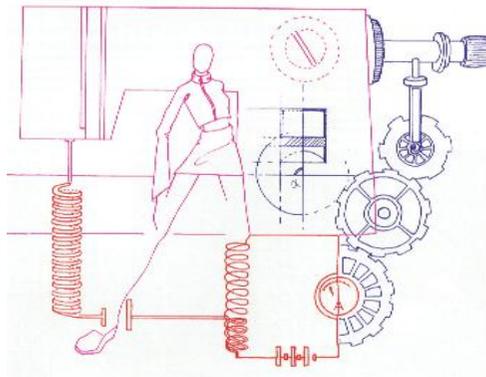


IPIA C.A. DALLA CHIESA – OMEGNA
PROGETTO ALTERNANZA SCUOLA – LAVORO
classi 4° e 5° MANUTENTORI



PRODUZIONE DI ENERGIA DA
FONTI RINNOVABILI

RISPARMIO ENERGETICO

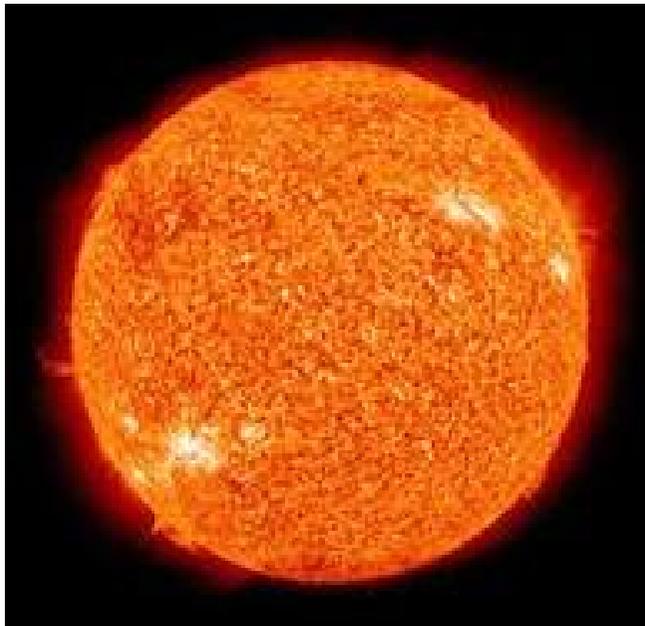
prof. Massimo M. Bonini

ENERGIA DAL SOLE



PARLIAMO DI

- Il sole
- L'energia solare
- Radiazione solare al suolo
- Misura della radiazione solare

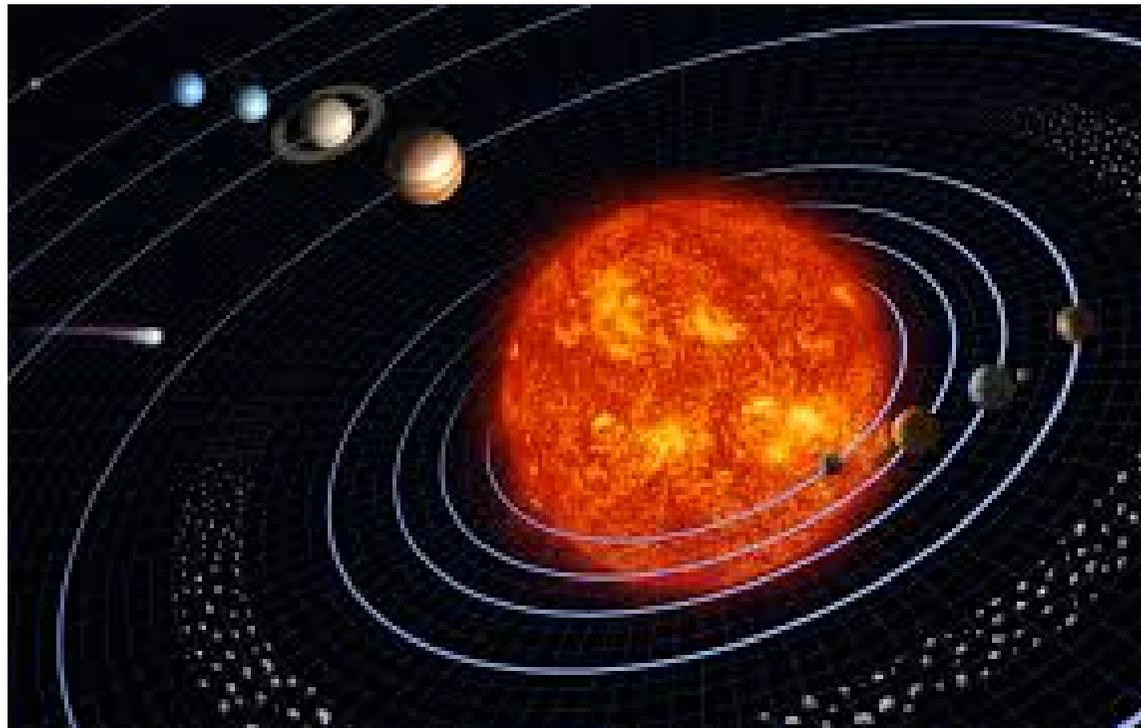


IL SOLE

Il Sole è la stella madre del sistema solare, attorno alla quale orbitano gli otto pianeti principali, i pianeti nani, i loro satelliti, innumerevoli altri corpi minori e la polvere diffusa per lo spazio, che forma il mezzo interplanetario.

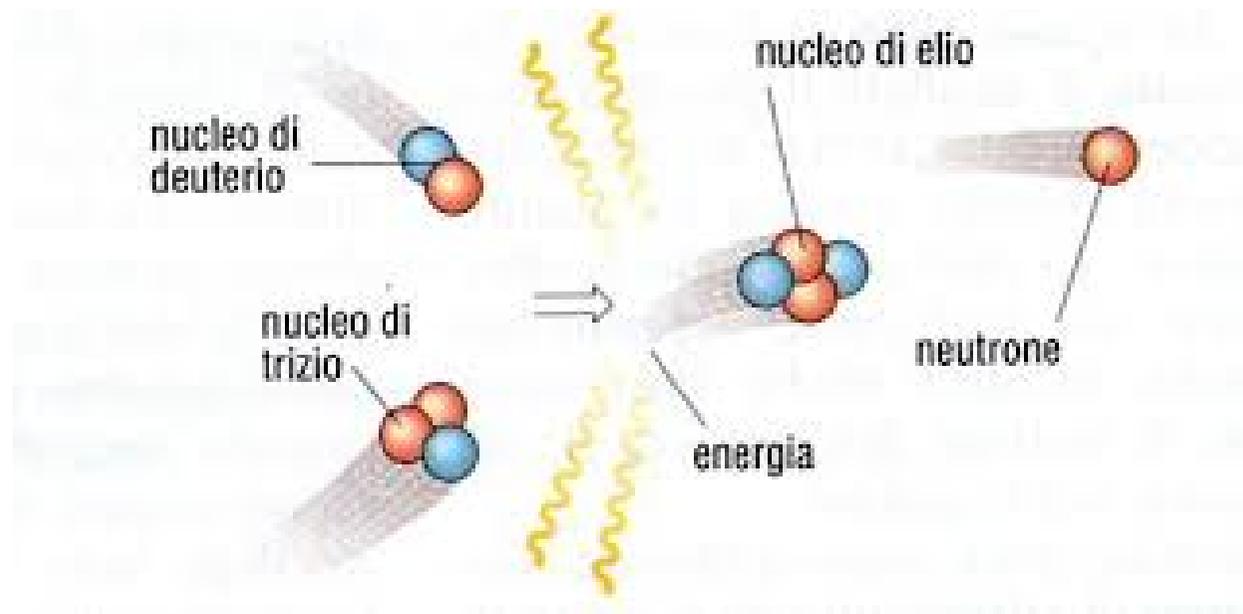


- Raggio: 695.800 km
- Diametro: 1.391.600 km
- Distanza dalla Terra: 149.600.000 km
- Temperatura della superficie: 5.778 °K
- Massa: 1,98930 kg



ENERGIA PRODOTTA DAL SOLE

- Ogni secondo nel nucleo della nostra stella 600 milioni di tonnellate di idrogeno vengono convertite in 595,7 milioni di tonnellate di elio.



- Dopo questa trasformazione, detta fusione nucleare, 4,26 milioni di tonnellate di idrogeno (pari allo 0,75%) sembrano esser state perse;
- in realtà questa massa mancante si è trasformata direttamente in energia, ossia in radiazione elettromagnetica, secondo l'equazione massa-energia di Albert Einstein:

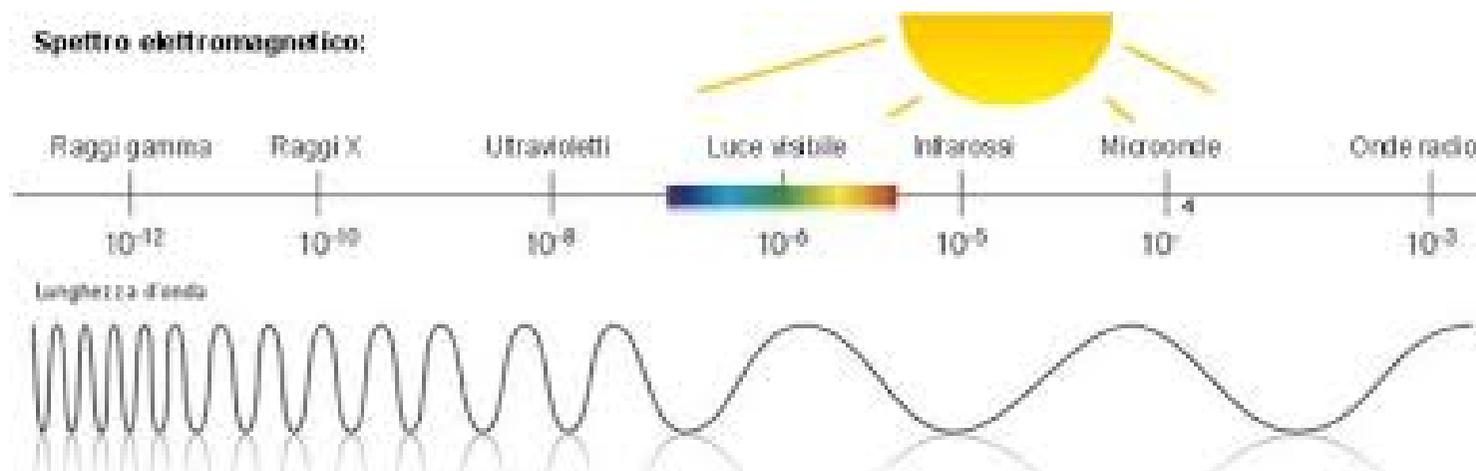
$$E=mc^2$$

- L'energia così generata, in 1 secondo è pari a 3,831026 joule (383 yottajoule, YJ, con $Y = 10^{24}$), equivalente a 9,151010 Mton di tritolo: una quantità di energia impensabile da riprodurre sulla Terra.
- Per capire l'enormità di questa quantità di energia, che equivale a 106.400.000.000 terawattora (TWh), il solo dato che può fungere da termine di paragone è la produzione mondiale di energia elettrica, che nel 2012 è stata di circa 22.500 TWh.
- Con tale ritmo produttivo, per eguagliare l'energia prodotta dal Sole in 1 secondo tutti gli impianti di produzione di energia elettrica del nostro pianeta dovrebbero funzionare a pieno regime per più di 4 milioni di anni (ca. 4.525.000 anni).

- Considerando che il sole ha una massa di 2054 tonnellate e supponendo che la perdita di massa rimanga sempre di 4,26106 tonnellate al secondo, è facile calcolare che in un miliardo di anni la perdita di massa sarà di 1,341023 tonnellate, pari a circa 22 volte la massa della Terra.
- Sembra una quantità enorme, ma rappresenta molto meno di un millesimo della massa del sole (circa lo 0,06 per mille).

ENERGIA EMESSA DAL SOLE

- La radiazione viene emessa principalmente sotto forma di luce visibile, anche se non mancano emissioni in tutte le lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico.



RADIAZIONE SOLARE AL SUOLO

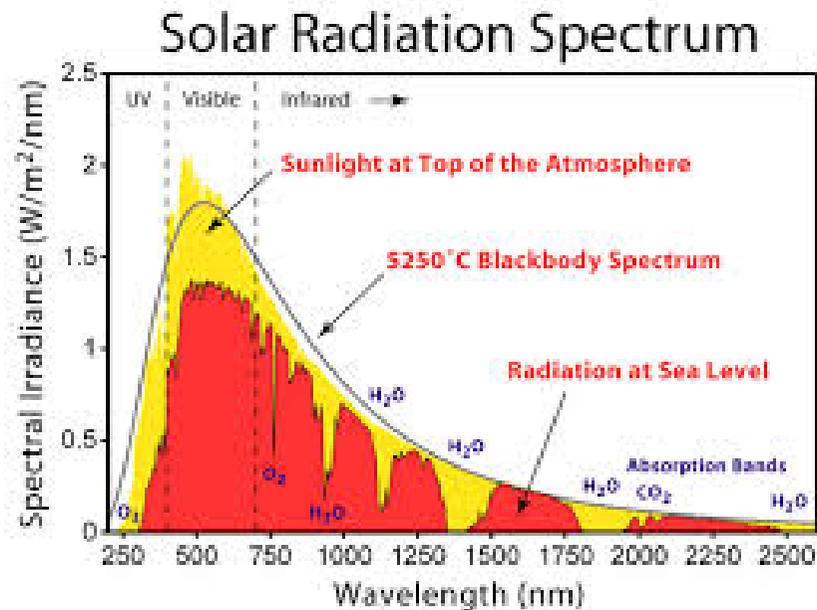
- La radiazione solare è la fonte primaria di energia sulla Terra.
- La quantità di energia luminosa che giunge per ogni unità di tempo su ogni unità di superficie esposta direttamente alla radiazione solare prende il nome di costante solare ed il suo valore è approssimativamente di 1370 W/m^2 .
- Moltiplicando questo valore per la superficie dell'emisfero terrestre esposto al Sole si ottiene una potenza maggiore di 50 milioni di gigawatt (GW).

- Tuttavia, poiché la luce solare subisce un'attenuazione nell'attraversare l'atmosfera terrestre, alla superficie del nostro pianeta il valore della densità di potenza scende a circa 1000 W/m^2 , raggiunto in condizioni di tempo sereno quando il Sole è allo zenit (ovvero i suoi raggi sono perpendicolari alla superficie).

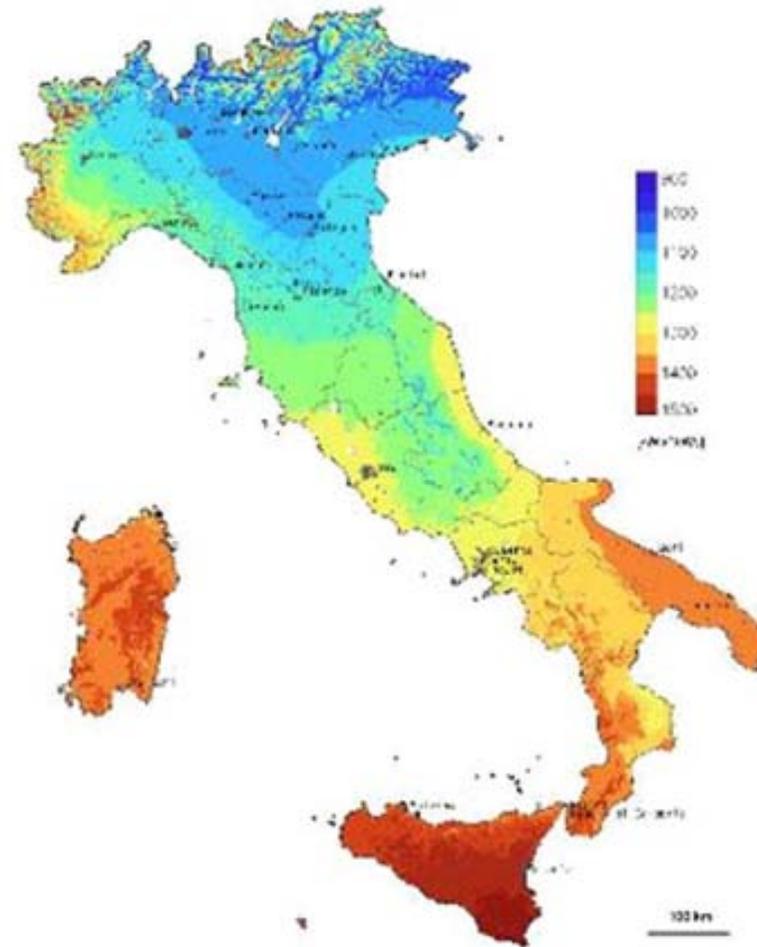
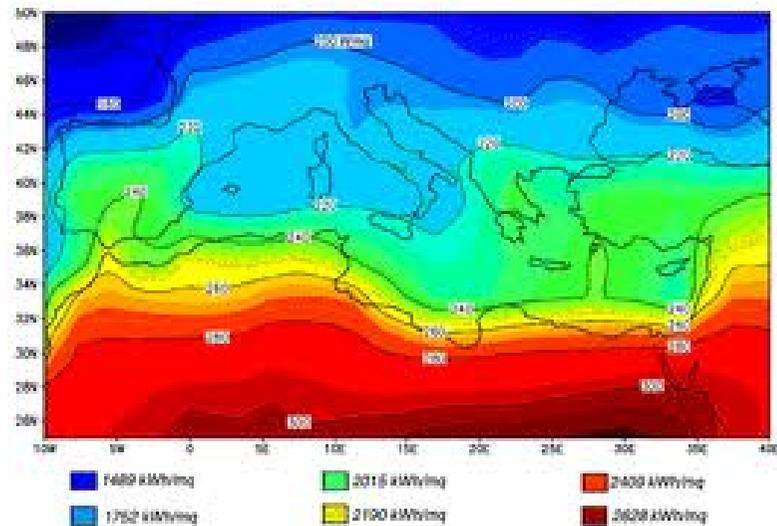
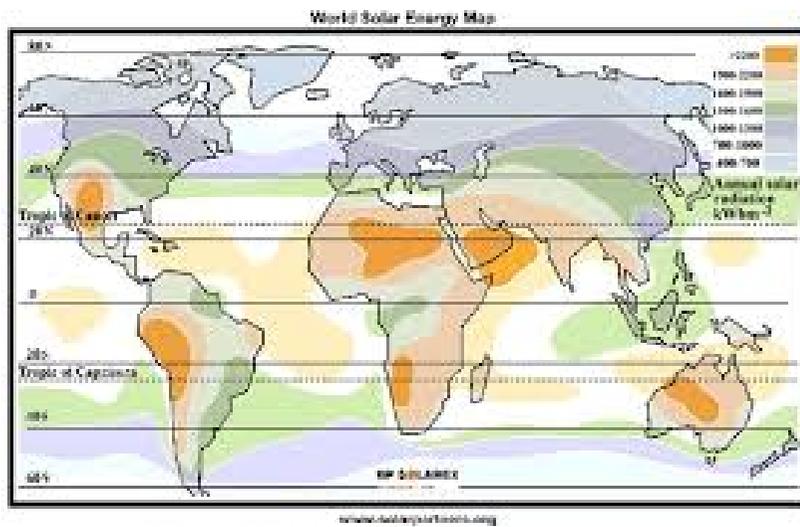


RADIAZIONE UTILE AL SUOLO

- Tenendo poi in conto il fatto che la Terra è uno sferoide in rotazione, l'insolazione media varia a seconda dei punti sulla superficie e, alle latitudini europee, è di circa 200 W/m^2 .



In Italia la potenza specifica solare oscilla mediamente da 900 a 1100 W/m².



MISURA DELLA RADIAZIONE SOLARE

- La radiazione solare può essere facilmente misurata mediante uno specifico strumento detto piranometro o solarimetro.



SFRUTTAMENTO DELLA RADIAZIONE SOLARE

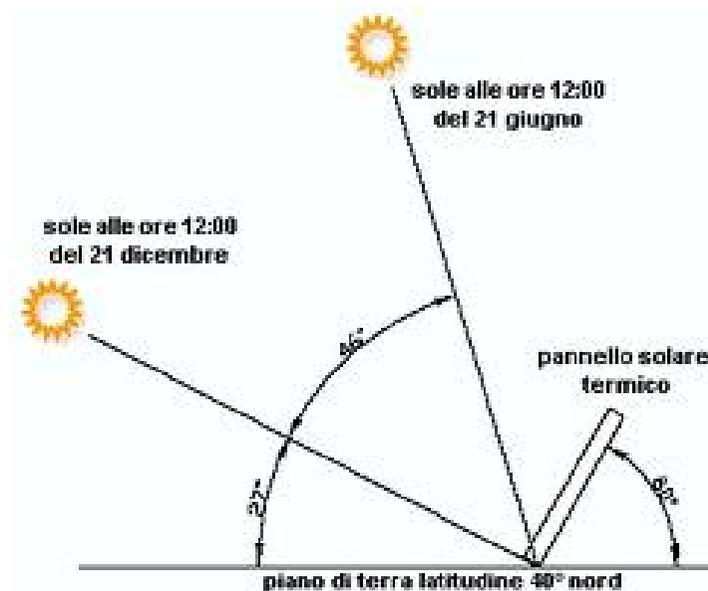
E' possibile sfruttare tecnicamente la radiazione solare al suolo per produrre

- energia termica mediante pannelli solari termici
- energia elettrica mediante pannelli fotovoltaici



Si possono convenientemente sfruttare sia la radiazione diretta che la radiazione diffusa, benché quest'ultima abbia evidentemente un rendimento minore

Nei calcoli di progetto occorre tener conto del percorso effettivo del sole nella località di installazione dell'impianto, ricordando che i valori precedentemente indicati si verificano sol nelle condizioni migliori, cioè con incidenza dei raggi, rispetto al piano di captazione, di 90°

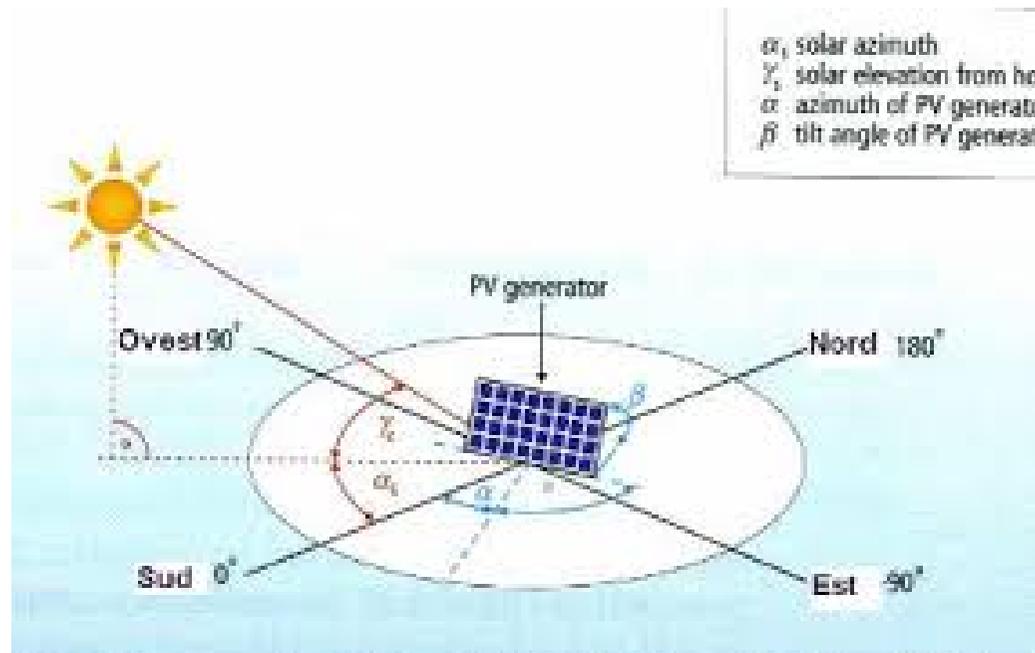




L'orientamento geografico e l'angolo d'inclinazione (tilt) possono influire sul rendimento energetico dell'impianto.

Il sole percorre nel cielo un'orbita la cui posizione varia con le stagioni, tanto più quanto più aumenta la latitudine (distanza dall'equatore misurata in gradi) del luogo

L'altezza del sole, misurata in gradi, rispetto al piano orizzontale, si indica con γ (gamma) e si definisce elevazione



L'inclinazione orizzontale della posizione del sole rispetto alla perpendicolare al piano di captazione, misurata in gradi, si indica con α (alfa) e si definisce azimut

L'inclinazione del piano di captazione rispetto all'orizzontale, misurata in gradi, si indica con β (beta) e si definisce tilt del pannello

POSIZIONE DEI CAPTATORI

- I pannelli di captazione presentano il massimo rendimento quando assumono una posizione che permetta l'incidenza dei raggi solari 90° , tanto sulla verticale (elevazione) che sull'orizzontale (azimut)
- Tenuto conto del percorso del sole nella giornata e nelle diverse stagioni, la posizione dei pannelli fissi deve essere calcolata con valori di tilt e azimut del pannello (α_a) tali da fornire il massimo rendimento possibile

Per ottenere ciò si deve far riferimento alle tabelle elaborate per le varie zone del territorio nazionale

	Est	Sud-Est					Sud	Sud-Ovest					Ovest
	-90°	-75°	-60°	-45°	-30°	-15°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
Milano (Kwh / anno)													
90°	531	602	664	713	749	768	771	765	744	706	656	594	524
80°	617	694	761	817	859	883	889	880	854	810	753	685	609
70°	696	775	845	904	949	975	983	972	943	897	837	766	687
60°	766	844	914	972	1020	1040	1050	1040	1010	965	905	835	757
50°	824	898	964	1020	1060	1090	1100	1090	1060	1010	996	890	816
40°	871	938	997	1050	1090	1110	1120	1110	1080	1040	991	930	863
30°	906	962	1010	1050	1090	1110	1110	1100	1080	1050	1010	956	900
20°	932	973	1010	1040	1060	1080	1080	1080	1060	1040	1010	968	927
10°	949	971	991	1010	1020	1030	1030	1030	1020	1010	989	968	946
0°	956	956	956	956	956	956	956	956	956	956	956	956	956
Roma (Kwh / anno)													
90°	574	646	705	750	781	796	802	806	800	775	731	671	598
80°	673	751	818	872	912	935	945	945	931	896	844	776	696
70°	764	846	918	977	1020	1050	1060	1060	1040	1000	942	871	787
60°	846	928	1000	1060	1110	1140	1150	1150	1120	1080	1020	951	867
50°	917	995	1060	1120	1170	1200	1210	1210	1180	1140	1090	1020	936
40°	975	1050	1110	1160	1210	1230	1240	1240	1220	1180	1130	1060	991
30°	1020	1080	1130	1180	1220	1240	1250	1240	1230	1190	1150	1100	1030
20°	1060	1100	1140	1180	1200	1220	1230	1220	1210	1190	1150	1110	1070
10°	1090	1110	1130	1150	1160	1170	1180	1180	1170	1150	1140	1120	1090
0°	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
Siracusa (Kwh / anno)													
90°	706	787	849	891	913	915	913	913	908	885	843	781	699
80°	823	914	986	1040	1070	1090	1090	1090	1070	1030	979	906	817
70°	932	1030	1110	1170	1210	1230	1240	1230	1200	1160	1100	1020	924
60°	1030	1120	1200	1270	1320	1340	1350	1340	1310	1260	1200	1120	1020
50°	1110	1200	1280	1340	1390	1420	1430	1420	1390	1340	1270	1190	1100
40°	1180	1260	1330	1390	1440	1460	1470	1460	1430	1390	1330	1250	1170
30°	1230	1300	1360	1410	1450	1470	1480	1470	1450	1410	1360	1290	1220
20°	1270	1320	1370	1400	1430	1450	1460	1450	1430	1400	1360	1320	1270
10°	1300	1320	1350	1370	1380	1390	1400	1390	1380	1370	1350	1320	1290
0°	1310	1310	1310	1310	1310	1310	1310	1310	1310	1310	1310	1310	1310

FATTORI DI CORREZIONE PER LE DIVERSE SITUAZIONI DI INCLINAZIONE E ORIENTAMENTO					
INCLINAZIONE \ ORIENTAMENTO		0°	30°	60°	90°
		—	/	/	
Est		0,93	0,90	0,78	0,55
Sud-Est		0,93	0,96	0,88	0,66
Sud		0,93	1,00	0,91	0,68
Sud-Ovest		0,93	0,96	0,88	0,66
Ovest		0,93	0,90	0,78	0,55

In alternativa è possibile installare pannelli “intelligenti” cioè dotati di dispositivi di inseguimento del sole che permettano il loro continuo orientamento nella posizione ottimale



POSIZIONAMENTO DEI PANNELLI

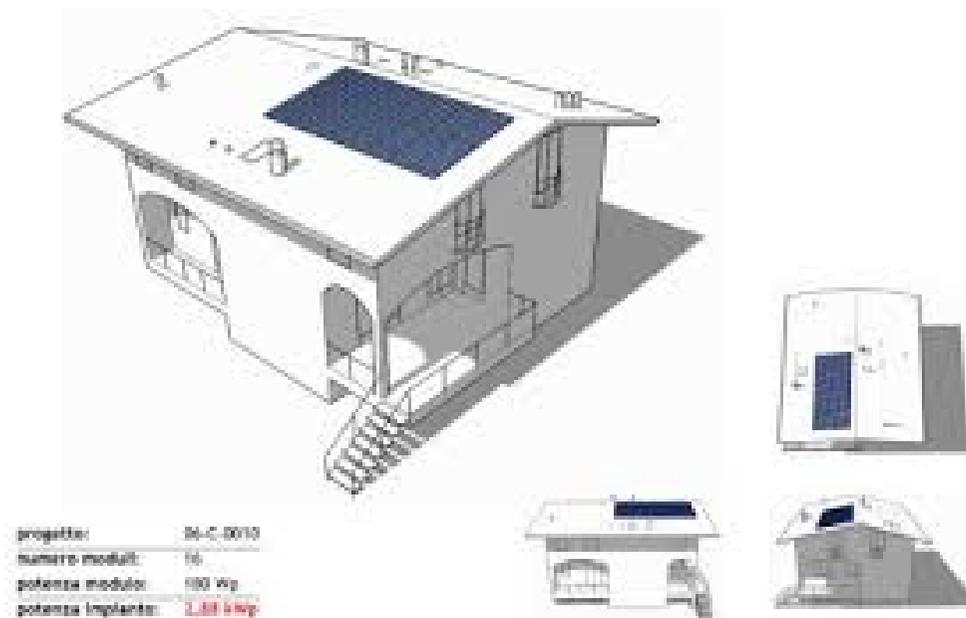
Il corretto posizionamento dei pannelli comporta la misurazione di angoli

- Orizzontali: attraverso bussole
- Verticali: attraverso inclinometri



IL PROBLEMA DELLE OMBRE

Strutture artificiali o elementi naturali possono proiettare la loro ombra sui pannelli, riducendone la produzione di energia





ombre dovute a
elementi naturali
o architettonici

In particolare va evitato l'ombreggiamento reciproco dei pannelli posizionati a schiera

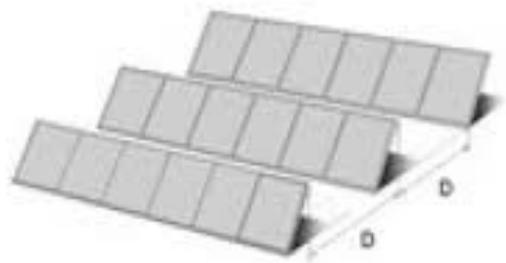


Figura 1

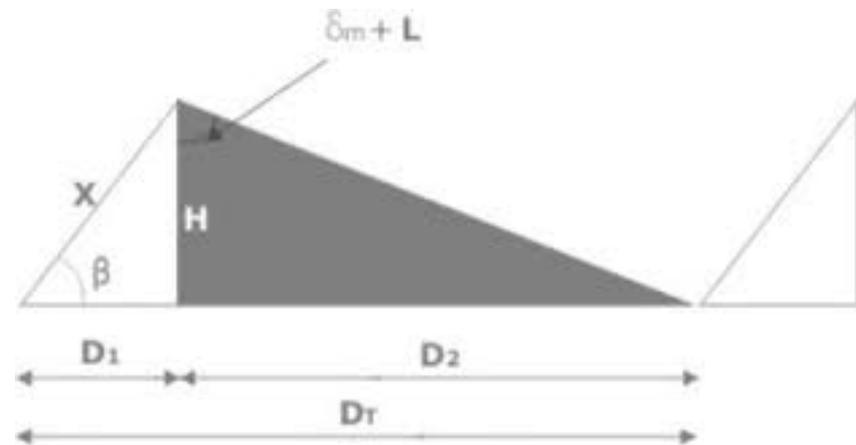
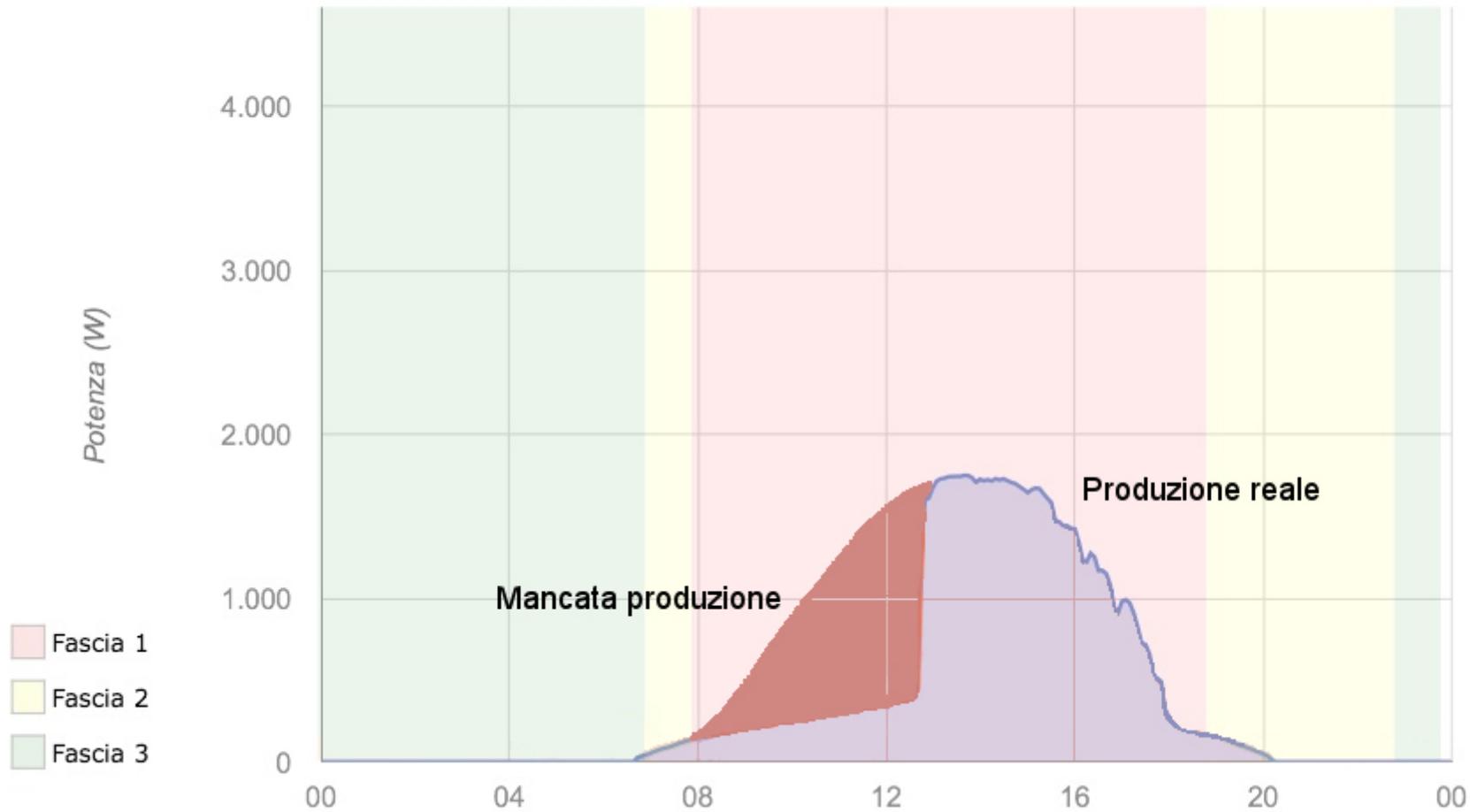


Grafico giornaliero della potenza: produzione



Riduzione della produzione di energia a causa dell'ombreggiamento occasionale dei pannelli

Del tutto imponderabile, naturalmente, è l'effetto di ombreggiamento dovuto alla nuvolosità del cielo.

Si possono solo fare valutazioni statistiche riguardo alla media annua di giornate nuvolose del luogo di installazione sulla base delle osservazioni meteorologiche



POTENZA PRODUCIBILE DA UN IMPIANTO SOLARE

- **POTENZA DI PICCO** P_p è il valore massimo che l'impianto può produrre nelle condizioni ottimali di funzionamento; si ricava dai calcoli di progetto
- **POTENZA MEDIA** P_m è il valore medio effettivamente prodotto dall'impianto; si ricava dalla misurazione dell'energia realmente prodotta in un determinato periodo di tempo rapportata al tempo stesso
- Le potenze sono espresse in Watt o relativi multipli (kW, MW, GW etc.)