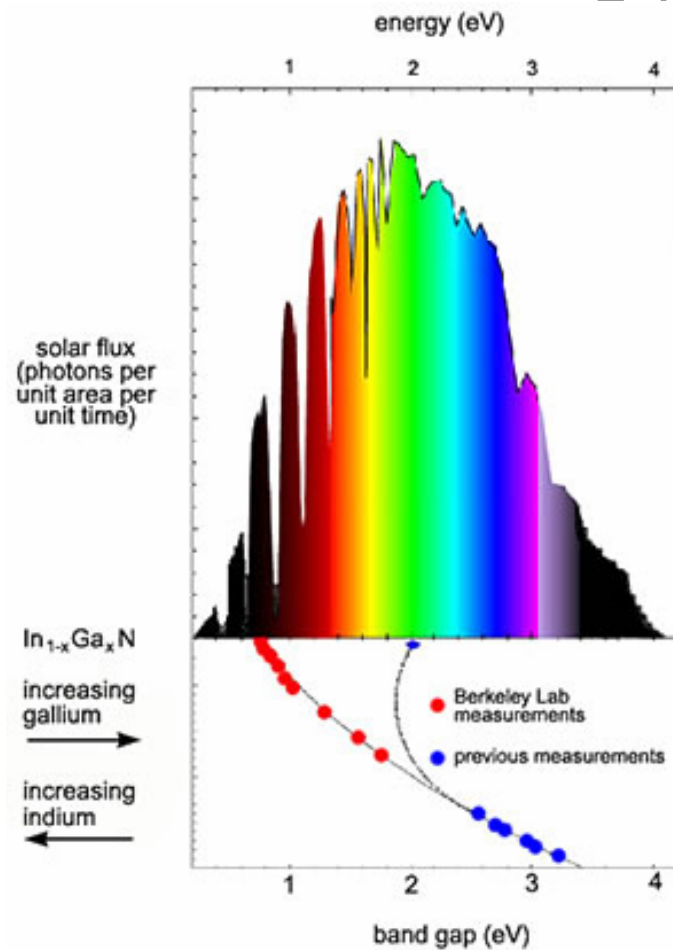
Aspetti estetici



21 settembre 2007

Le Alpi oltre Kyoto

Nel futuro



Le leghe $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$

21 settembre 2007



SuntoGrid: sistema a
concentrazione “a 4
colori”

Le Alpi oltre Kyoto

Conclusioni

- Dalla relazione Pastorelli si vede che la CO₂ residua è di 39 Mt
- Per azzerarla si può
 - Ridurre del 32 % i consumi
 - Triplicare il ricorso alle FR
- Se si volesse seguire la seconda strada col solo solare si dovrebbe passare da 1 km² a 200 km² di ST, oppure da 0,3 km² a 400 km² di FV
- È meglio aggredire il problema da tutti i lati, in primo luogo col risparmio energetico, poi con le FR (tutte!)

Grazie!

G.V. Fracastoro
Dipartimento di Energetica
Politecnico di Torino