UNIVERSITA' DELLE TRE ETA' GIAVENO

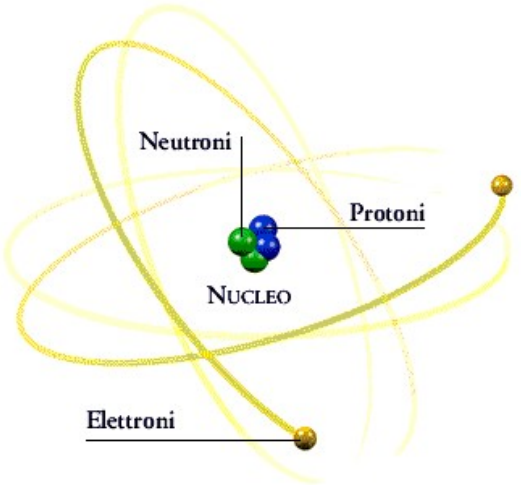
CORSO D'IMPIANTI ELETTRICI .

Produzione domestica di elettricità . Fotovoltaico .

LEZIONE 1 . Come funziona e perché. *Premessa.*

Tra i diversi modi con cui si può produrre una corrente elettrica il sistema fotovoltaico rappresenta quello che più si presta alla produzione domestica in piccole dimensioni ed alla produzione locale per impianti di grandi dimensioni .

Come già spiegato nelle lezioni degli anni precedenti l'elettricità è una proprietà naturale dei materiali. Essa è associata a piccolissime particelle che costituiscono la materia , queste particelle si chiamano atomi e sono composti ,secondo un modello universalmente accettato, da un nucleo formato da particelle dette "***protoni*** " e " ***neutroni*** " intorno al quale ruotano particelle più piccole chiamate " ***elettroni*** ". I protoni sono dotati di una carica elettrica elementare positiva (+) , gli elettroni hanno una carica elettrica negativa (-) mentre i neutroni non hanno carica elettrica.



Modello di rappresentazione di un atomo .

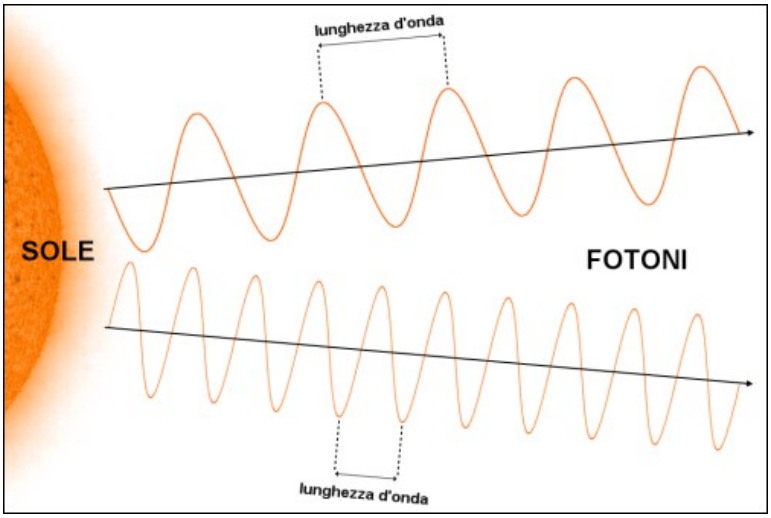
In natura la materia è costituita da elementi aventi atomi tra loro

differenti e sono stati classificati secondo il numero di protoni presenti in ciascun nucleo , esso è denominato "***numero atomico*** ". In ogni atomo il numero dei protoni e uguale al numero degli elettroni ,per cui l'atomo è elettricamente in equilibrio . Gli elettroni ruotano intorno al nucleo ad alta velocità per compensare la forza che li attrae al nucleo e sono posizionati su orbite sempre più distanti dal nucleo secondo il numero di elettroni che devono essere posizionati , chiamate anche "***livelli energetici***". Ora la forza di attrazione che il nucleo esercita sugli elettroni più esterni determina le proprietà dei diversi elementi presenti in natura . Infatti la materia in natura si presenta allo stato di solido , liquido e gassoso ed è possibile passare da uno stato all'altro variando il valore di temperatura . Elettricamente gli elementi sono classificati in **conduttori** , **semiconduttori** , **isolanti** . I conduttori sono tutti gli elementi classificati come metalli, gli altri elementi manifestano proprietà dei semiconduttori e degli isolanti . I conduttori hanno nell'ultima orbita gli elettroni sottoposti da una debole forza del nucleo per cui possono facilmente spostarsi all'interno ed all'esterno del materiale se interessati da una forza esterna . Tra i materiali semiconduttori fu osservato del fisico francese Bequerel che se interessati alla luce diretta in essi si manifestava un movimento di elettroni , cioè una corrente elettrica e che il suo valore di intensità dipendeva dalla quantità di luce che agiva sul materiale semiconduttore . Uno in particolare chiamato silico (Si in chimica)presentava caratteristiche migliori ed era abbondante in natura . Il silicio è il componente principale del vetro , che chimicamente è diossido di silicio e si trova abbondante nelle rocce in è presente il quarzo in cristalli . L'industria elettronica dopo la 2^ guerra mondiale ha avuto un enorme sviluppo utilizzando appunto il silicio per la fabbricazione dei componenti degli apparati . Diodi ,transistor sono in larga parte fatti di silicio .

Al fenomeno del movimento di elettroni nel silicio sottoposto alla luce è

stato dato il nome di ***fotovoltaico*** ,da una parola del greco antico *fotos* , luce , e *volt* dalla definizione di potenziale elettrico in onore di A.Volta .

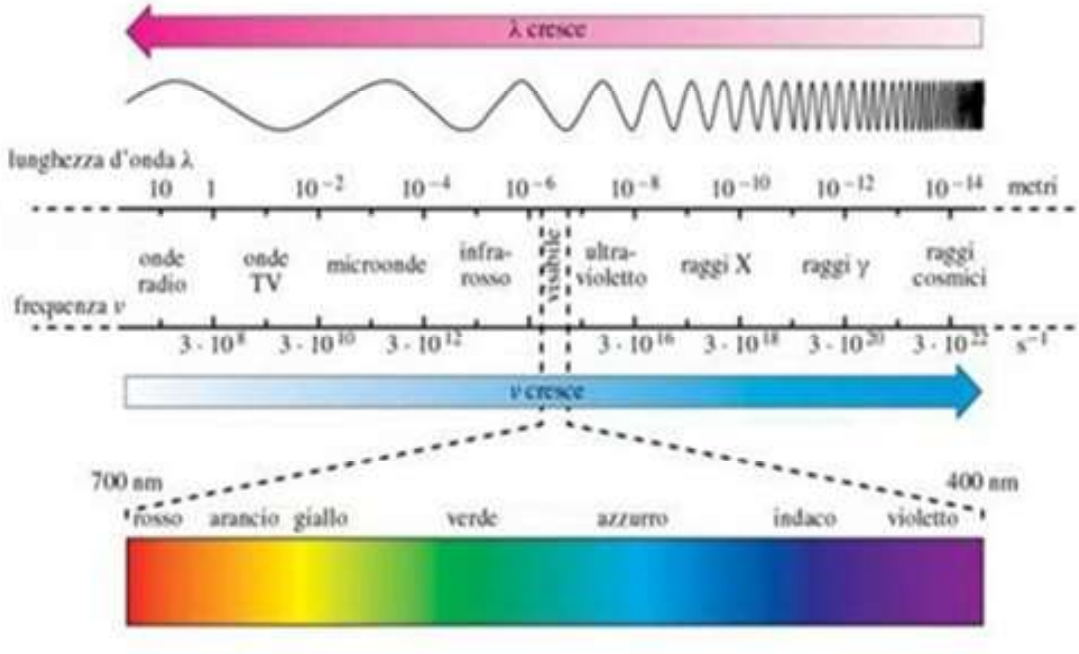
La luce da noi così chiamata è una radiazione di energia generata dalle reazioni di fusione atomica che avvengono nelle stelle , come il nostro Sole , e in tutti i componenti della materia sottoposti ad alta temperatura , metalli riscaldati o legna che brucia . Questa radiazione di energia si propaga nello spazio circostante come una onda elettromagnetica la cui particella elementare è chiamata ***fotone*** .



Fotoni di varie frequenze emessi dal Sole

Il *fotone* elementare irradiato dalla fonte che lo genera possiede tanta energia quanto più alta è la frequenza dell'onda su cui viaggia nello spazio . I fenomeni elettromagnetici sono rappresentati su una scala di valori di frequenza e lunghezza d'onda . Sappiamo che la radiazione elettromagnetica si propaga alla velocità di 300.000 km/sec, la frequenza è il numero si oscillazioni complete di questa onda nel tempo di 1 secondo ,si misura in Hertz , la lunghezza d'onda è lo spazio che percorre

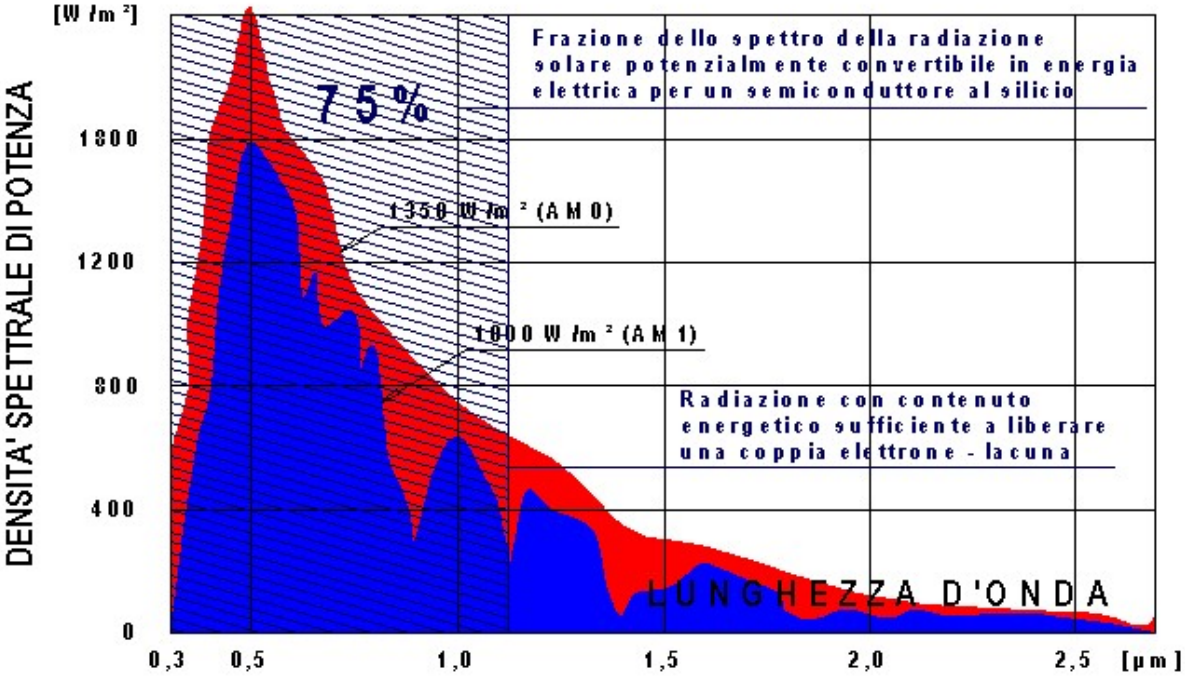
una oscillazione completa che si sposta alla velocità di 300.000 km/sec , si misura in metri . Tutte le frequenze delle radiazioni sono rappresentate in uno spettro .



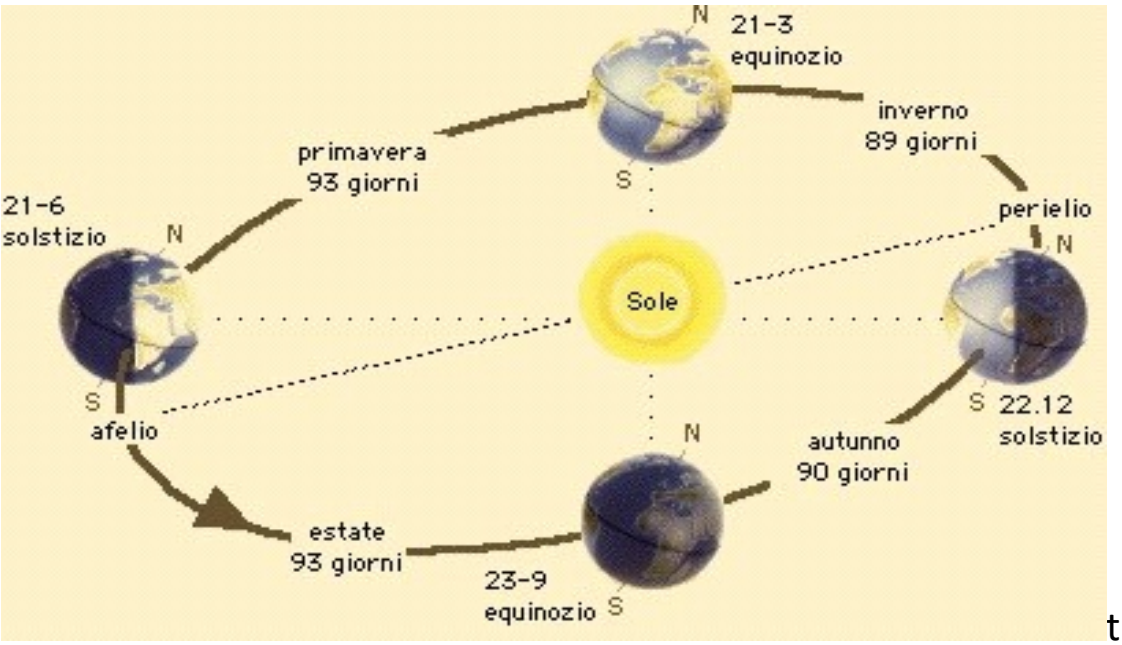
Nello spettro delle radiazioni elettromagnetiche c'è una zona piccolissima detta luce visibile , ed è rappresentata da valori di frequenza di miliardi di Hertz e lunghezze d'onda da 700 nm a 400 nm . Il questo intervallo le radiazioni vengono percepite dai nostri occhi con dei colori , dal rosso al violetto, e le radiazioni più lunghe sono dette infrarosso quelle più corte ultravioletto. Tra i due estremi abbiamo una infinità di sfumature ed ad ogni colore il relativo *fotone* ha una sua quantità energetica.

Tutta l'energia che permette la vita sulla terra arriva dal Sole, essa è generata dalla fusione nucleare di atomi di idrogeno (H) formando atomi di elio (He) con emissione di grande quantità di energia che si manifesta in calore e luce . Questa energia è quantizzata per unità di superficie , viene considerato il metro quadro m^2. Da 1 m^2 di superficie del sole si irradiano circa 5000 W di potenza termica e luminosa , percorrendo la distanza media di 150.000.000 di km nello spazio fuori atmosfera si hanno 1350 W , questa radiazione attraversa l'atmosfera e parte si disperde e

parte viene riflessa nello spazio per cui al suolo giungono circa 1000 W se perpendicolare. Questa quantità di energia è quella che governa la vita sulla terra e determina i fenomeni atmosferici .

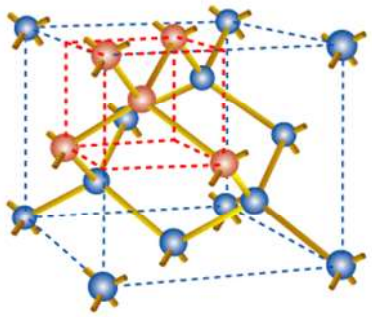


Il diagramma mostra come la potenza della radiazione utile , zona blu , che arriva al suolo ha il valore massimo sui 500 nm di lunghezza . La zona tratteggiata indica la quantità di radiazione utile ai fini dello sfruttamento del fenomeno fotovoltaico . Tale quantità energetica incidente al suolo varia da zona a zona e segue il corso delle stagioni . Nel solstizio d'inverno il sole è perpendicolare al tropico del Capricorno , nel solstizio d'estate il sole è perpendicolare al tropico del Cancro , negli equinozi primaverile ed autunnale il sole è perpendicolare all'Equatore .

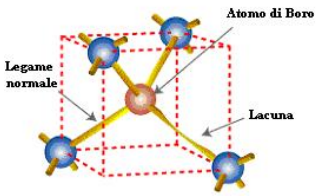


tutto questo è causato dall'inclinazione dell'asse di rotazione della terra su se stessa rispetto al piano dell'orbita intorno al sole di 23,30°.

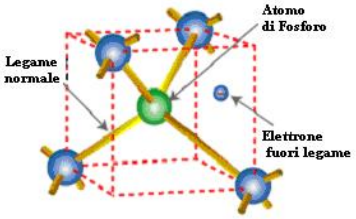
Per poter effettuare la conversione dell'energia dei fotoni in corrente elettrica in modo più efficace si sono approntati dei dispositivi derivati dall'industria elettronica ,le ***celle fotovoltaiche.*** Come detto in precedenza il materiale più utilizzato per costruire le celle è il silicio , ricavato dalla fusione e riduzione del vetro , in chimica diossido di silicio (SiO_2) . Il silicio è un solido in cui gli atomi hanno 4 elettroni detti di valenza che vengono scambiati con altri atomi vicini così da formare un reticolo cristallino solido .



Cristallo naturale



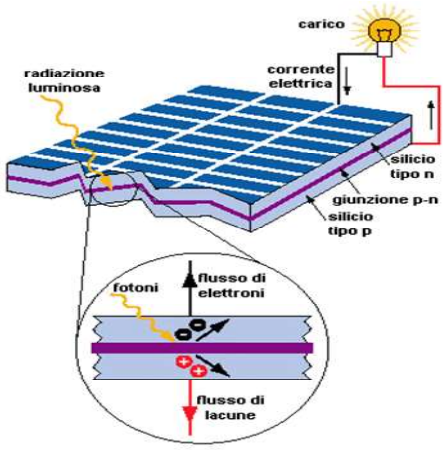
Drogaggio con Boro

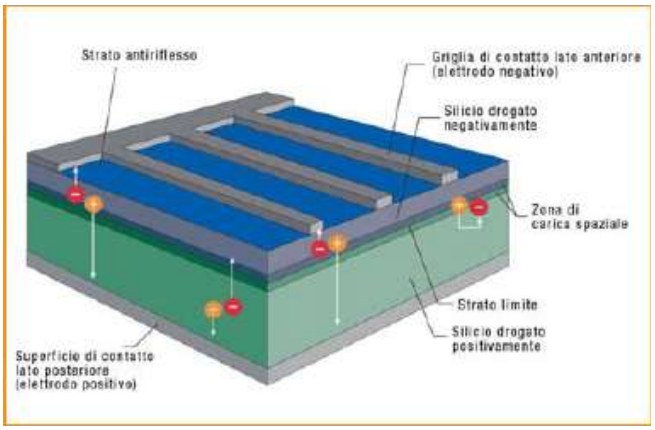


Drogaggio con Fosforo

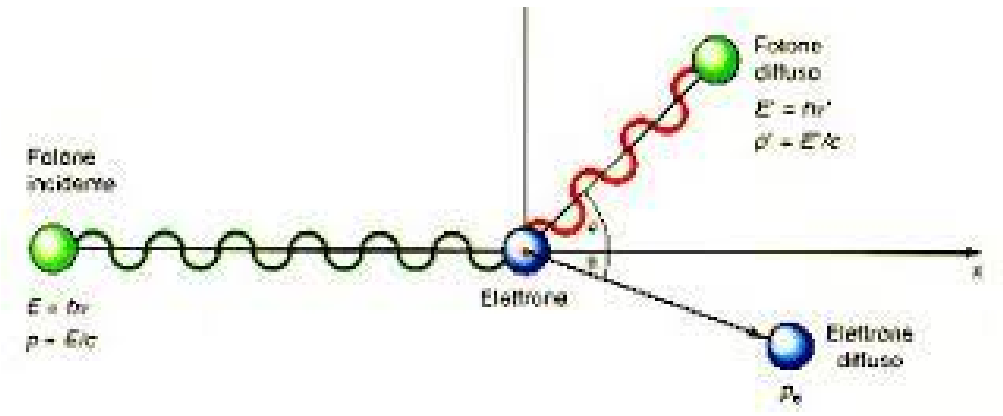
Allo stato naturale il silicio è un semiconduttore per cui per renderlo attivo si esegue una operazione detta di drogaggio dove alcuni atomi di

silicio vengono sostituiti da atomi di Boro di valenza 3 e con atomi di Fosforo di valenza 5 . Col drogaggio con il Boro si ottiene un cristallo detto tipo P (positivo) elettricamente attivo , mentre col drogaggio con il Fosforo si ottiene un cristallo detto tipo N (negativo) anch'esso elettricamente attivo. La cella fotovoltaica è dunque costruita tagliando lamine sottili di questi cristalli P e N ed unendoli insieme.



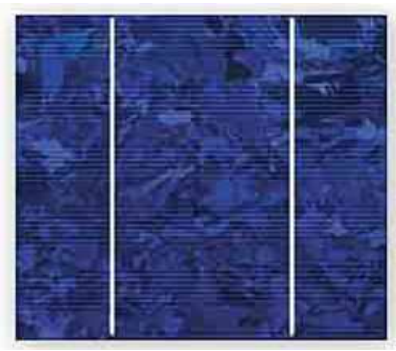


Quando si uniscono le due lamine gli elettroni in accesso nel cristallo N tendono a migrare nel cristallo P dove ci sono delle lacune a causa del Boro , ma venendo respinti rimangono concentrati nella zona di separazione tra le due fette di cristallo. Le fette si cristallo sono molto sottili ,quelle di tipo N hanno lo spessore di 150 micron e quelle di tipo P hanno lo spessore di 350 micron, insieme sono spesse 500 micron , cioè 0,5 mm. La cella viene esposta con il lato N più sottile alla radiazione solare e quando i fotoni penetrano nella sona di giunzione quelli con sufficiente energia riescono a liberare uno o più elettroni bloccati e li rendono liberi nel cristallo tipo P .

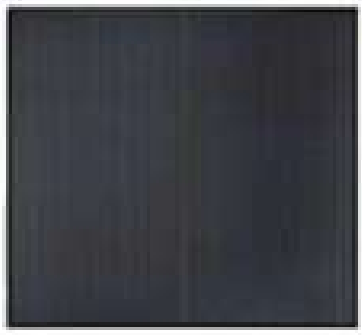


Il campo elettrico della zona di giunzione li respinge alla parte opposta ed essi si accumulano generando una tensione elettrica positiva con eccesso di elettroni , dalla parte opposta del cristallo tipo N vengono richiamati elettroni per compensare quelli respinti . Si viene quindi a formare un generatore elettrico di corrente continua con il polo positivo sul lato P ed il polo negativo sul lato N . Per collegare elettricamente questo dispositivo ai circuiti esterni vengono posti sul lato N una griglia metallica che fa passare la luca e sul lato P una piastra completa . La piastra sarà il polo positivo (+) e la griglia il polo negativo (-). Collegando la cella ad un circuito esterno si avrà un passaggio di corrente elettrica dal polo positivo el polo negativo attraverso un apparecchio elettrico , esempio una lampadina . In una cella al silicio il valore della tensione prodotta è costante 0,6 V cc ,mentre il valore della corrente varia in rapporto alla quantità di luce che colpisce la cella e quindi dal numero di fotoni sufficientemente energetici che liberano gli elettroni . Questa corrente continua si misura in ampere A ed il suo valore dipande dalle dimensioni della cella, attualmente le celle sono di varie grandezze per essere utilizzate in varie applicazioni . Attualmente i tipi di cella maggiormente utilizzate sono quelle cristalline e quelle amorfe, in più per applicazioni particolari ci sono celle a film sottile , a concentrazione, multi strato , ibride.

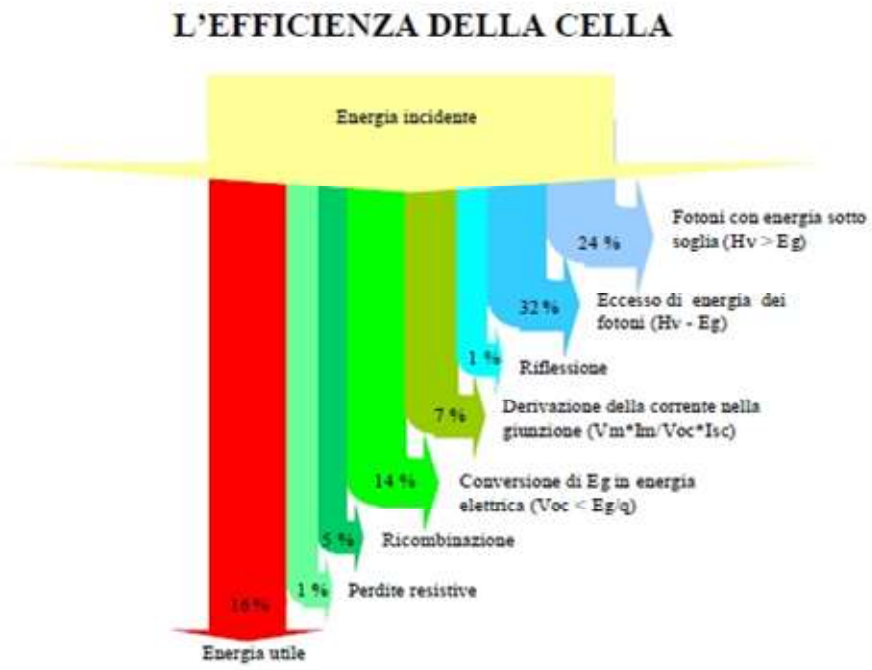
Cella mono cristallina



Cella poli cristallina



Cella amorfa



Le celle di silicio monocristallino hanno una efficienza di conversione del 14 -:- 21 % , quelle di policristalline dal 12 -:- 16 % ,mentre quelle amorfa non superano il 9 %. Per poter ottenere il massimo valore di efficienza occorre che la radiazione luminosa incida perpendicolarmente sulla superficie della cella . Per irragiamento che giunge sulla cella con angoli diversi da 90° l'efficienza si riduce progressivamente con la riduzione di questo angolo . Per valutare l'efficienza di una si fa riferimento alla radiazione standard di 1000 W/m2 in condizioni di AM 1,5 , cioé quando la radiazione giunge al suolo con un angolo di 45° , temperatura di 25 °C .

Per capire perché funziona dobbiamo riferirci alla energia di legame che trattiene l'elettrone al nucleo dell'atomo di appartenenza . Per questa energia si usa l'unità di misura detta eV elettron-volt che rappresenta una piccolissima parte dell'unità di energia misurata in J (joule) .

1 eV = 1,602 x 10^{-19} J

Si evidenzia che 1 J = 1 W (watt) * 1 sec . dove 1 W = 1 V (volt) x 1 A (ampere) .

. L'energia che possiede il ***fotone*** dipende dalla frequenza della sua onda di propagazione moltiplicato un numero fisso h chiamato ***costante di Planch*** .

Rappresentato dalla formula

Ef = h * f dove

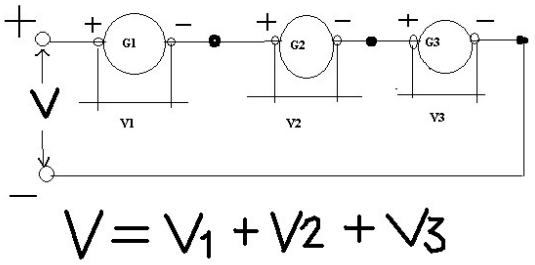
h = 6,626 x 10^{-34} Js ; f = frequenza di un determinato ***fotone*** .

Tutti i fotoni di una stessa frequenza f hanno la stessa energia che viene anch'essa misurata in eV . Ad ogni frequenza diversa corrisponde una diversa energia dei fotoni. Per il silicio l'energia di legame dell'elettrone di valenza è pari a 1,08 eV, per cui solo i fotoni che hanno una energia superiore riescono a rompere il legame dell'elettrone del silicio e renderlo libero di muoversi all'interno della cella e da questa al circuito esterno . Possiamo avere fotoni con energia doppia o tripla in grado di liberare due o tre elettroni contemporaneamente , in questo caso aumenta l'efficienza della cella in corrispondenza di tale valore. Comunque non dobbiamo dimenticare che insieme alla luce la cella riceve calore dal sole che ne aumenta la temperatura e si riduce così il valore di corrente che può passare attraverso la cella limitandone l'efficienza .

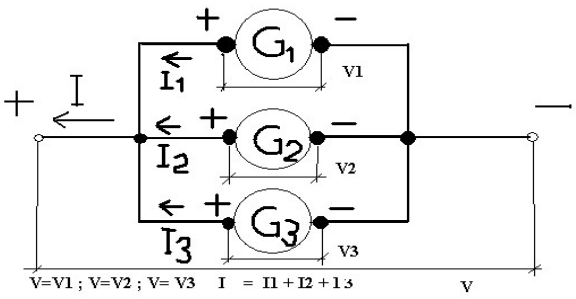
Lezione 2

Come si utilizza il fotovoltaico , costruzione degli impianti.

Le celle fotovoltaiche esposte alla radiazione diretta del sole o qualsiasi altra fonte di luce si comportano come generatori di corrente continua e ne conservano le proprietà di tutti i generatori quando vengono collegati tra loro sia in modo serie che in modo parallelo. Si collegano in serie quando si vuole ottenere una tensione elettrica ai poli estremi pari alla somma aritmetica delle tensioni di ciascun generatore , mantenendo la corrente al valore uguale per tutti . Si collegano in parallelo quando si vuole mantenere la tensione ai poli di uscita uguale per tutti e la corrente uguale alle somma delle correnti di ciascun generatore.



Collegamenti in serie

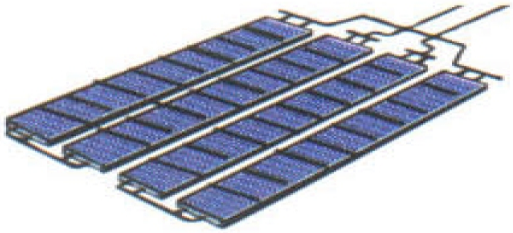


Collegamenti in parallelo

La potenza elettrica complessiva è la somma delle singole potenze .

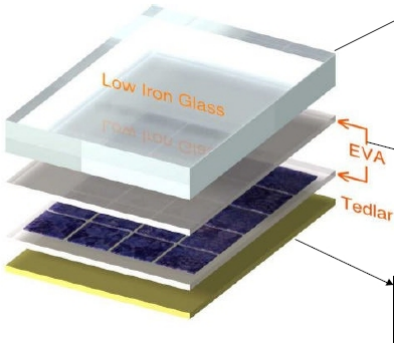
Una cella la silicio fornisce ai suoi poli una tensione continua di 0,6 V, mentre la corrente in condizioni di irraggiamento standard dipende dalla grandezza della cella . Per poter avere valori di tensione utile alle applicazioni impiantistiche si eseguono i collegamenti in serie di un certo numero di celle. Queste operazioni vengono eseguite nelle operazioni di costruzione dei moduli fotovoltaici . I moduli fotovoltaici sono l'elemento base per la costruzione degli impianti fotovoltaici di piccole e grandi dimensioni . Le singole celle vengono controllate mediante speciali macchine e quelle fallate vengono automaticamente scartate .

Alle celle idonee vengono saldate delle bandelle di stagno per realizzare i collegamenti elettrici tra le celle .

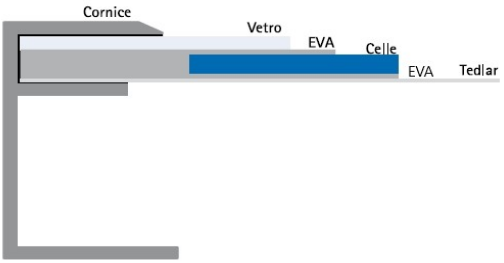


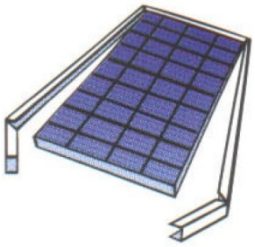
In base alle dimensioni del modulo vengono assemblate 10 ,20, 40,60, 72,96 celle di grandezza standard 156x156 mm oppure 125 x 125 mm . Il numero di celle determina la tensione elettrica che si vuole ottenere dal modulo una volta assemblato , 6 V, 12 V, 24 V, 36 V ,43,2 V, 57,6 V .

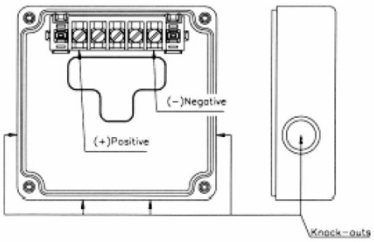
Le celle assemblate con connessioni in serie sono racchiuse tra due veli di materiale plastico in EVA , molto trasparente disteso su un supporto di vetro ad alta trasparenza con pochissimo tenore di ferro . Dalla parte opposta al vetro viene steso un foglio di materiale plastico più consistente ed opaco in TEDLAR per sigillare l'insieme dell'assemblaggio, da questo foglio si fanno



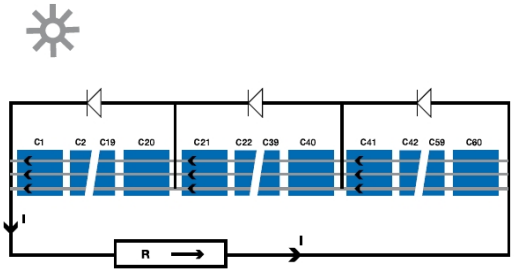
uscire i nastri di stagno finali che saranno i poli + e – del modulo per le connessioni con gli altri moduli . Infine viene posizionata una cornice di supporto in alluminio per poter manovrare i moduli e posizionarli sull'impianto . Sul retro del modulo viene posizionata la scatola di connessione con due cordoni di connessione di 1,6 m di lunghezza per la connessione dei moduli ai successivi per costruire un intero pannello fotovoltaico .

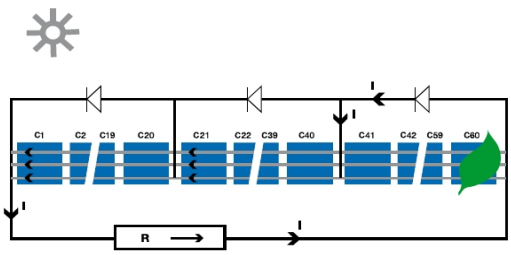




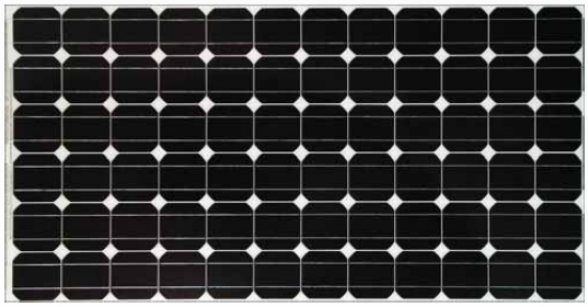


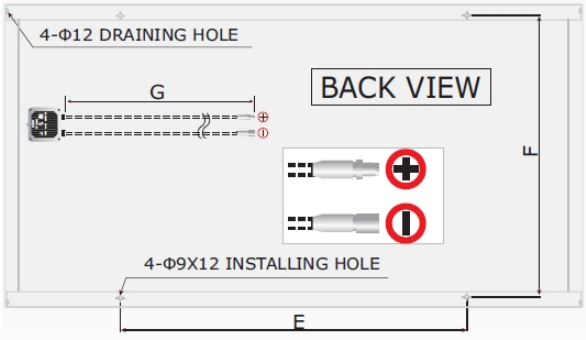
Nella scatola di connessioni vengono posizionati dei diodi ,che permettono di far circolare la corrente solo in un verso e la bloccano nel verso contrario . Questo per consentire al modulo di funzionare anche quando alcune celle si danneggiano o sono interessate da ombra .





Terminato l'assemblaggio il modulo si presenta come mostrato in figura sia dal lato anteriore ,che sarà esposto alla radiazione solare che dal lato posteriore ,dove verranno eseguite le connessioni elettriche .



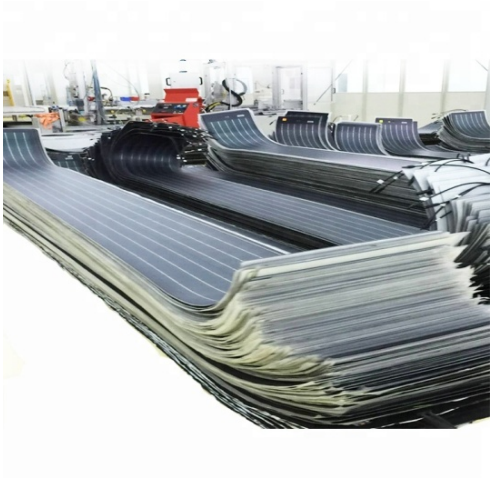


Le connessioni vengono eseguite mediante connettori a baionetta tipo MC4

Prendendo in considerazione il modulo in figura si possono fare le seguenti valutazioni . Le celle FV sono di 125x125 mm ,con una superficie esposta di 15.625 mm^2 , nel di 72 per cui la superficie totale attiva è 1125000 mm^2 corrispondente a 1,125 m^2 . Con un irraggiamento di 1000 W/ m^2 il modulo che occupa una superficie di 1,6 m^2 è interessato da 1125 W di irraggiamento con una efficienza di conversione del 21% avremo disponibile una potenza elettrica di 236 Wp. Questi parametri vanno tenuti in considerazione quando si vuole valutare l'effettiva produzione di potenza elettrica in rapporto alle superficie di ingombro effettiva dei moduli.

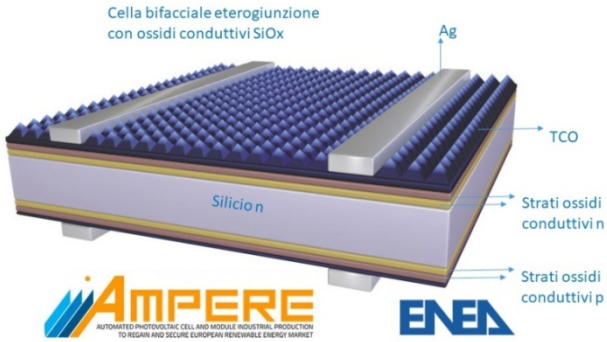
Altri tipi di moduli

A FILM SOTTILE



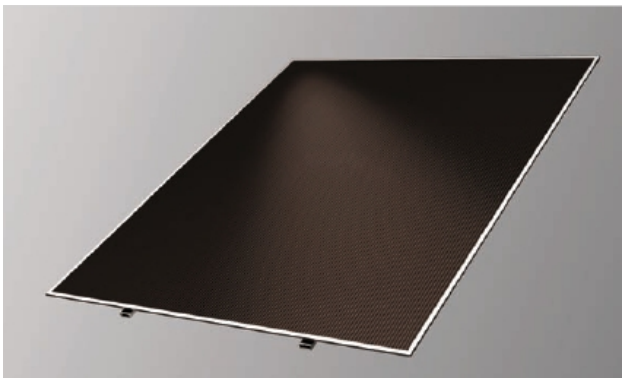
BIFACCIALI

I moduli bifacciali oltre alla radiazione diretta utilizzano anche la radiazione diffusa dall'ambiente aumentando l'efficienza fino al 35% in più di quelle monofacciali .



MICROAMORFO

I moduli microamorfo sono praticamente costruiti direttamente dul supporto di vetro . Non hanno telaio di rinforzo e possono essere montati ovunque anche agganciati alle ringhiere dei balconi o terrazzi si presentano con un colore omogeneo marrone scuro o grigio o fumé.



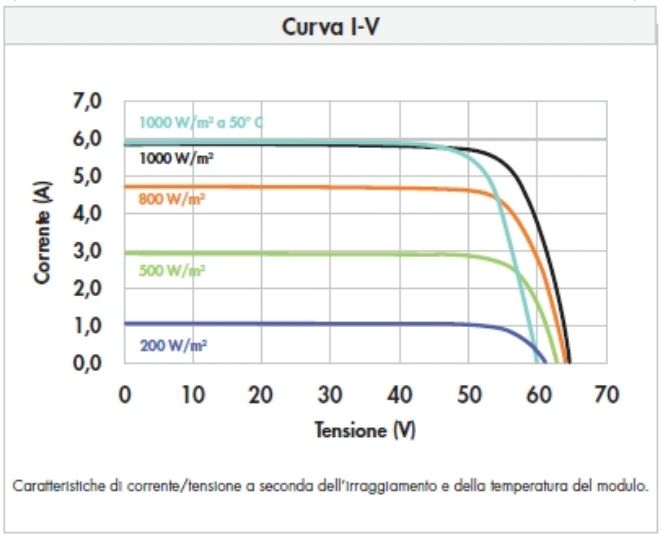
Una recente soluzione per ottenere moduli con potenza elettrica di 500 W o 650 W è la tecnologia dei moduli " Half cut" , letteralmente vuol dire tagliati a metà, che impiegano celle come le normali da 156 mm o 125 mm tagliate a metà. Il risultato è l'aumento del numero di mezze celle che vengono assemblate nel modulo e di conseguenza si ottiene una tensione maggiore circa il doppio in C.C. disponibile . Anche le dimensioni dei moduli sono maggiori per cui a parità di corrente di 7 A per una tensione di 80 Vcc si ha una potenza di 560 Wp.

Dati tecnici comuni dei moduli .

Dati Elettrici

Misurato in condizioni di prova standard (STC): Irraggiamento 1000W/m², AM 1,5 e temperatura della cella 25°C

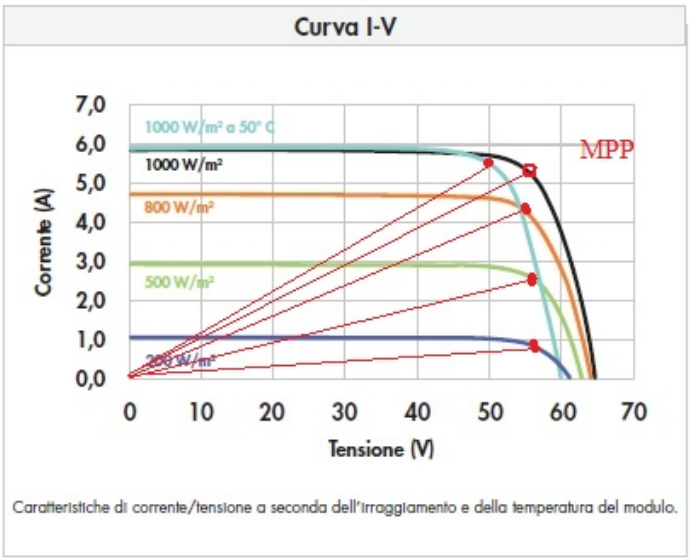
Potenza nominale (+5%/-3%)	P_{nom}	300 W
Tensione di punto di massima potenza	V_{mpp}	54,7 V
Corrente di punto di massima potenza	I_{mpp}	5,49 A
Tensione a vuoto	V_{oc}	64,0 V



Caratteristiche di corrente/tensione a seconda dell'irraggiamento e della temperatura del modulo.

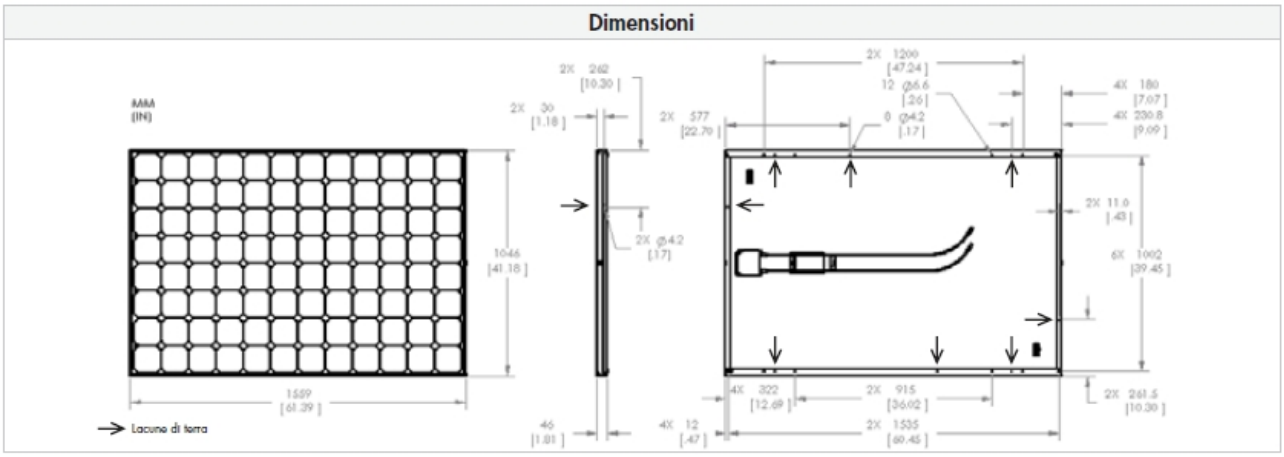
Per ogni modello di modulo devono sempre essere reperibili i dati tecnici delle prestazioni . Potenza nominale del modulo tensione in Vcc nel punto di massima potenza ,corrente in A nel medesimo punto , valori di Voc a vuoto e corrente in corto circuito in A. Altri parametri necessari per il

dimensionamento di un impianto fotovoltaico .



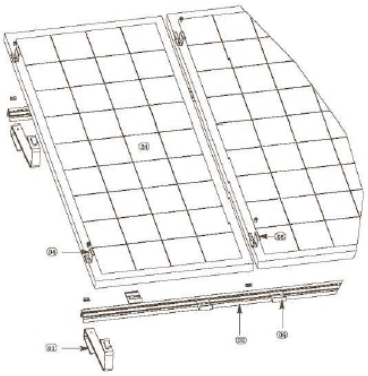
Un diagramma che riporta i valori di tensione e corrente mostra le prestazioni del modulo ai diversi valori di irraggiamento . Come si nota sulle orizzontali il valore della tensione è pressoché 0,6 Vcc per la singola cella e per i moduli è la somma delle tensioni di tutte le celle del modulo collegate in serie. La corrente rimane dipendente dalle condizioni di irraggiamento da 0 A a 7,5 A in corto circuito. La potenza elettrica disponibile in Wp (watt di picco) sarà data dal prodotto della tensione per la corrente . Sul diagramma seguente sono indicati i punti di massima potenza (MPP) ottenibile dal modulo nei diversi valori di irraggiamento solare .

I valori dimensionali dei moduli determinano il numero che è possibile installare in base alla superficie utile disponibile ed alla forma geometrica , rettangolo ,parallelogramma, triangolo,trapezio , del tetto .

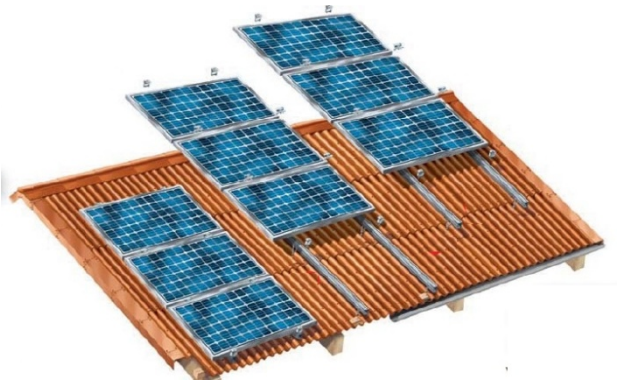


Dati Meccanici			
Celle solari	96 celle solari SunPower in silicio monocristallino con tecnologia back-contact	Cavi di uscita	Lunghezza dei cavi 1000 mm / connettori MultiContact (MC4)
Vetro anteriore	Vetro temperato ad alta trasmissione	Telaio	In lega di alluminio anodizzato tipo 6063 (nero)
Scatola di giunzione	IP-65 con 3 diodi bypass 32 x 155 x 128 (mm)	Peso	18,6 kg

La struttura portante

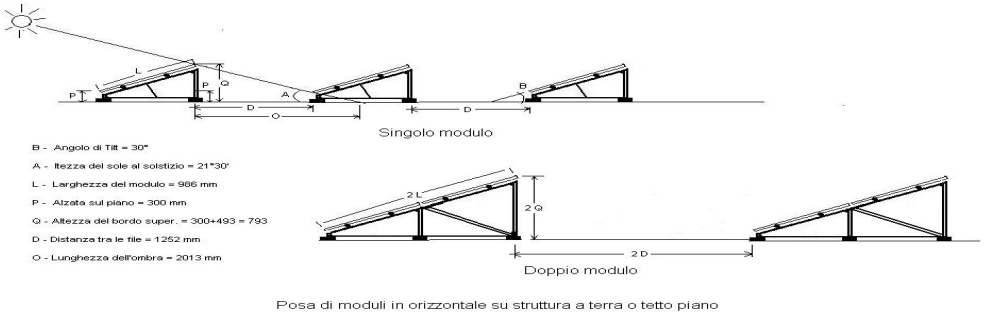


Per posizionare i moduli su un tetto a falda o piatto o su terreno occorre costruire una struttura di sostegno su cui ancorare i moduli. Tale struttura di solito è costruita con traverse in alluminio o ferro ancorate alle parti solide del tetto, sotto le tegole o a sostegni infissi sul terreno. Le strutture possono essere fisse o mobili , queste ultime a singolo movimento ,orizzontale o verticale ,oppure a doppio movimento ,orizzontale o verticale insieme , detto anche a girasole . Una tipica tipologia di posa di un impianto avviene sui tetti delle abitazioni , come mostrato in figura . I moduli possono essere posati sia in verticale che in orizzontale per adattare la soluzione di posa alla forma geometrica del tetto .



Per posizionare i moduli occorre ancorare alle parti solide del tetto la struttura portante ,solitamente in alluminio, mediante staffe di ancoraggio e traverse di appoggio ,sulle quali i moduli sono fissati mediante morsetti . La posa verticale o orizzontale è determinata anche da possibili zone ombrate da ostacoli in alcune ore della giornata .

La posa su tetto piano o su terreno avviene mediante strutture su file parallele opportunamente distanziate per evitare che le file anteriori facciano ombra alle file posteriori . Durante la giornate sulle strutture fisse la direzione dell'irraggiamento cambia , con un massimo nelle ore centrali e varia anche la potenza elettrica erogata dai moduli e con essa l'energia elettrica disponibile . Come detto nella prima lezione il massimo della potenza si ottiene solo se i raggi del sole incidono perpendicolarmente alle celle .



Posa di moduli in orizzontale su struttura a terra o tetto piano

Strutture mobili a girasole

Le strutture mobili sono adottate per orientare i moduli sempre verso il sole e far sì che l'irraggiamento sia sempre perpendicolare al piano dei moduli . Il movimento di inseguimento dei raggi solare è comandato dispositivi elettronici che comandano il movimento ad intervalli di tempo prestabiliti . In queste installazioni i moduli forniscono il valore massimo della potenza quasi per tutto l'arco della giornata.I vantaggi compensano i costi maggiori di istallazione .

Strutture per moduli a concentrazione.

Particolari applicazioni sono le strutture a concentrazione dove le singole celle sono di piccole dimensioni e vengono poste nel punto focale di specchi curvi così da ottenere un alto livello di efficienza di conversione operando la concentrazione da 2 a 2,5 volte il normale livello di irraggiamento . I sistemi a concentrazione sono ovviamente posti su strutture a doppio movimento .

Impianti a concentrazione su struttura mobile detta a girasole

Gli Inverter

La tipologia del sistema elettrico in uso civile ed industriale è in corrente alternata in bassa tensione ai valori di 230 V ca monofase e 400 Vca in trifase alla frequenza di 50 Hz . I moduli fotovoltaici danno ai poli di uscita una tensione e corrente continua per cui occorre operare la conversione da corrente continua a corrente alternata . A questo scopo sono indispensabili apparecchi di conversione detti INVERTER o invertitori . Questi apparecchi, secondo i valori di potenza elettrica da convertire variano di dimensioni da piccoli di pochi watt ai grandi di 100 kW . Con le dimensioni variano anche i punti di connessione dei moduli ,sono definiti ingressi di stringa in quanto i moduli al pari delle celle possono essere connessi tra loro con collegamento in serie ed in parallelo oppure misto . I collegamenti in serie sono quelli che si realizzano nella quasi totalità dei casi , si eseguono per mantenere basso il valore della corrente elettrica circolante ed allo stesso tempo la tensione elettrica disponibile raggiunge valori anche di 600 o 800 V cc , secondo la potenza del sistema . Gli inverter ai morsetti di uscita forniscono la potenza elettrica convertita da CC a CA alla tensione di 230 Vca . Normalmente gli impianti fotovoltaici sono costruiti

per essere connessi alla rete elettrica pubblica per operare lo scambio di energia in ingresso ed in uscita dall'impianto ,per cui gli inverter in uso funzionano solo se connessi alla rete . Alla rete elettrica gli impianti fotovoltaici possono essere connessi sia in sistema monofase che in trifase ,tutto dipende dalla potenza elettrica massima producibile e dalle dimensioni dell'impianto .Per potenze fino a 6kW la connessione avviene in monofase , per potenze superiori la connessione avviene in sistema trifase . La connessione in sistema trifase può avvenire mediante l'installazione di tre inverter monofase indipendenti ma con le relative uscite in C.A. collegate tra loro a formare le tre fasi ed il neutro . Per impianti superiori ai 10 kW è possibile l'utilizzo di un unico inverter con l'uscita direttamente in trifase , praticamente sono tre inverter indipendenti montati in un unico telaio e contenitore .

Vari modelli

La connessione dei moduli agli inverter e di questi all'impianto utilizzatore deve sempre avvenire attraversi quadri elettrici dove vanno posizionati gli

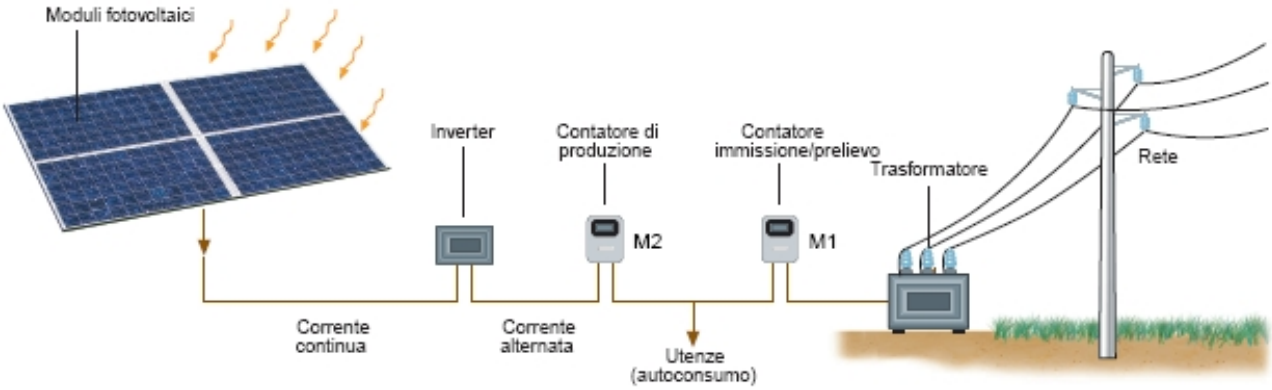
organi di protezione e di manovra . Netta separazione va operate tra la parte in corrente continua e quella in corrente alternata .

I micro inverter

Negli impianti di piccola taglia domestici sono a volte montati moduli mono o policristallini con sul retro montati piccoli inverter con già l'uscita in C.A. a 230 V pronti per essere utilizzati singolarmente o in parallelo sull'impianto elettrico , ovviamente attraverso le necessarie protezioni .

Impianti connessi alla rete elettrica pubblica

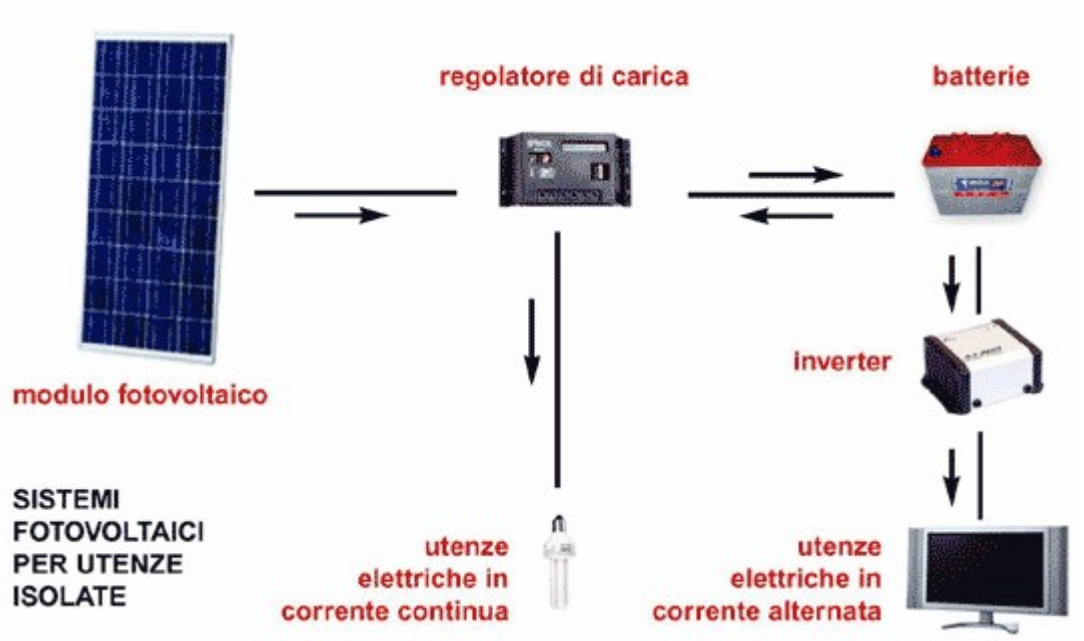
Un tipico schema di connessione alla rete elettrica è mostrato in figura .



Impianti in isola

Nelle aree non servite da rete elettrica pubblica si realizzano impianti detti in isola per alimentare le utenze domestiche . Tali utenze possono essere apparecchi funzionanti in corrente continua a 12 V o 24 V , con l'impiego di batterie di accumulatori . L'impianto fotovoltaico mantiene in

carica le batterie quando l'energia prodotta non è subito utilizzata . Possono essere alimentate utenze in C.A. normali nel qual caso è necessario l'impiego di inverter per convertire la corrente continua,in arrivo dai moduli fotovoltaici o dalle batterie ,in corrente alternata a 230V. In questi impianti si installano apparecchi di regolazione della carica e scarica delle batterie separatamente agli inverter oppure con inverter già equipaggiati di regolatori di carica . Gli inverter per impianti in isola forniscono subito potenza elettrica ai morsetti di uscita a 230 V c.a. essendo privi di dispositivo di protezione di interfaccia .



Negli impianti fotovoltaici i vari stadi di cui sono composti sono le singole celle montate nei moduli , insieme di moduli in serie che formano le stringhe e le diverse stringhe che formano il pannello fotovoltaico , i

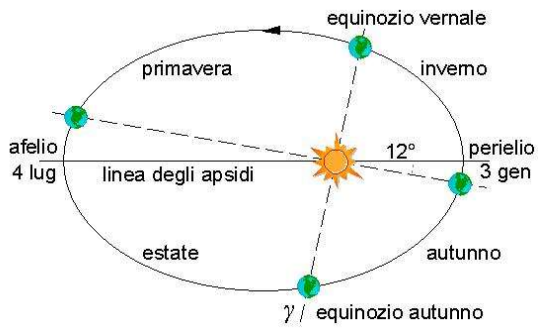
diversi pannelli formano i campi fotovoltaici , ovviamente di grossa taglia posati su capannoni o a terra in cortili e terreni agricoli .

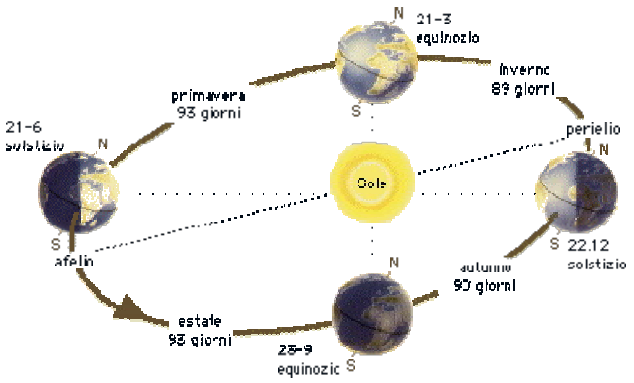
Considerazioni sulla posizione geografica dell'impianto .

Per eseguire un impianto fotovoltaico è necessario valutare alcuni parametri indispensabili.

- La necessità del committente di apporto energetico da fonti rinnovabili , consumo annuale di energia elettrica .
- La disponibilità sufficiente di superficie su cui posare i moduli, posa su tetto o posa su terreno.
- Posizione geografica ed orientamento del tetto o esposizione del terreno.

Dalla geografia sappiamo che la terra ha l'asse di rotazione su se stessa inclinato rispetto al piano dell'orbita intorno al sole di 23°30' e questo da luogo al susseguirsi delle stagioni . L'irraggiamento globale annuo per il nord, centro,sud Italia è riportato dalle tabelle e dipende da questa inclinazione. I moduli fotovoltaici danno la massima efficienza se l'irraggiamento incidente è perpendicolare alla superficie esposta. La posizione geografica del luogo ,latitudine ne determina l'inclinazione sull'orizzontale. Vediamo come.





Orbita della terra intorno al sole ed inclinazione dell'asse di rotazione

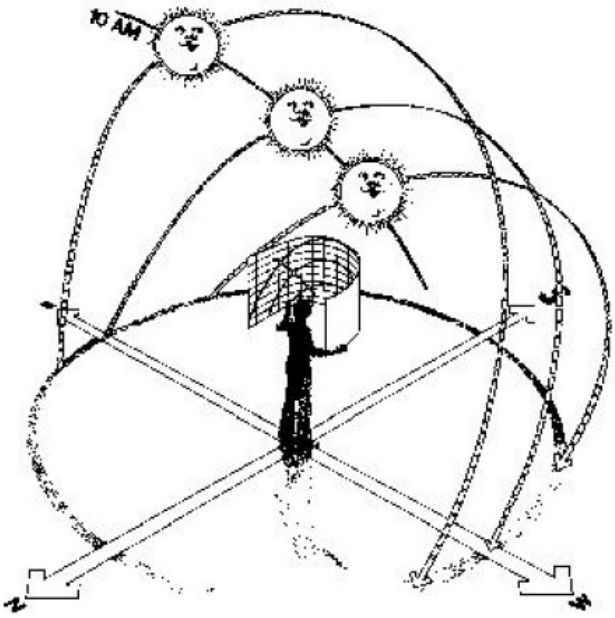
Nell'anno il sole è sull'orizzonte :

- basso al solstizio invernale - 23°30' sulla latitudine, a mezzogiorno del 22/12;

-uguale alla latitudine del luogo agli equinozi di primavera ed autunno , mezzogiorno del 23/3 e 22/9 ;

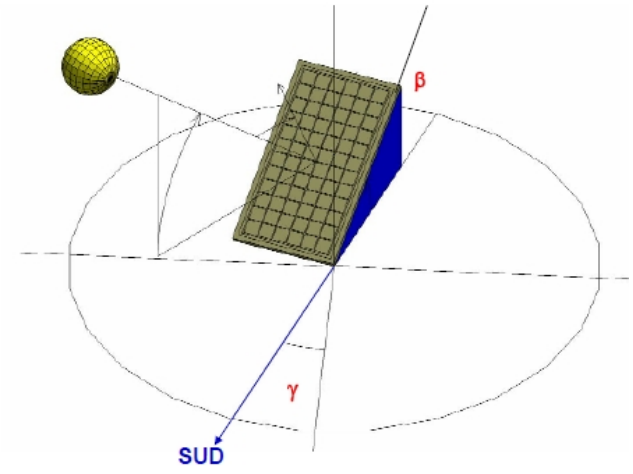
- Alto al solstizio d'estate + 23°30' sulla latitudine ,a mezzogiorno del 23/6 .

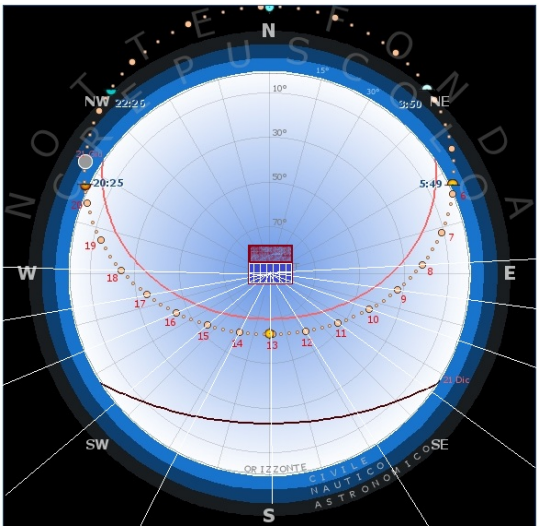
Considerando l'Italia del nord la latitudine è 45° per cui al solstizio invernale il sole a mezzogiorno è alto 21°30' sull'orizzonte,agli equinozi è alto 45° ,al solstizio d'estate è alto 68°30' . Da qui si può dedurre che l'irraggiamento massimo avviene proprio nel solstizio d'estate.



Nelle pose fisse si adotta una inclinazione ottimale per avere il massimo possibile di produzione di energia nell'anno ,l'inclinazione di 30 % 35° sul piano orizzontale in modo da avere la massima esposizione nei mesi estivi favorevoli e trascurare la poca produzione nei mesi invernali. Purtroppo non tutti i tetti presentano l'inclinazione giusta per cui questo fattore deve essere tenuto in considerazione nello studio di valutazione che si esegue in fase preliminare. In questa fase si verifica l'angolo di orientamento verso

sul del tetto o del terreno, questo è l'angolo di AZIMUT , la direzione sud ha l'azimut $\gamma = 0$, la direzione est ha l'azimut $\gamma = -90°$,la direzione ovest ha l'azimut $\gamma = +90°$. L'inclinazione sull'orizzontale è detta angolo di TILT ,indicata col la lettera greca β, che dipende dall'inclinazione della falda del tetto oppure è stabilita a 30° -:- 35° per la posa in piano.





Inclinazione e orientamento dei moduli.

Altra valutazione è la verifica delle possibili ombreggiature degli oggetti ambientali che possono interessare tutti o parte dei moduli alle diverse ore della giornata e alle diverse stagioni. Si utilizza il diagramma verticale del sole .

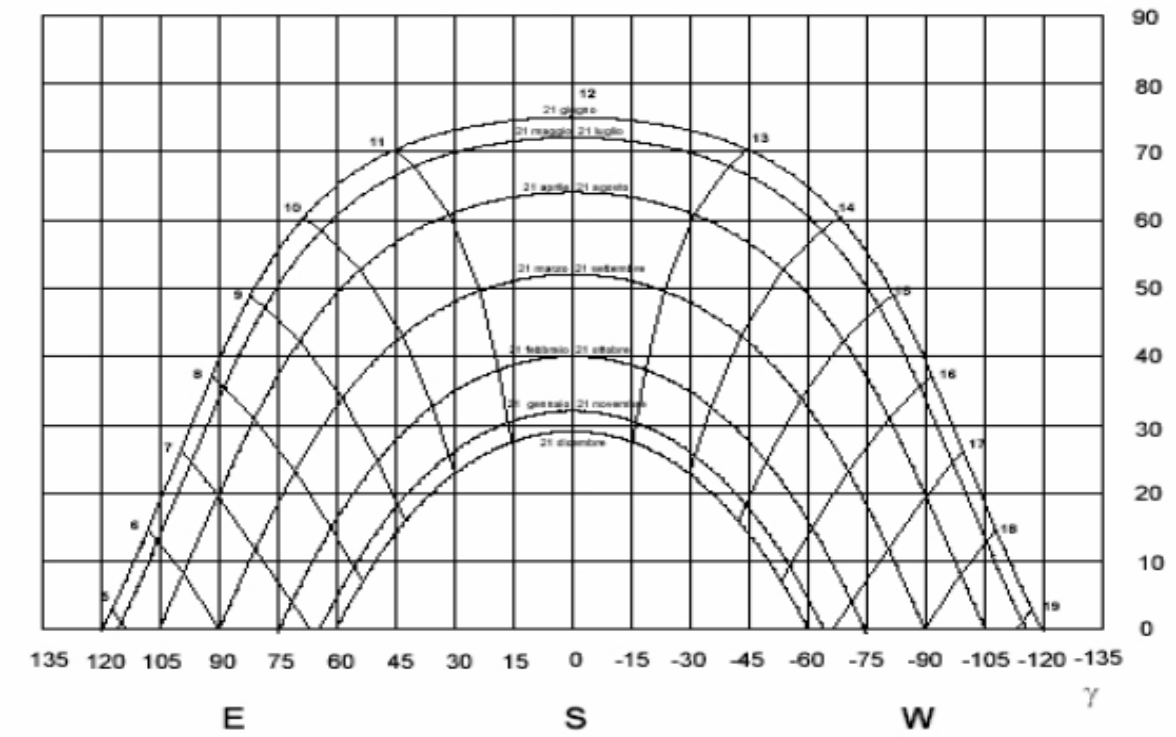
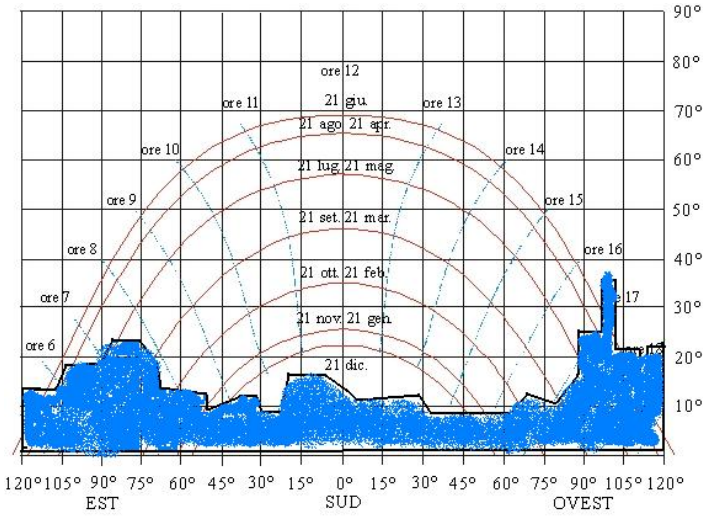


Diagramma del percorso giornaliero e stagionale del sole.

Con l'aiuto di una bussola ed un inclinometro o livella si traccia il profilo degli ostacoli sul sito di installazione .Da questo si ricava la quantità di energia che può essere prodotta per ogni metro quadro di pannello, deducendole dalle tabelle fornite da enti governativi tipo Enea e valutazione mediante il programma in rete PVGIS della Comunità Europea.



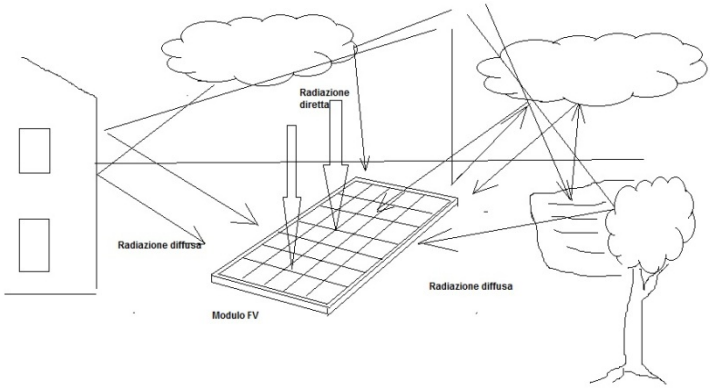
Profilo degli oggetti ombreggianti

Latitudine	Mesi											
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
42°	3,84	5,33	7,29	9,37	10,87	11,49	11,16	9,93	8,03	5,9	4,19	3,44
41°	4,01	5,49	7,42	9,44	10,89	11,48	11,17	9,99	8,14	6,05	4,35	3,61
41°38'	3,95	5,43	7,37	9,41	10,88	11,48	11,17	9,97	8,10	5,99	4,29	3,55

Esempio di tabella di valutazione dell'irraggiamento annuo a metro quadro .

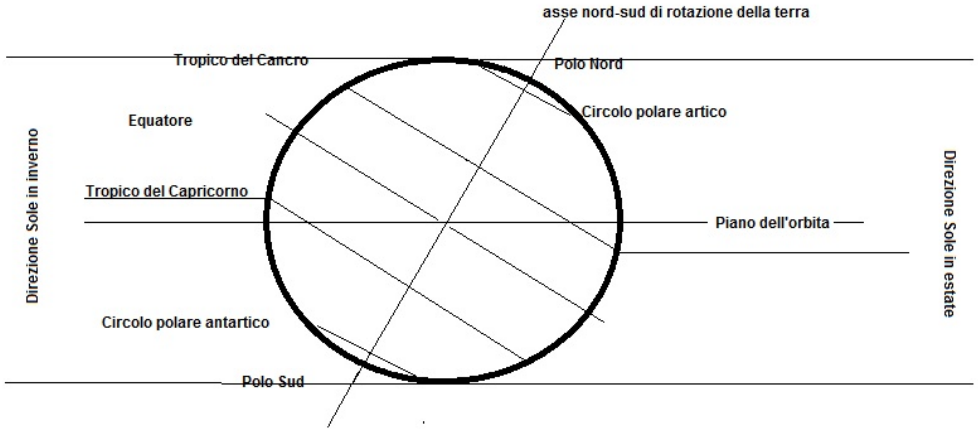
La dipendenza dalla posizione geografica della produzione fotovoltaica .

Un modulo fotovoltaico di silicio cristallino genera una corrente elettrica nel suo valore massimo se l'incidenza della radiazione diretta dei raggi solari è perpendicolare alla superficie esposta. In realtà anche la radiazione diffusa permette di generare corrente elettrica ma la quantità in valore numerico è esigua rispetto a quella prodotta dalla radiazione diretta. Nei moduli a silicio amorfo, micro amorfo ed a film sottile la radiazione diffusa contribuisce in modo significante a produrre corrente elettrica in abbinamento alla radiazione diretta.

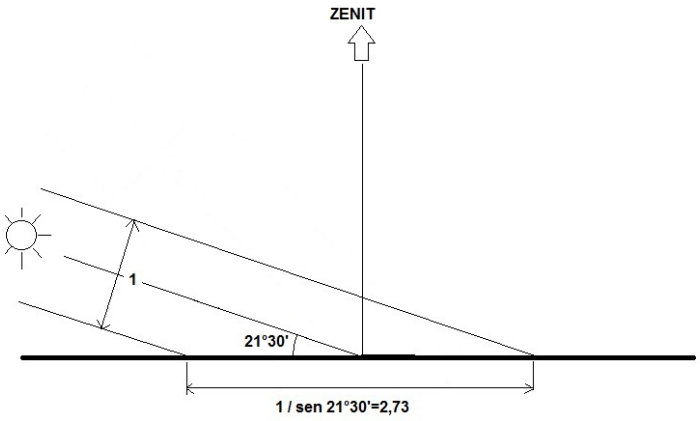


Fatta questa premessa per ottenere il massimo valore di corrente elettrica occorre che il modulo fotovoltaico sia orientato verso la direzione del sole in modo che l'incidenza dei raggi solari sia perpendicolare alla superficie del modulo . Questa condizione ideale è possibile ottenerla solo montando il modulo su supporto mobile ad inseguimento solare . Nelle pose su struttura fissa occorre prendere in considerazione la latitudine del punto di installazione e l'inclinazione verticale rispetto al piano orizzontale . Questa inclinazione è denominata angolo di TILT . Prendiamo in considerazione la latitudine di 45° Nord e la variazione dell'altezza del sole sull'orizzontale nelle 4 stagioni .

E' noto che il susseguirsi delle stagioni è dovuto alla inclinazione dell'asse di rotazione della terra ,retta che comprende entrambi i poli geografici , rispetto al piano dell'orbita di rivoluzione della terra intorno al sole . Questa inclinazione forma un angolo di 23°e 30' e questo determina che in 4 determinati giorni dell'anno delle specifiche condizioni ; avremo un punto in cui il sole alle ore 12 presenta : la minima altezza sull'orizzontale ,detto solstizio d'inverno ; due giorni in cui l'altezza del sole sull'orizzontale coincide con il valore della latitudine del luogo , detti equinozio primaverile ed equinozio autunnale ; un giorno in cui l'altezza del sole è al punto massimo sull'orizzontale , detto solstizio d'estate . Questi giorni sono per il solstizio d'inverno il 21 dicembre, per l'equinozio primaverile il 21 marzo , per il solstizio d'estate il 23 giugno ,per l'equinozio autunnale il 23 settembre . Nel solstizio d'inverno avremo che il sole alle ore 12,00 del meridiano locale è alto sul piano orizzontale di 45° meno l'angolo di inclinazione dell'asse terrestre ,cioè 21°30'. L'inizio dell'inverno porta temperature molto basse nell'emisfero nord ,pur essendo la Terra prossima al punto più vicino al Sole ,perielio,che coincide con la data del 4 gennaio ed il punto più lontano, afelio,coincide con la data del 4 luglio , proprio a causa di questa inclinazione .

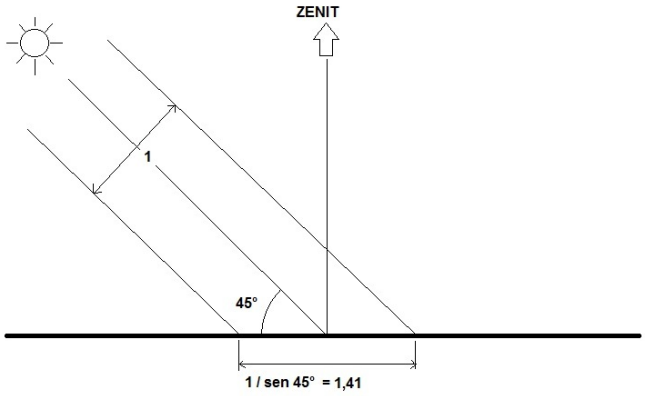


Per comprendere questo fenomeno prendiamo in considerazione una superficie unitaria di 1 m^2 perpendicolare alla direzione della radiazione solare , quando detta radiazione intercetta la superficie orizzontale del terreno essa interesserà una superficie maggiore pari alla superficie unitaria diviso il seno dell'angolo 21°30' , cioè 1/0,366 = 2,73 m^2, per cui la superficie unitaria di 1m^2 sarà interessata da una radiazione pari a 0,363 del totale . Il valore in Watt della radiazione perpendicolare che giunge sulla superficie terrestre è valutato in 1000 W/m^2 per cui al solstizio d'inverno ne giungeranno solo 363 W/m^2 .

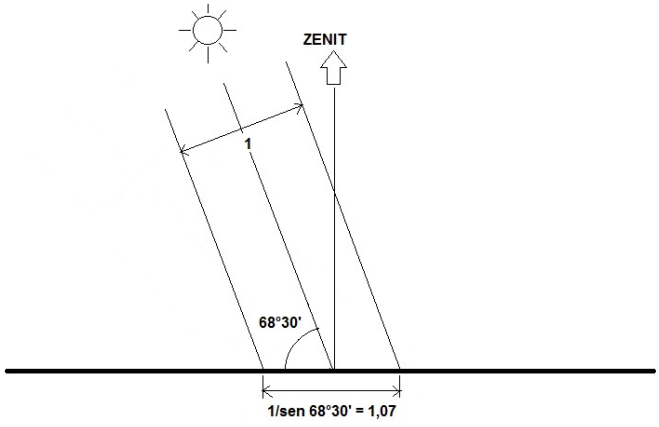


In corrispondenza degli equinozi avremo che l'altezza del sole alle 12,00 del meridiano considerato sarà pari alla latitudine del luogo ,cioè 45° . In corrispondenza di questo angolo il valore del seno è uguale a quello del

coseno ,cioè 0,707 , la radiazione unitaria interesserà una superficie di 1,41 m^2, per cui la superficie unitaria del terreno sarà interessata alla radiazione pari a 0,707 del totale . Quindi avremo 707 W/m^2 a fronte dei 1000 W $/m^2$.

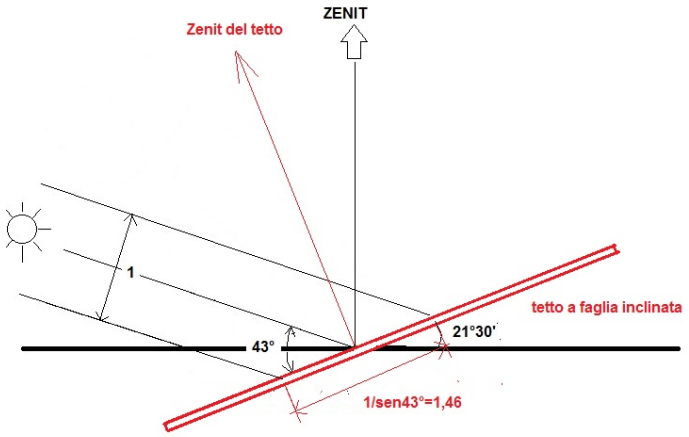


Nel solstizio d'estate l'altezza del sole sul piano orizzontale alle ore 12 del meridiano considerato è pari a 45° + 23°30' = 68°30' . Il seno di quest'angolo è pari a 0,930 e di conseguenza la radiazione unitaria interesserà una superficie di 1,07 m^2 e quindi la radiazione per unità di superficie sarà 930 W/m^2 sul totale di 1000 W/m^2 .

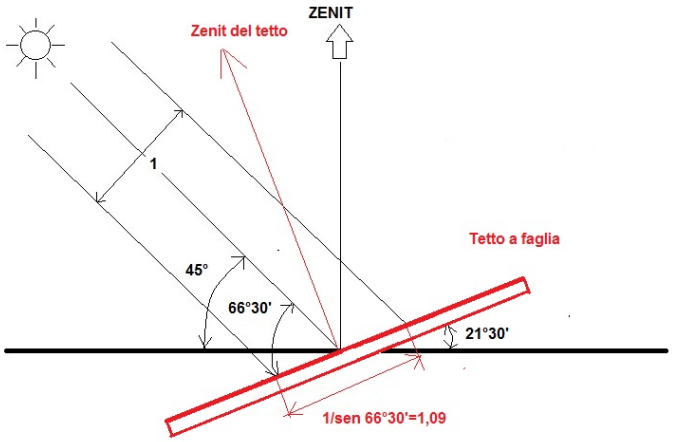


Posando i moduli fotovoltaici su un tetto a falda l'inclinazione di posa dipenderà dall'inclinazione della falda. Normalmente questa inclinazione varia da 20° a 35° . In zone di montagna tale inclinazione può essere anche maggiore . L'orientamento dell'immobile rispetto alla direzione del sud

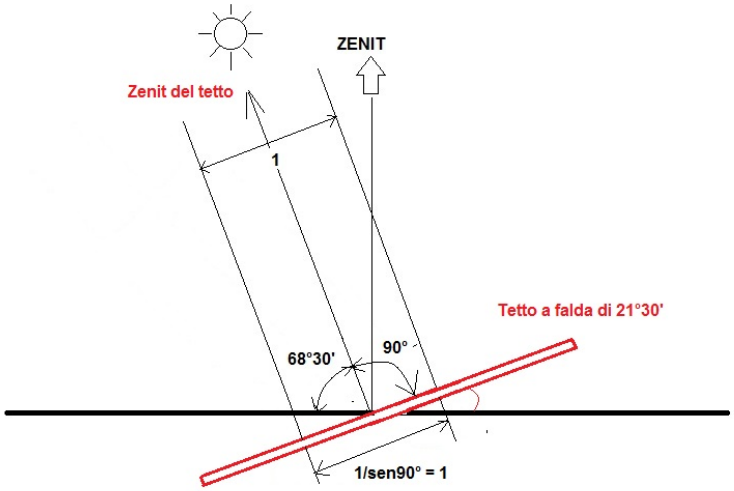
influisce come l'inclinazione della falda per il fatto che la componente orizzontale del movimento solare fa si che se l'immobile non è orientato perfettamente a sud le linea di massima altezza del sole sui dei moduli non sarà più alle ore 12,00 ma prima o dopo la direzione del sud e quindi l'altezza del sole sarà inferiore ,riducendo ancora la potenza unitaria dell'irraggiamento . Una costruzione orientata a sud ,in termine tecnico è chiamata AZIMUT 0 . Se l'orientamento è verso est si parla di AZIMUT variabile da 0 a -90 ,mentre se l'orientamento è verso ovest si parla di A ZIMUT variabile da 0 a + 90 .



Consideriamo un AZIMUT = 0 ed una inclinazione di falda di 21°30' , avremo che nel solstizio d'inverno l'angolo di incidenza della radiazione solare sul piano dei moduli sarà 21°30' + 21°30' cioè 43 ° ,il seno di quest'angolo è pari a 0,681 e per le considerazioni precedenti l'irraggiamento solare sarà pari a 681 W/m^2 . Normalmente di un modulo viene indicata la potenza elettrica di picco , cioè quando il modulo è interessato dalla radiazione perpendicolare . Se per esempio il dato di targa è 230 Wpnelle condizioni precedenti avremo 156 Wp .



Negli equinozi primaverili ed autunnali la direzione della radiazione solare sarà 45°+21°30' = 66°30' , il seno di quest'angolo è pari a 0,917 di conseguenza l'irraggiamento sarà 917 W/m^2 , il nostro modulo fornirà 210 Wp.



Nel solstizio d'estate la direzione dell'irraggiamento sui moduli sarà 68°30' + 21° 30' cioè 90 ° ,quindi avremo che l'irraggiamento è perpendicolare al piano dei moduli , quindi il seno avrà un valore di 1 e di conseguenza la potenza di picco che fornirà il modulo sarà pari al valore di targa di 230 Wp. tutto ciò si intende è riferito alla massima altezza del sole sul piano orizzontale,cioè a mezzogiorno del meridiano passante per il piano dei moduli . Nelle altre ore della giornata la produzione elettrica sarà comunque inferiore in dipendenza dell'angolo di incidenza sul piano

dei moduli . per conoscere il valore di tale angolo ci si avvale delle tabelle degli azimut giornalieri che forniscono i dati numerici ,oppure di diagrammi del percorso del sole . Questi diagrammi possono essere verticali o azimutali , orizzontali o polari .

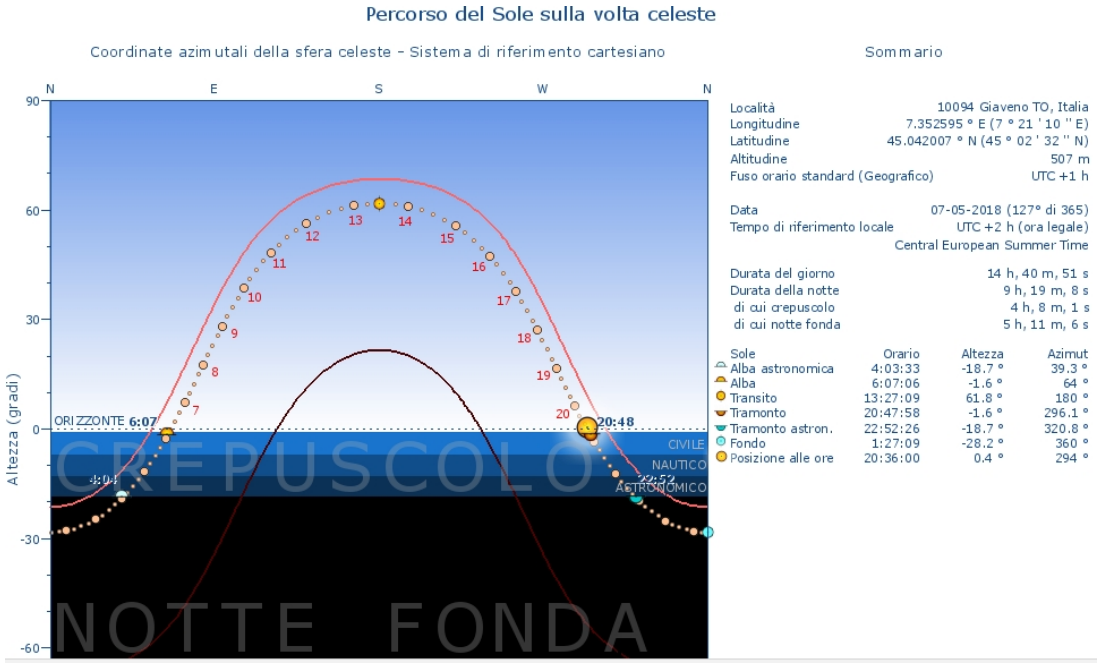


Diagramma verticale

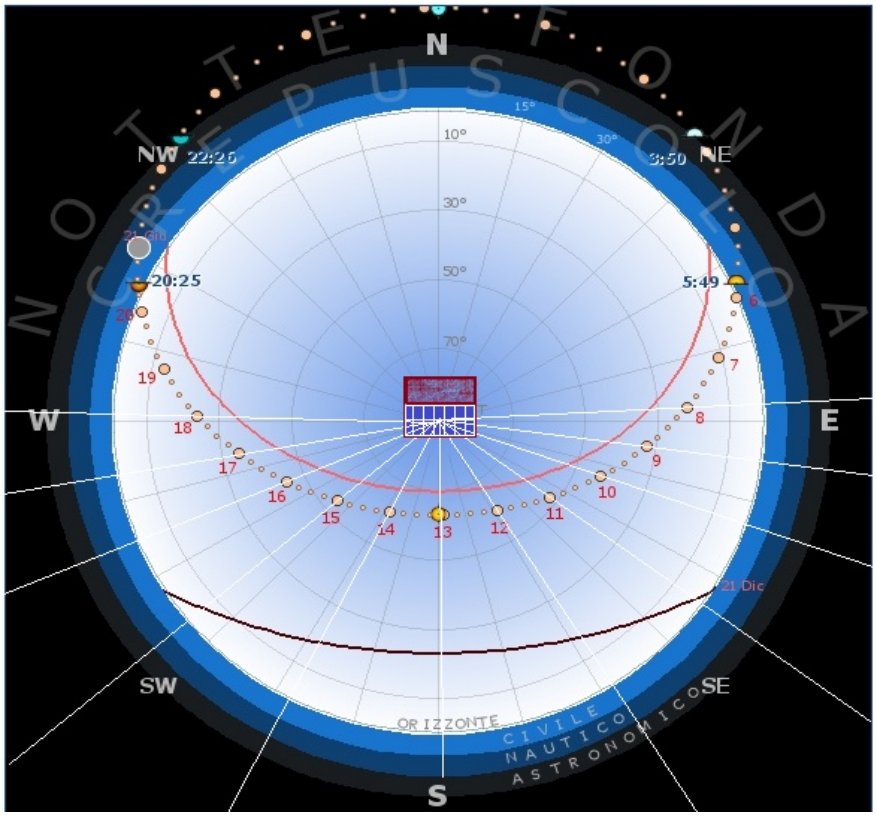


Diagramma polare

LEZIONE 3

Il risparmio energetico con l'impianto fotovoltaico .

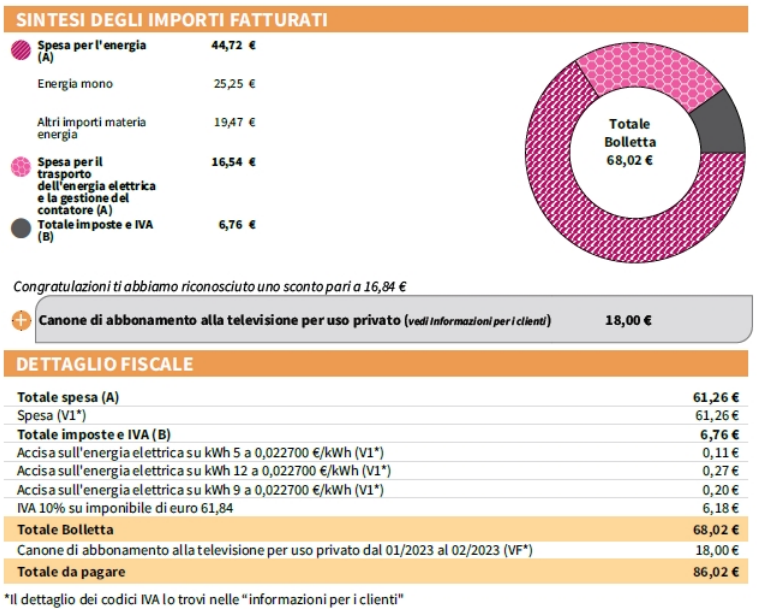
Lo studio della posizione del proprio edificio ed il suo orientamento geografico ,eseguito come visto in precedenza insieme al rilievo dell'inclinazione sull'orizzontale del piano del tetto è determinante per valutare le effettive prestazioni dell'impianto a prescindere dai dati tecnici dei singoli componenti . Molto spesso si fa solo riferimento alla potenza complessiva dell'impianto , sui documenti è definita " **potenza nominale**" , sul lato in corrente continua desunta dalla somma delle potenze dei moduli installati , ma in realtà la potenza effettivamente disponibile deve essere dedotta delle perdite del sistema . L'orientamento dei moduli e l'inclinazione sul piano orizzontale ,la lunghezza dei cavi di connessione e la loro sezione , le prestazioni degli inverter , le connessioni elettriche e gli organi di protezione e di manovra introducono delle riduzioni che non dovrebbero essere eccessive . Il rendimento non deve scendere a meno del 85 % per valutare la buona installazione , in gergo ciò è chiamato BOS , bilancio del sistema. Per ottenere i migliori risultati possibili in base alla tipologia del sito di installazione occorre porre attenzione ai seguenti parametri:

- La lunghezza dei conduttori tra le stringhe dei moduli e l'inverter deve essere la più breve possibile . La sezione minima dei conduttori deve essere di 4 mm^2, l'isolamento rinforzato e guaina esterna resistente agli agenti atmosferici e raggi UV, per distanze entro i 5 m. Per distanze superiori è consigliabile adottare cavi di sezione da 6,8,10 mm^2,per 10,20,30 metri e oltre.
- L'inverter o gli inverter devono avere una potenza massima adeguata alla potenza nominale dell'impianto , somma delle potenze dei moduli . Tale scelta è importante per avere la massima potenza convertita . Molto spesso viene scelto l'inverter con potenza massima prossima al massimo valore di conversione ottenibile secondo l'orientamento dell'edificio ed inclinazione del tetto . Ad esempio se

installiamo 10 moduli da 200 W la potenza nominale dell'impianto sarà 2000 W ,ma le condizioni di posa ci permetteranno di ottenere al massimo 1600 W e molto spesso alcuni progettisti scelgono inverter da 1500 -1600 W . Questa scelta limiterà la massima potenza in uscita lato corrente alternata a questi valori ridotto del rendimento , i migliori di solito hanno 93-95% , cioè con 1600 W ed il 93% avremo al massimo 1488W su 2000 W . E' consigliabile invece scegliere inverter con valori nominali prossimi da 1800 a 2000 W in modo che venga convertita tutta la potenza massima possibile .

- Favorire un buon raffreddamento naturale o forzato evitando di installare gli inverter nei sottotetti , meglio posare gli inverter ai piani bassi in locali tecnologici ben areati . In questi locali facilmente accessibili troveranno posto il quadro elettrico per contenere gli organi di protezione ,di manovra e di misura .

La scelta di installare l' impianto fotovoltaico dipende da varie motivazioni ,economiche ,investimento ,risparmio energetico ma tutte richiedono che venga analizzato il fabbisogno energetico annuale complessivo e quelli parziali invernali ed estivi , diurni e notturni . Le bollette elettriche del gestore della rete o fornitore dei sevizi indicano questo fabbisogno in base all'energia elettrica consumata . La bolletta elettrica indica altri oneri che esulano dall'effettivo consumo , quota fissa in base alla potenza di contratto, oneri di sistema ,oneri di dispacciamento , perdite nel sistema di distribuzione , oneri fiscali . Installare un impianto fotovoltaico ed auto consumare l'energia prodotta inciderà sulla



SINTESI DEGLI IMPORTI FATTURATI

Spesa per l'energia (A)	44,72 €
Energia mono	25,25 €
Altri importi materia energia	19,47 €
Spesa per il trasporto dell'energia elettrica e la gestione del contatore (A)	16,54 €
Totale imposte e IVA (B)	6,76 €

Congratulazioni ti abbiamo riconosciuto uno sconto pari a 16,84 €

Canone di abbonamento alla televisione per uso privato (*vedi Informazioni per i clienti*) 18,00 €

DETTAGLIO FISCALE

Totale spesa (A)	**61,26 €**
Spesa (V1*)	61,26 €
Totale imposte e IVA (B)	**6,76 €**
Accisa sull'energia elettrica su kWh 5 a 0,022700 €/kWh (V1*)	0,11 €
Accisa sull'energia elettrica su kWh 12 a 0,022700 €/kWh (V1*)	0,27 €
Accisa sull'energia elettrica su kWh 9 a 0,022700 €/kWh (V1*)	0,20 €
IVA 10% su imponibile di euro 61,84	6,18 €
Totale Bolletta	**68,02 €**
Canone di abbonamento alla televisione per uso privato dal 01/2023 al 02/2023 (VF*)	18,00 €
Totale da pagare	**86,02 €**

*Il dettaglio dei codici IVA lo trovi nelle "informazioni per i clienti"

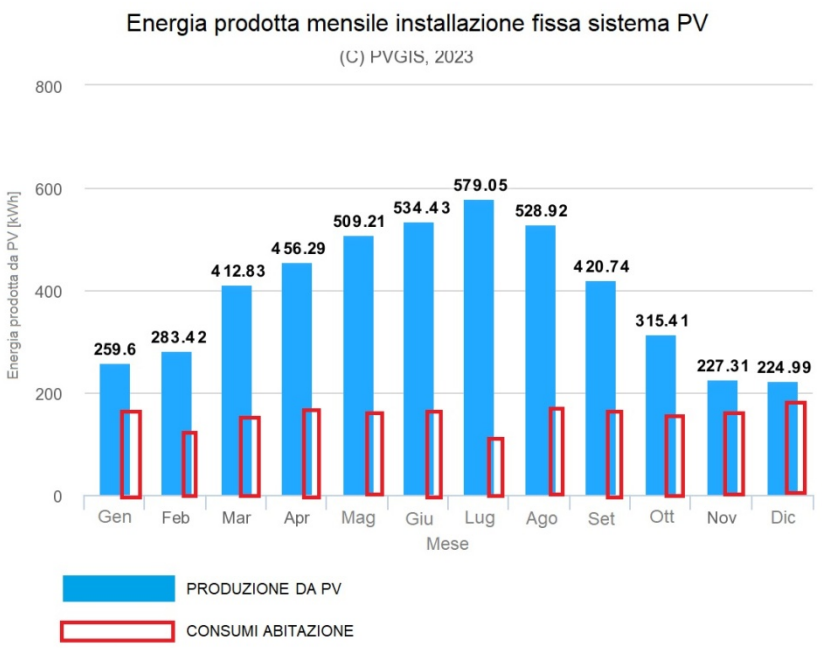
CONSUMI FATTURATI E DETTAGLIO LETTURE

Consumo annuo		Consumo rilevato (dal 01.12.2022 al 31.01.2023)		Consumo fatturato (dal 01.12.2022 al 31.01.2023)	
Mono	1.597	F1	84	Consumo Fatturato	332
		F2	111		
		F3	137		
Totale consumo annuo in kWh	1.597	Totale energia attiva kWh	332	Totale energia attiva kWh	332
Somma dei consumi fatturati negli ultimi 12 mesi		Consumi attribuiti sulla base delle letture rilevate dal distributore		Consumo fatturato nel periodo in base all'offerta sottoscritta	

Dettaglio letture/consumi

Data	F1	F2	F3	Tipo
30/11/2022	6.490	7.220	24.455	(rilevata)
18/12/2022	6.511	7.254	24.494	(rilevata)
19/12/2022	0	0	0	(rilevata)
31/12/2022	19	25	32	(rilevata)
31/01/2023	63	77	98	(rilevata)

bolletta solo nelle voci " energia consumata", " oneri di dispacciamento", " perdite di distribuzione" . Restano invariati quota fissa e oneri di sistema , le misure di energia consumata .



Il grafico mostra il confronto tra l'energia prodotta da fotovoltaico e l'energia effettivamente consumata mese per mese . L'impianto PV ipotizzato con una potenza nominale di 4000 W ed i consumi riferiti ad una potenza contrattuale di 3600 W è verosimilmente riferibili a situazioni reali . I consumi reali fatturati ammontano a 1597 kWh /a. Nell'ottica del risparmio energetico è realistico pensare che un impianto così dimensionato può contribuire al risparmio di una buona parte di energia. Come si nota dagli esempi di quanto viene addebitato in bolletta in un bimestre , pari a 68,02 € la parte effettiva che riguarda l'energia consumata è pari a 25,25 € , mentre gli oneri accessori ammontano a 16,54 € e gli oneri fiscali 6,76 € . L'installazione di un impianto fotovoltaico andrà a ridurre il costo dell'energia consumata e le relative accise ma non i costi accessori per cui

occorre bene ponderare la motivazione che induce ad affrontare la spesa . Il confronto fra produzione annuale di energia ed il consumo effettivo è di

4752 kWh prodotto contro 1597 kWh consumati , con una differenza di circa 3160 kWh eccedenti . Occorre stabilire come verrà utilizzata questa energia eccedente . Un impianto fotovoltaico delle dimensioni prese in esame oggi può costare da 8.000 a 10.000 € , la detrazione fiscale è del 50% in 10 anni . E' da chiarire che il 50% della spesa non è rimborsato dal fisco ma viene detratto dall'imponibile IRPEF annuale è sempre un onere a carico del proprietario . I grafico mostra l'andamento mensile dei consumi e della produzione di energia evidenziando che l'energia prodotta eccede su quella consumata e che nei mesi invernali la differenza è più piccola che nei mesi estivi. Quindi l'energia prodotta dal fotovoltaico copre totalmente il fabbisogno con una eccedenza che andrà ad essere utilizzata . Ci sono due scelte che potrebbero significativamente contribuire al risparmio energetico . Una è la cessione in regime di scambio sul posto col GSE e l'altra è l'installazione di una pompa di calore per il riscaldamento domestico invernale ed il rinfrescamento d'estate . Entrambe le scelte sono valide , la prima privilegia il ritorno economico dell'investimento con la vendita dell'energia eccedente ed il risparmio di quella consumata non più prelevata dalla rete , la seconda privilegia il risparmio sul consumo di energia che andrebbe ad incidere sul sistema elettrico nazionale ed sulla rete gas metano uso riscaldamento . E' ancora possibile evitare l'utilizzo del gas metano in cucina con l'impiego delle piastre elettriche ad induzione . Adottando le su indicate soluzioni sicuramente si percorre la strada del risparmio energetico inteso non più prelevato dalla rete pubblica . Una obiezione può essere fatta sulla totale conversione dell'utilizzo di energia dalla rete al fotovoltaico . Certamente i

grafici mostrano i calcoli globali ma nelle ore notturne l'energia solare è assente e per il fabbisogno occorre prelevare energia elettrica dalla rete , oppure installare delle batterie di accumulo dell'energia eccedente quando non viene consumata quella prodotta . Oggi gli impianti fotovoltaici vengono proposti già corredati di inverter con pacco batterie di accumulo integrato , ma la stragrande maggioranza degli impianti esistenti ne sono prive per cui se si vuole dotare un impianto esistente di batterie bisogna che la scelta venga fatta con attenzione . Innanzitutto occorre rilevare il fabbisogno energetico notturno dalle bollette storiche e quanto è aggiunto dall'uso delle pompe di calore . Stabilire quanti giorni di autonomia si vuole garantire in caso di guasti in rete e scarso irraggiamento solare . I mesi critici sono sempre quelli più freddi da dicembre a marzo , in cui la probabilità di mancanza della rete è più alta . Effettuata la scelta dell'uso di batterie occorre stabilirne il tipo. In commercio ci sono batterie al piombo acido solforico, tipo stazionarie con elettrolita liquido e con elettrolita GEL ed AGM , batterie a Litio ioni metallici . Le batterie al piombo-acido solforico hanno un basso costo ,ma sono pesanti ed un rapporto tra peso ed energia accumulata sfavorevole per cui richiedono sostegni robusti per l'installazione , locali ben areati di stazionamento per la produzione di gas idrogeno . Le batterie a Gel e AGM sono ermeticamente sigillate e non richiedono manutenzione , ma hanno una profondità di carica e scarica bassa circa 65 – 70 % , con un ciclo di carica-scarica intorno a 1000 . Le batterie al litio ioni metallici sono quelle che hanno le migliori prestazioni , hanno un rapporto peso ed energia accumulata molto elevato ed una profondità di carica e scarica al 95 € e oltre , con un ciclo di carica e scarica dell'ordine di 10.000 . Unico problema è che sono costose . Normalmente una batteria al piombo costa 1,5-2 €/ Ah , una batteria al litio costa 8 o 9€ /Ah , le prestazioni molto spesso le fanno preferire per la durata e elevate profondità ci carica ed il peso non eccessivo e minimo ingombro . Il contributo al risparmio energetico e la versatilità delle condizioni di esercizio fanno preferire sempre più il dotarsi di sistemi di accumulo , che al pari dell'impianto fotovoltaico è ugualmente incentivato con il 50% di detrazione fiscale sul

costo complessivo . I risultati non sono del tutto soddisfacenti se queste scelte sono puramente fatte come investimento . E' da tenere in considerazione che in futuro con l'uso di impianti di ricarica per veicoli elettrico il fotovoltaico rappresenta la via per una mobilità veramente rispettosa dell'ambiente .

4 LEZIONE

Quando e cosa conviene fare . Dimensionamento e regole tecniche

Le ragioni che sono alla base della scelta di installare un impianto fotovoltaico come abbiamo già visto sono molteplici ,quelle più personali sono mirate soprattutto al risparmio energetico , inteso come costo dell'energia addebitato sulla bolletta . A causa dell'alto costo del materiale non sempre questa motivazione può avere un senso . Come ricordato nella lezione 3 un impianto fotovoltaico nella nostra realtà non può prescindere dalla connessione alla rete pubblica e pertanto tale connessione è sempre soggetta al pagamento di un canone di contratto ed oneri accessori verso il gestore della rete pubblica o del fornitore del servizio elettrico . Nell'esempio visto precedentemente , considerando un contratto di fornitura su una potenza di 3,6 kW il consumo annuale di energia elettrica con un utilizzo normale risulta di 1597 kWh . Un impianto fotovoltaico nelle condizioni di posa ottimali , rivolto a Sud su un tetto inclinato di 30° produce 4752 kWh , eccedenza di 3160 kWh al netto dei consumi potrebbe avere un suo peso economico considerevole . Il costo dell'energia rapportato all'anno solare può essere ricondotto a 295 € , quello degli oneri fiscali a 37 € . L'energia eccedente immessa in rete mediamente è pagata 0,15€ /kWh e pertanto il valore economico ammonta a 474 € . Sommando il valore dell'energia consumata e l'energia immessa in rete otteniamo 769 € , questo a grandi linee è il ricavo in € ottenibile da un impianto di dimensioni nominali di 4 kW . Il costo totale di installazione ai prezzi correnti , compreso di materiale ,progetto e mano d'opera ammonta a 10.000 € . Dall'analisi economica si vede che il ritorno economico della spesa iniziale risulta pari a 13 anni, questo tempo viene ridotto con il

ritorno derivato dalle detrazioni fiscali del 50% considerando una aliquota di imposta IRPEF del 30% .Quindi, avremo una detrazione di 500 €/anno, sommando il valore dell'energia di 769 € avremo 1269 € per cui il tempo di ammortamento dell'investimento diventa 7,88 anni anziché 13 in assenza di detrazione . Negli anni successivi terminando il regime di detrazione fiscale dall'impianto si potrà ottenere un guadagno economico di 769 € all'anno fino alla vita normalmente tipica di questi impianti che va da 25 a 30 anni . Statisticamente i moduli fotovoltaici dopo i primi 10 anni riducono la produzione elettrica del 10% , nei successivi 10 anni si riduce ancora del 10% . Praticamente non è sbagliato affermare che la riduzione è costante dell'1% all'anno , quando la produzione si è ridotta del 40 % rispetto al valore iniziale è conveniente sostituire l'impianto al completo . A prescindere dalla pura ragione di investimento economico la scelta di installare un impianto fotovoltaico va anche fatta nell'otica della riduzione delle emissioni di gas serra ,il CO2 universalmente accertato essere la causa del sovra riscaldamento del pianeta . E' noto che per ogni kWh di energia elettrica prodotta della combustione di derivati fossili si producono kg 1,22 circa . Nell'esempio considerato la produzione di 4752 kWh da fotovoltaico comporta un risparmio di emissione in atmosfera di 5797 kg di CO2 . Avendone la possibilità installare un impianto fotovoltaico è senza dubbio conveniente quando è dimensionato di una potenza nominale prossima o appena superiore al proprio impianto domestico esistente . Infatti il regime di scambio sul posto secondo le normative vigenti è orientato a favorire un autoconsumo di almeno il 70% dell'energia prodotta ed il restante 30% ceduto alla rete . Tutto questo finalizzato a ridurre le emissioni di gas CO2 in atmosfera . Come già visto nella lezione 3 per il pieno utilizzo dell'energia eccedente si può scegliere di installare in parallelo un impianto a pompa di calore che può contribuire a ridurre il consumo di combustibile per produrre ACS (acqua calda sanitaria) e sia per riscaldamento invernale che per raffrescamento estivo, ancor più se integrato con la posa di pannelli solari termici . Ovviamente l'investimento economico iniziale assume valori considerevoli ,secondo le possibilità economiche . Tutto è agevolato se complessivamente si fanno

scelte in questo senso . Diventa dispendioso adattare di volta in volta impianti esistenti magari non eseguiti in ottica del risparmio energetico .

Una volta scelto di installare un impianto fotovoltaico si dovrà seguire un iter procedurale corretto .

1) Interpellare un professionista ,perito industriale o ingegnere ,esperto del settore che farà una valutazione su cosa effettivamente si potrà realizzare.
2) Fare domanda al gestore della rete elettrica per la connessione del futuro impianto , il quale dopo un sopralluogo indicherà il limite di fornitura e tipologia di connessione .
3) Accreditarsi ai portali internet di GSE ,ENEL, TERNA per la futura trasmissione dei documenti e l'avvio delle convenzioni . Il professionista farà da supporto .
4) Redigere il progetto ed far eseguire l'installazione da un installatore regolarmente abilitato ,iscritto alla CCIAA ed abilitato agli impianti FER (fonti energetiche rinnovabili) . La mancata abilitazione dell'installatore può impedire l'accesso agli incentivi GSE .
5) Inviare una comunicazione al Comune di residenza ,mediante CIA o SCIA , secondo le normative vigenti del comune .
6) Installare l'impianto secondo progetto , collaudare l'impianto chiedere al gestore della rete la connessione secondo le indicazioni che lo stesso fornirà e comunicare entro 60 giorni l'avvenuto termine dei lavori a GSE.
7) Comunicare il fine lavori GSE,Comune,Enel o altri con perizia asseverata di un professionista indipendente .
8) Iscrivere l'impianto al registro GAUDI di TERNA e farsi rilasciare l'attestato .
9) Tutti i documenti ,progetto, relazione tecnica certificato di Terna , verbale di connessione e messa in esercizio vanno inviati a GSE attraverso il portale telematico.
10) Il GSE invierà documento di convenzione per lo Scambio sul posto che sarà da firmare e reinviare .

Tutti i lavori impiantistici per essere eseguiti a regola d'arte devono rispettare le normative di legge . Nel campo elettrico il riferimento è alle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) , alle Norme UNI (Ufficio Normalizzazione Italiano) . IMQ (Istituto Marchio Qualità).

1) Norma CEI 64-8 per gli impianti elettrici a bassa tensione civili ed industriali ,
2) Guida CEI 82-25 per gli impianti fotovoltaici .
3) Norma CEI 11-27 per la sicurezza elettrica.
4) Norma CEI 81-10 per le protezioni da fulmini .
5) Norma CEI 0-21 per la connessione degli impianti di produzione alla rete in bassa tensione .
6) Guida CEI 0-2 per il progetto .
7) DM 37-2008 per la corretta esecuzione e sicurezza degli impianti.

Tra i documenti da inviare a GSE c'è anche l'elenco delle caratteristiche e numeri di serie dei moduli fotovoltaici e degli inverter installati . L'Enel o altro gestore richiede il regolamento di uso e manutenzione dell'impianto redatto dall'installatore e/o progettista direttore dei lavori .

NORMA ITALIANA CEI

Norma Italiana — *Data Pubblicazione*

CEI 0-21 — **2012-06**

Titolo

Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica

Title

Reference technical rules for the connection of active and passive users to the LV electrical Utilities

Sommario

La presente seconda edizione riporta le modifiche necessarie per rispettare quanto previsto nella delibera 84/2012/R/EEL, pubblicata in data 8 marzo 2012, che fissa alcuni criteri per garantire la sicurezza del sistema elettrico nazionale.

NORMA ITALIANA CEI

Guida
CEI 82-25

Data Pubblicazione
2010-09

Titolo
Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione

Title
Guide for design and installation of photovoltaic (PV) systems connected to MV and LV networks

Sommario
La presente Guida tecnica intende fornire ai progettisti, agli installatori e, in genere, agli operatori di impianti fotovoltaici i criteri per la progettazione, l'installazione e la verifica dei sistemi di generazione, destinati ad operare in parallelo alla rete di distribuzione di Media e di Bassa Tensione.
La presente edizione della Guida è d'ausilio al DM 06/08/2010 "Incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare".
Rispetto alla precedente edizione della Guida sono state introdotte, tra le altre, le seguenti modifiche principali:
- aggiunto l'Allegato D che riporta le prove essenziali da effettuare su moduli e assiemi fotovoltaici a concentrazione solare;
- aggiornato l'articolo sul dimensionamento meccanico per adeguarlo alle NTC (Norme Tecniche per le Costruzioni);
- aggiunto l'articolo sulla circolare n. 5158 del VVF (Impianti fotovoltaici in locali ad accesso pubblico con rischio di incendio);
- ampliato l'articolo riguardante la misura dell'irraggiamento solare e gli strumenti di misura relativi;
- inserita la parte relativa all'interfacciamento alla rete di distribuzione.
La Guida in oggetto sostituisce completamente la Guida CEI 82-25:2008-12.

GUIDA

© CEI COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO - Milano 2010. Riproduzione vietata

GSE
Gestore Servizi Elettrici

ACCESSO AL PORTALE INTERNET GSE

GUIDA D'USO PER LA REGISTRAZIONE E L'ACCESSO

Ver 1.6 del 30/01/2009

Grazie per l'attenzione .