



# Raccolta Accumulo Distribuzione Energia

Workshop Earthship Inspired

Ing. Dario Bagnus

---

# ENERGIA SOLARE

## dimensionamento

valutazione fabbisogno  
radiazione disponibile

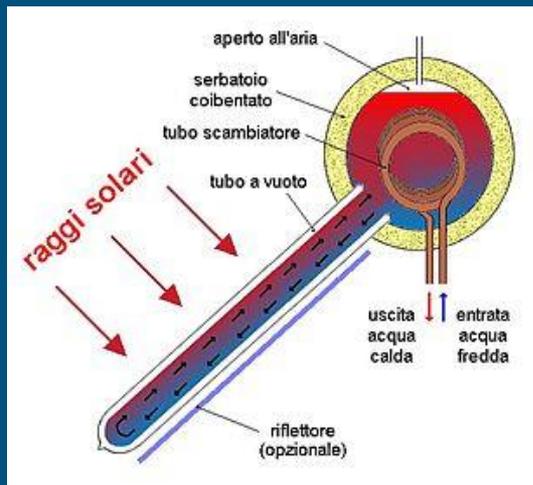
*NB: periodo invernale sfavorito*

## progettazione

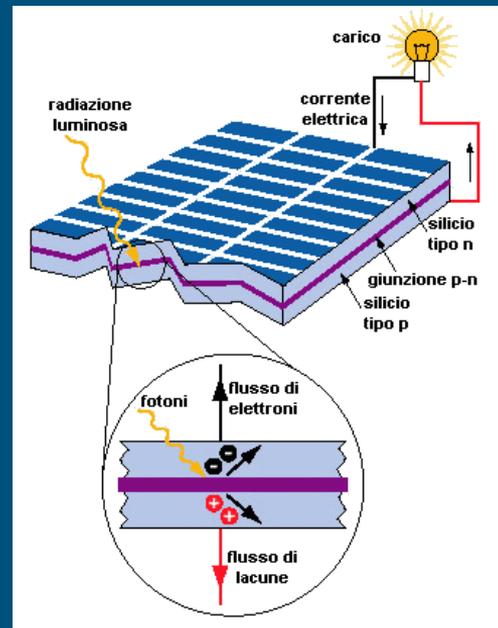
schemi d'impianto  
scelta componenti

*passo successivo*

Solare termico  
↓  
acqua calda sanitaria



Fotovoltaico  
↓  
energia elettrica



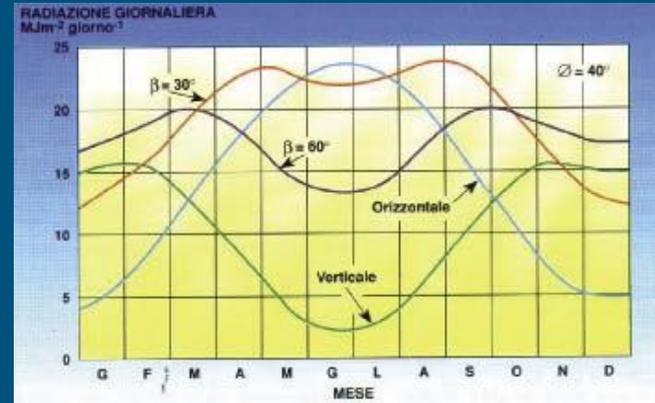
# DIMENSIONAMENTO SOLARE TERMICO

Vanno stabiliti: superficie captazione e volume accumulo

grado di utilizzo  $GU = Q_{\text{sol. acc.}} / Q_{\text{sol. irr.}}$  da massimizzare nel periodo invernale

grado copertura solare:  $GCS = Q_{\text{sol.}} / Q_{\text{tot.}} = 100\%$

in funzione della destinazione d'uso...



radiazione incidente in funzione dell'inclinazione

# FABBISOGNO ACQUA CALDA SANITARIA

L'energia termica richiesta  $Q_w$  per soddisfare il fabbisogno di acqua calda sanitaria di un edificio in funzione del volume di acqua richiesto e della differenza fra le temperature di erogazione e dell'acqua fredda in ingresso è data da:

$$Q_w = \rho_w \times c_w \times \sum_i [V_{w,i} \times (\theta_{er,i} - \theta_0)] \times G \quad [\text{kWh}] \quad (27)$$

dove:

$\rho_w$  è la massa volumica dell'acqua, ipotizzabile pari a 1000 [kg/m<sup>3</sup>];

$c_w$  è il calore specifico dell'acqua, pari a 1,162 \* 10<sup>-3</sup> [kWh/(kg × K)];

$V_{w,i}$  è il volume di acqua giornaliero per l'i-esima attività o servizio richiesto espresso in metri cubi al giorno;

$\theta_{er,i}$  è la temperatura di erogazione dell'acqua per l'i-esima attività o servizio richiesto [°C];

$\theta_0$  è la temperatura dell'acqua fredda in ingresso [°C];

$G$  è il numero di giorni del periodo di calcolo considerato [d].

## Volume di acqua richiesto per edifici residenziali

Per gli edifici residenziali il volume di acqua richiesto  $V_w$ , espresso in litri/giorno, è calcolato come:

$$V_w = a \times S_u + b \quad [\text{l/giorno}] \quad (28)$$

dove:

$a$  è un parametro in litri/(m<sup>2</sup> giorno) ricavabile dal prospetto 30;

$b$  è un parametro in litri/(giorno) ricavabile dal prospetto 30;

$S_u$  è la superficie utile dell'abitazione espressa in metri quadri.

## Volume di acqua richiesto per altre tipologie di edifici

Per gli edifici non residenziali il volume di acqua richiesto  $V_w$ , espresso in litri/giorno, è calcolato come:

$$V_w = a \times N_u \quad [\text{l/giorno}] \quad (29)$$

dove:

$a$  è il fabbisogno specifico giornaliero in litri/(giorno ×  $N_u$ ) ricavabile dal prospetto 31;

$N_u$  è un parametro variabile in funzione del tipo di edificio ricavabile dal prospetto 31.

fonte: UNI/TS 11300-2 2014, capitolo 7



# ESEMPIO CALCOLO (Prima)

$$Q_w = \rho_w \times c_w \times \sum_i [V_{scuole} \times (\theta_{er} - \theta_0)] \times G_{utilizzo} =$$
$$= 1000 \times 1,162 \cdot 10^{-3} \times [0,2 \cdot 10 \times (35-10)] \times 15 = 871,5 \text{ kWh/mese}$$

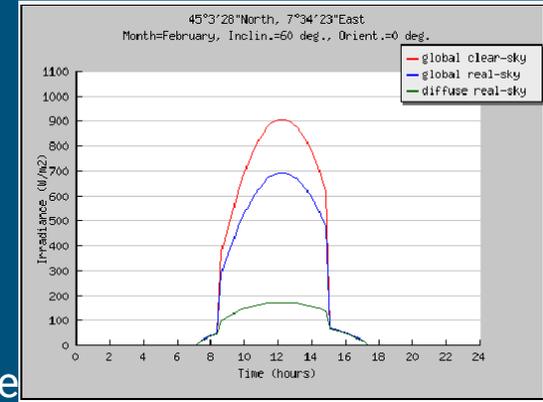
energia captata con inclinazione 60° - febbraio: 107 kWh/m<sup>2</sup>

rendimento invernale pannello solare sottovuoto ~ 50%

energia utile:  $Q_{ut} = H_m \times \eta = 107 \times 0,5 = 53,5 \text{ kWh/m}^2$

superficie necessaria:  $S_{sol} = Q_w / Q_{ut} = 16,29 \text{ m}^2 \sim 6 \text{ pannelli}$

accumulo necessario ~ 60 l/m<sup>2</sup> pannelli ~ 1.000 litri



Fixed system: inclination=60 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	2.14	66.3	2.64	81.9
Feb	3.08	86.2	3.82	107
Mar	4.11	127	5.19	161
Apr	3.78	114	4.88	146
May	3.75	116	4.97	154
Jun	3.77	113	5.09	153
Jul	4.03	125	5.53	172
Aug	4.04	125	5.54	172
Sep	3.94	118	5.27	158
Oct	2.95	91.4	3.86	120
Nov	2.05	61.5	2.61	78.2
Dec	2.04	63.2	2.52	78.1
Year	3.31	101	4.33	132
Total for year		1210		1580

# DIMENSIONAMENTO FOTOVOLTAICO

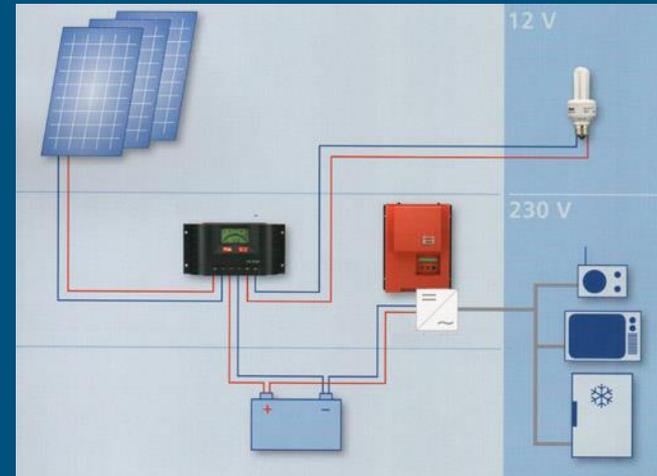
Vanno stabiliti: superficie captazione e capacità batterie

ad isola (stand alone) *OFF GRID*

(moduli, inverter CC/CA, centralina controllo, utenze e batterie)

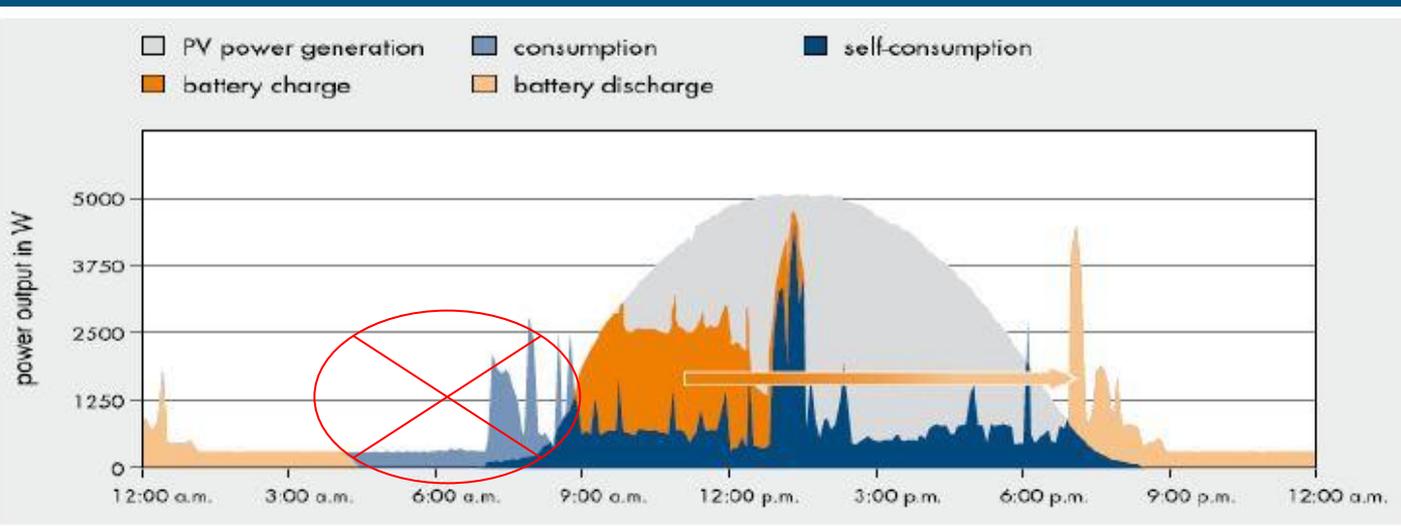
in funzione degli elettrodomestici da alimentare

(illuminazione led, pompe acqua, frigorifero, lavatrice, antifurto)



schema di impianto semplificato

# DIMENSIONAMENTO FOTOVOLTAICO

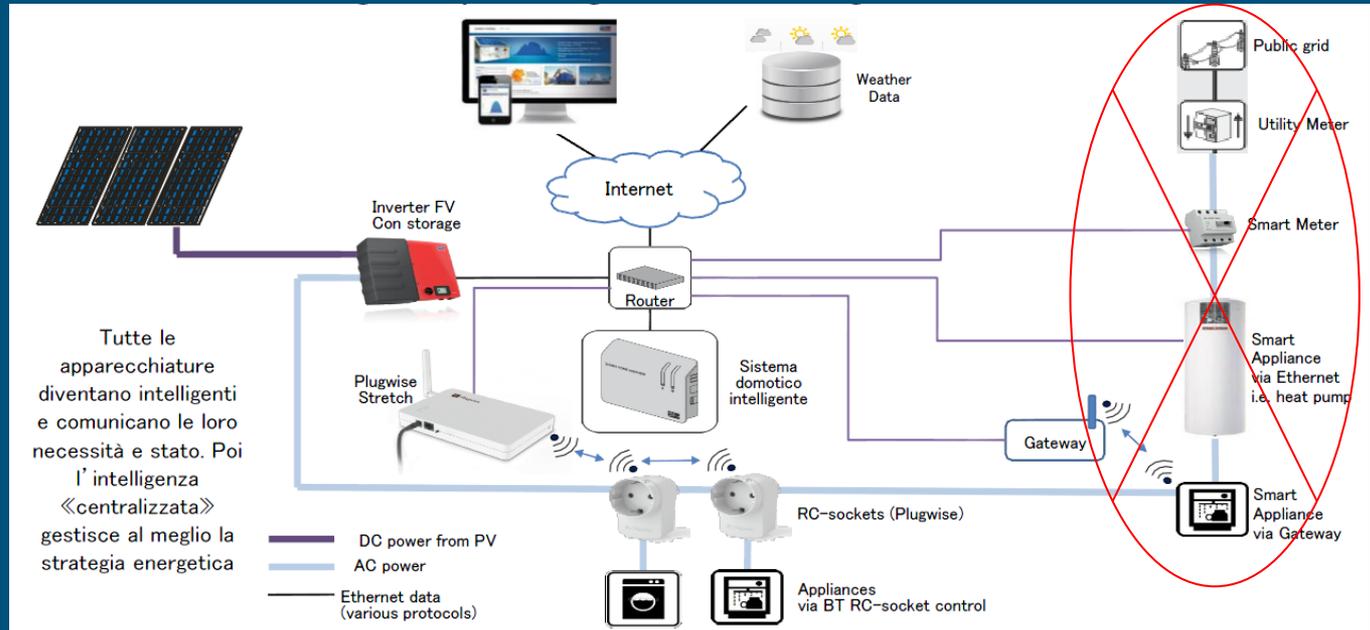


*dati reali impianto fotovoltaico con accumulo*



# POWER ORGANIZING MODULE

Gestione mirata temporale dei carichi (domotica)



# CARICHI ELETTRICI

potenza e consumo da schede tecniche elettrodomestici

tempo in base all'utilizzo

$$E_{el,m}[\text{kWh}] =$$

$$= P [\text{W}] \times t [\text{h}] = I [\text{A}] \times V [\text{V}] \times t [\text{h}]$$

Apparecchio	Potenza assorbita [W]		Durata [minuti]		Utilizzi / giorno	Energia media giornaliera [kWh]
	Intervallo	Media	Intervallo	Media		
Lavabiancheria	650÷1000	825	60÷110	85	1,0	1,17
Lavastoviglie	450÷750	600	70÷130	100	1,0	1,00
Ferro da stiro	700÷1000	850	30÷60	45	0,5	0,32
Aspirapolvere	800÷1200	1000	10÷30	20	1	0,33
Computer, stampanti, ecc.	200÷300	250	-	200	1	0,83
<b>Totale</b>						<b>3,65</b>

Energia in uscita								
Dispositivo	Voltaggio	Wattaggio	Corrente	ore/giorno estate	ore/giorno inverno	efficienza inverter	Tot giornaliero estate (Ah)	Tot giornaliero inverno (Ah)
<b>A corrente DC</b>								
Friigo	24.00	140.00	5.83	18.00	12.00	n/a	105.00	70.00
Pompa 1	24.00	6.00	0.25	8.00	8.00	n/a	2.00	2.00
Pompa 2	24.00	6.00	0.25	8.00	8.00	n/a	2.00	2.00
<b>A corrente AC</b>								
Computer 1	24.00	30.00	1.25	8.00	8.00	0.90	11.11	11.11
Computer 2	24.00	30.00	1.25	8.00	8.00	0.90	11.11	11.11
Computer 3	24.00	30.00	1.25	8.00	8.00	0.90	11.11	11.11
Stampante inkJet	24.00	50.00	2.08	4.00	4.00	0.90	9.26	9.26
Proiettore	24.00	800.00	3.33	1.00	1.00	0.90	37.04	37.04
Stereo	24.00	75.00	3.13	4.00	4.00	0.90	13.89	13.89
<b>Totale Ah/giorno DOMANDA</b>							<b>202.52</b>	<b>167.52</b>

*Esempi carichi ed ore utilizzo (da aggiornare e personalizzare)*

# ESEMPIO DI CALCOLO (Prima)

$$E_{el,m} = 167,52 \text{ Ah} \times 24 \text{ V} = 4,02 \text{ kWh/giorno}$$

$$E_{el,m} = 4,02 \times 31 = 124,63 \text{ kWh/mese}$$

en. el. prodotta con inclinazione  $60^\circ$  - dicembre: 63,2 kWh/kWp

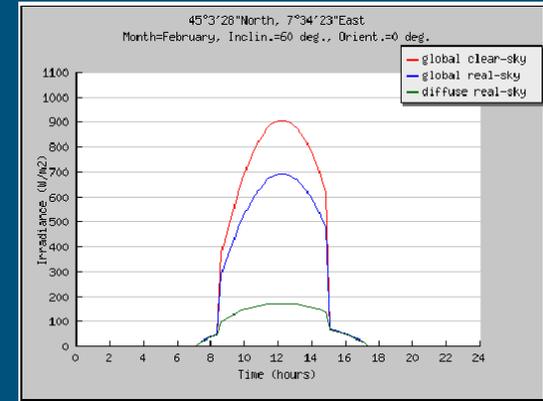
$$P_n = E_{el,m} / E_m = 124,63 / 63,2 = 1,97 \text{ kWp}$$

n° moduli =  $1,97 / 0,25 \sim 8$  moduli fotovoltaici

superficie necessaria:  $S_{fv} = 8 \times 1,6 = 12,62 \text{ m}^2$

capacità batterie necessarie per 2 giorni  $\sim 8 \text{ kWh}$

*(modello batterie scelto in funzione di tempo di ricarica, vita utile, ecc.)*



Fixed system: inclination=60 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	2.14	66.3	2.64	81.9
Feb	3.08	86.2	3.82	107
Mar	4.11	127	5.19	161
Apr	3.78	114	4.88	146
May	3.75	116	4.97	154
Jun	3.77	113	5.09	153
Jul	4.03	125	5.53	172
Aug	4.04	125	5.54	172
Sep	3.94	118	5.27	158
Oct	2.95	91.4	3.86	120
Nov	2.05	61.5	2.61	78.2
Dec	2.04	63.2	2.52	78.1
Year	3.31	101	4.33	132
Total for year		1210		1580

# RADIAZIONE SOLARE

energia radiante: diretta, indiretta, diffusa

quella convertibile in energia elettrica dipende da:

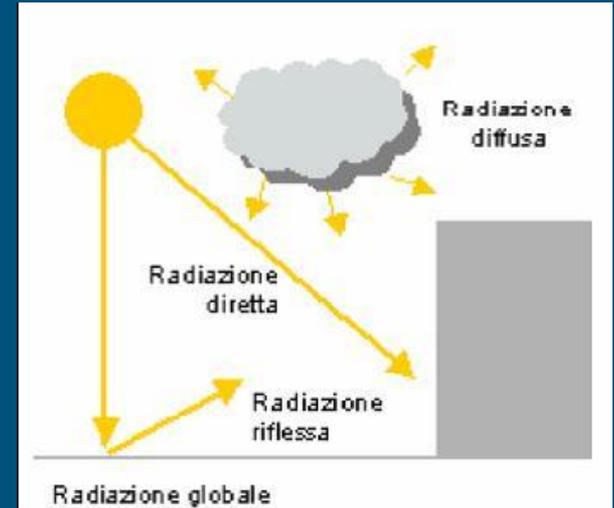
ora del giorno

periodo dell'anno

posizione geografica (latitudine  $\sim 45^\circ$  nord)

inclinazione moduli (da ottimizzare)

orientamento moduli (sud)



**DATI e CALCOLI FORNITI DA PVGIS!**

database misure registrate a terra e calcoli basati su dati satellitari

# PVGIS Photovoltaic Geographical Information System

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Dati di ingresso:  
dati geografici

inclinazione (ottimizzare)

azimuth: 0° (sud)

orizzonte (file con angoli)

dettaglio risultati nelle 2 pagine  
successive

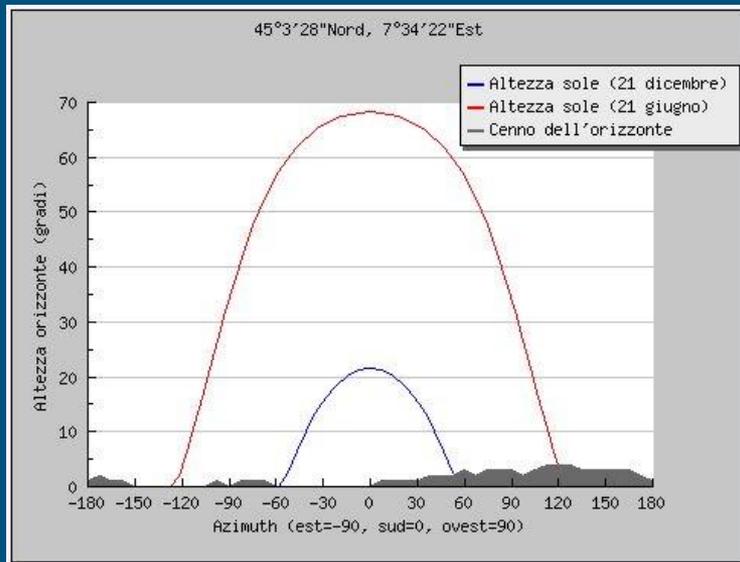
FV autonomo...?

The screenshot shows the PVGIS web application interface. The top navigation bar includes the JRC logo and the text "Sistema informazioni geografiche per il fotovoltaico - mappe interattive". The main content area features a map of a location in Italy (Via Fratelli Bandiera Grugliasco) with a red pin. The right sidebar contains various configuration options for PV system performance, including "Calcolatrice FV" (highlighted with a red circle), "Irraggiamento mensile", "Irradianza giornaliera", and "FV autonomo". The "Calcolatrice FV" section includes options for database, technology, power, losses, and mounting options. The "FV autonomo" section includes options for orientation and output format.



# PVGIS Photovoltaic Geographical Information System

dati in uscita: tabelle numeriche e grafici



Sistema fisso: inclinazione=35°, orientamento=0°

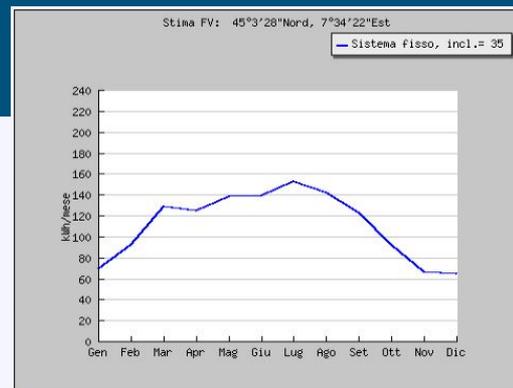
Mese	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Gen	2.22	68.9	2.70	83.6
Feb	3.28	91.9	4.03	113
Mar	4.15	129	5.25	163
Apr	4.17	125	5.38	161
Mag	4.45	138	5.91	183
Giu	4.65	139	6.29	189
Lug	4.93	153	6.77	210
Ago	4.59	142	6.32	196
Set	4.09	123	5.47	164
Ott	2.97	92.1	3.86	120
Nov	2.20	66.1	2.74	82.3
Dic	2.08	64.4	2.51	77.9
<b>Media annuale</b>	<b>3.65</b>	<b>111</b>	<b>4.77</b>	<b>145</b>
<b>Totale per l'anno</b>		<b>1330</b>		<b>1740</b>

$E_d$ : Produzione elettrica media giornaliera dal sistema indicata (kWh)

$E_m$ : Produzione elettrica media mensile dal sistema indicata (kWh)

$H_d$ : Media dell'irraggiamento giornaliero al metro quadro ricevuto dai pannelli del sistema ( $\text{kWh/m}^2$ )

$H_m$ : Media dell'irraggiamento al metro quadro ricevuto dai pannelli del sistema ( $\text{kWh/m}^2$ )



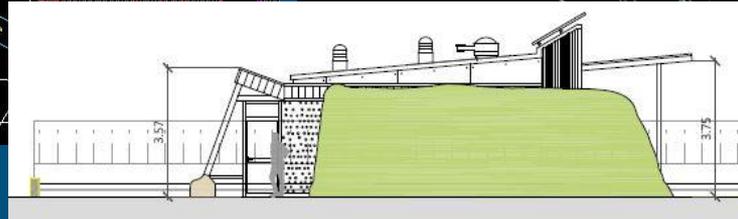
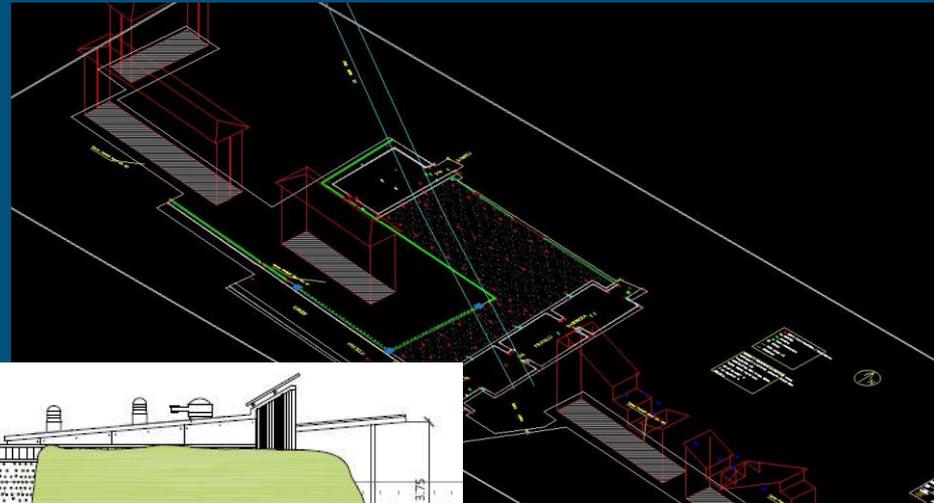
# ESPOSIZIONE (Prima)



orizzonte causa di ombreggiamento: calcolo angoli (tilt) con trigonometria

$$\text{tilt [rad]} = \arctan(H/D)$$

$$\text{tilt [}^\circ\text{]} = \text{tilt [rad]} * 180 / \pi$$



# IRRAGGIAMENTO (Prima)

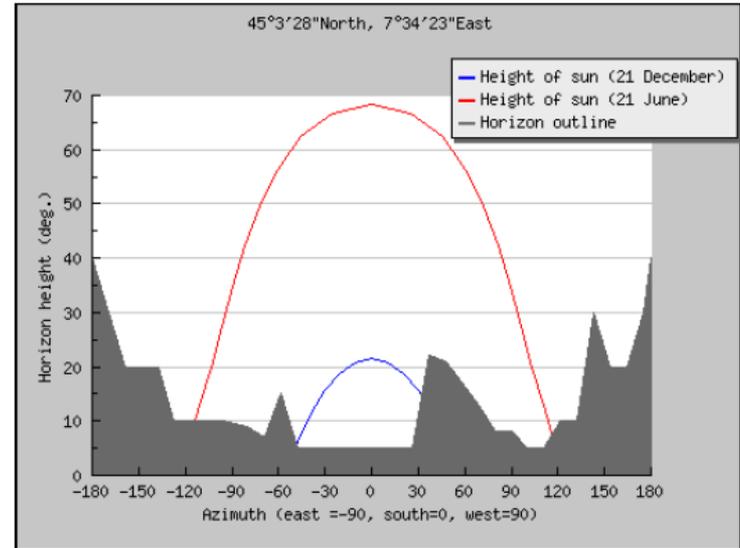
Fixed system: inclination=60 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	2.14	66.3	2.64	81.9
Feb	3.08	86.2	3.82	107
Mar	4.11	127	5.19	161
Apr	3.78	114	4.88	146
May	3.75	116	4.97	154
Jun	3.77	113	5.09	153
Jul	4.03	125	5.53	172
Aug	4.04	125	5.54	172
Sep	3.94	118	5.27	158
Oct	2.95	91.4	3.86	120
Nov	2.05	61.5	2.61	78.2
Dec	2.04	63.2	2.52	78.1
Year	3.31	101	4.33	132
Total for year		1210		1580

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)



Outline of horizon with sun path for winter and summer solstice

# CONCLUSIONI

---

dimensionamento

valutazione fabbisogno  
radiazione disponibile

*NB: periodo invernale sfavorito*

