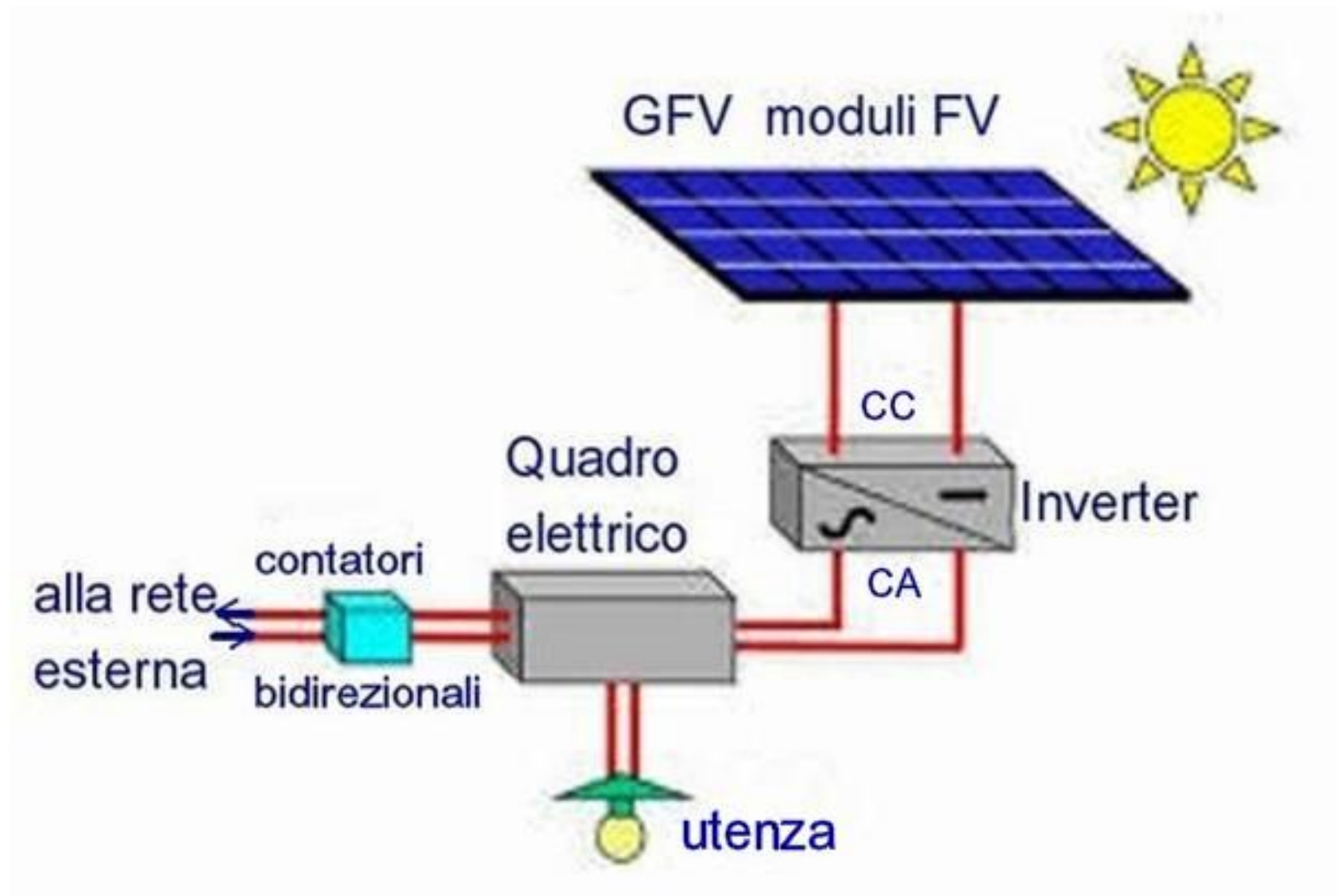


ABC dell'impianto fotovoltaico



UTE 19-20

Schema funzionale IFV



Assemblaggio del GFV

Il Generatore Foto Voltaico è un insieme di moduli collegati in serie-parallelo con modularità crescente **Modulo → Pannello → Stringa → Generatore FV (GFV)** .

Criterio di scelta della configurazione Serie - Parallelo:

La caratteristica elettrica d'uscita del GFV **non è data semplicemente dalla “somma serie-parallelo”** delle caratteristiche teoriche dei singoli moduli.

In esercizio si verificano **fenomeni di disadattamento elettrico tra i vari moduli** (piccole diversità , zone d'ombra, zone impolverate, ricoperte da neve, foglie ecc..) .

- **Nei Moduli in serie la corrente è limitata dal modulo che eroga la corrente più bassa.**
- **Nei Moduli in parallelo la tensione è limitata dal modulo a tensione più bassa.**

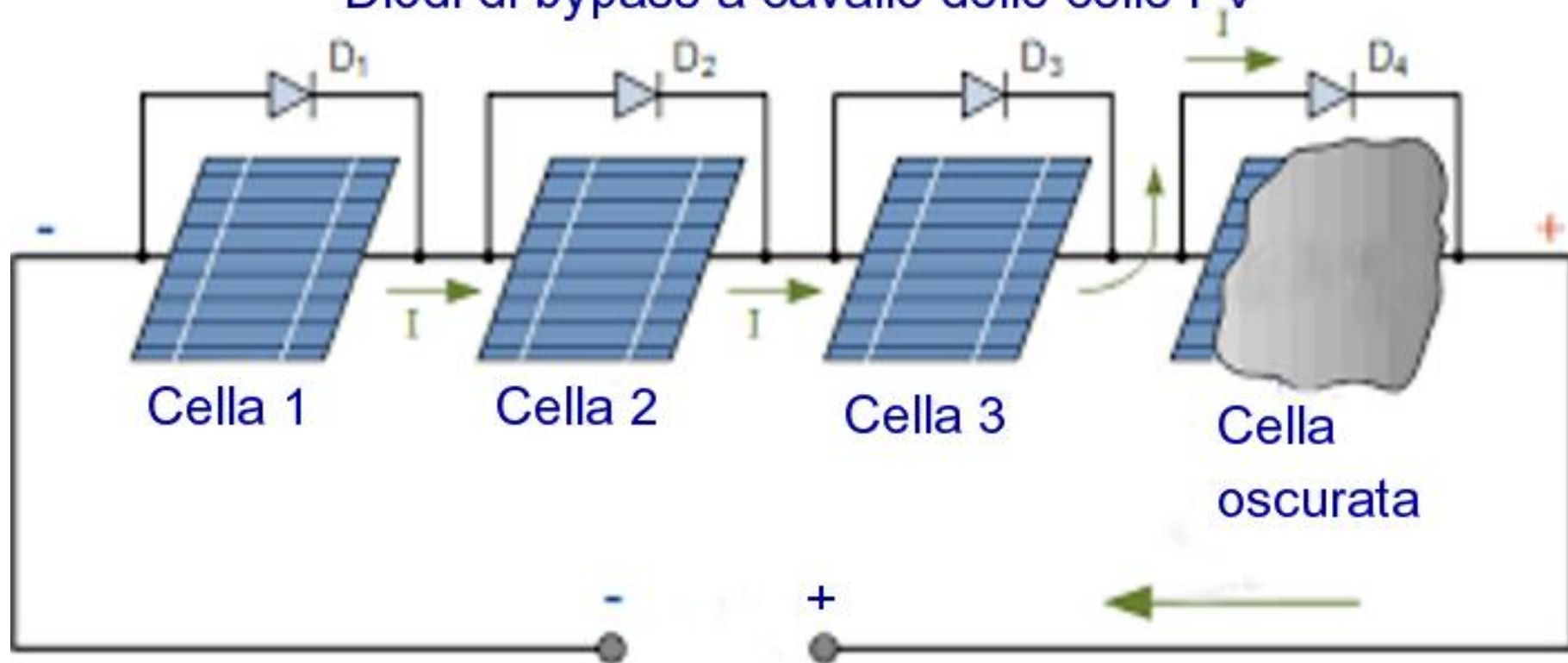
Questi disadattamenti possono causare perdite di potenza sino a circa il 10%.

Conclusione - la **SERIE** → **compensa squilibri di tensione,**
- il **PARALLELO** → **compensa squilibri di corrente.**

I diodi bypass proteggono l'IFV.

La cella 4 se non fosse protetta dal diodo D4, quando è ombreggiata non funziona più e si comporta come una semplice resistenza la quale, percorsa dalla corrente prodotta dalle altre celle, si surriscalda col pericolo di autocombustione e messa fuori servizio di tutto l'impianto.

Diodi di bypass a cavallo delle celle FV



Tipologie standard degli Impianti Fotovoltaici

IFV connessi in rete (grid connected)

Non hanno le batterie di accumulo
- l'effetto volano elettrico è svolto
dalla rete d'interconnessione.

- **Più affidabili** poiché in caso di
guasto, bypassano la rete.

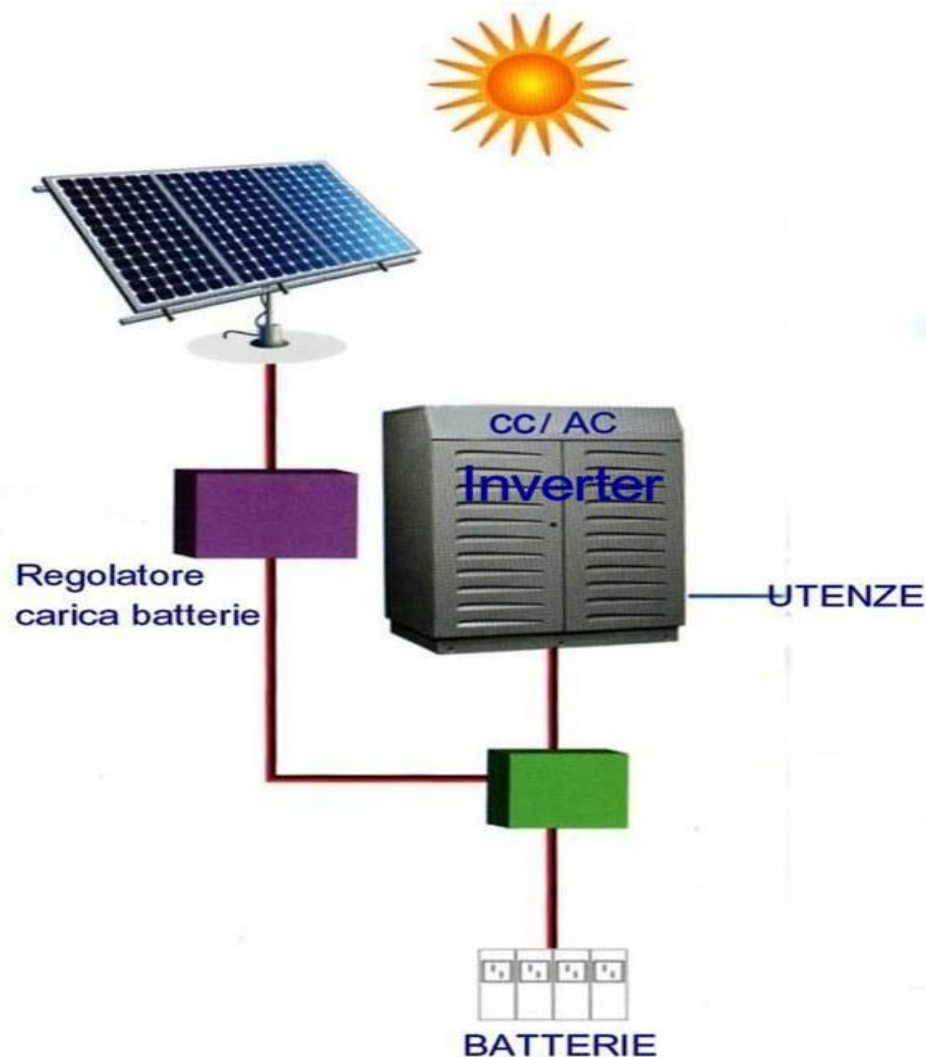
A = Contatore monodirezionale
di misura dell'energia prodotta
dall'impianto .

B = Contatore bidirezionale
di misura dell'energia
assorbita e/o inviata in rete.



Impianti ad isola (Stand alone)

- non collegati alla rete
- necessitano di batterie di accumulo per compensare il flusso di corrente (effetto volano elettrico).
- non totalmente affidabili dal punto di vista continuità di servizio: in caso di guasti non è possibile la commutazione su rete.



Impianti ibridi (FV + Eolico)

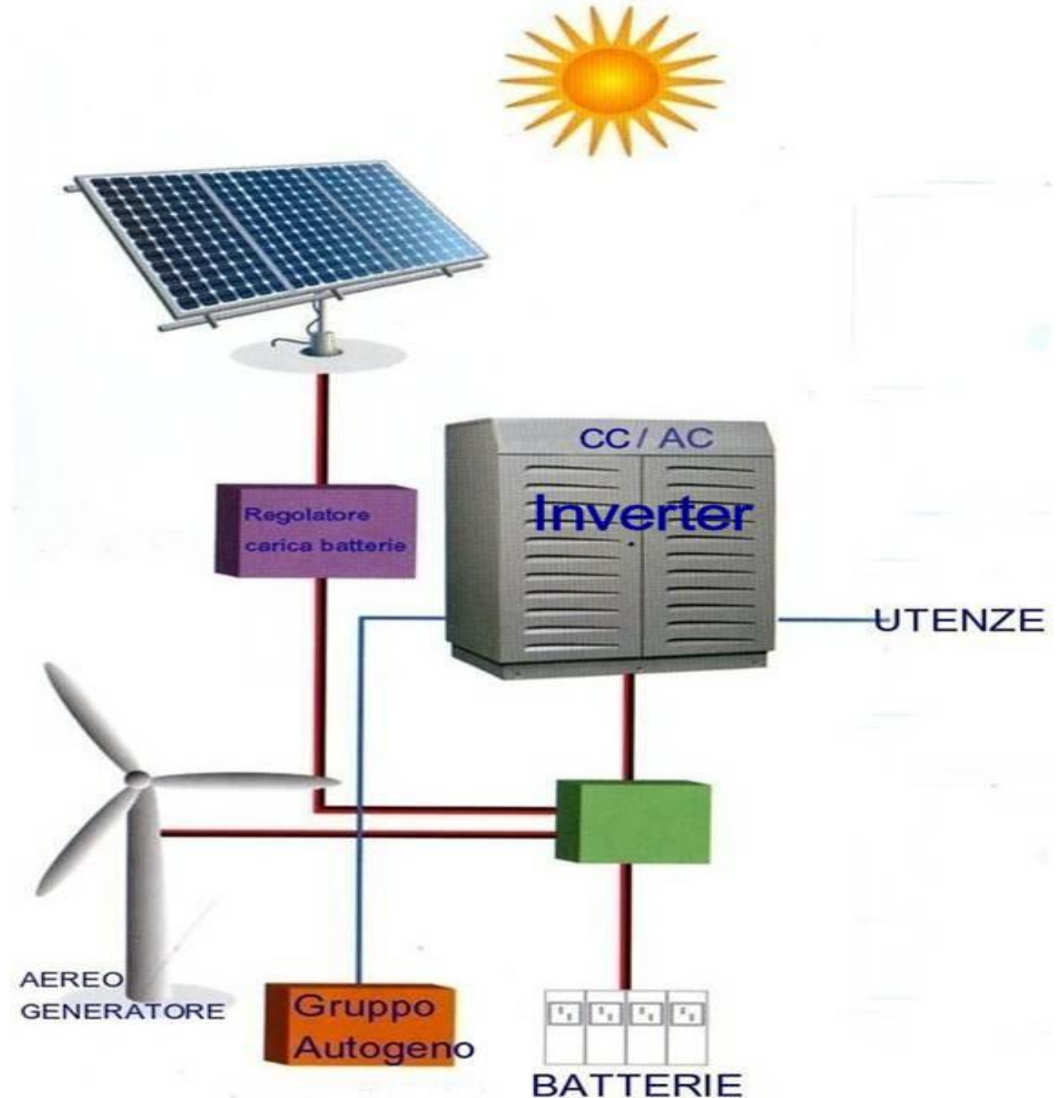
utilizzano mix con fonti
energetiche integrate :

Aereogeneratori

e/o

Gruppi autogeni.

- totale autonomia elettrica dell'impianto,
- continuità di funzionamento.



Fasi Principali del Progetto FV

- 1- Rigoroso rispetto e conformità alle Norme tecniche**
- 2- Analisi della risorsa solare**
- 3- Fabbisogno elettrico dell'Utente**
- 4- Dimensionamento del generatore Fotovoltaico**
- 5- Dimensionamento dell'Inverter**
- 6- Dimensionamento dei cablaggi e degli altri componenti (protezioni, organi di manovra, strumentazione)**

1 - Normativa di progetto

Un Impianto Fotovoltaico è concettualmente abbastanza semplice grazie soprattutto alla sua **modularità di configurazione** ottenibile con il **modulo FV “mattone base dell’Impianto”**.

Vi sono però delle **criticità di scelta e dimensionamento** che, se non valutate in fase progettuale e realizzativa , possono portare a problematiche e malfunzionamenti che incidono pesantemente sia sulla sicurezza di funzionamento che sull’efficienza operativa e sui risultati gestionali dell’IFV.

Anche per questo è quindi fondamentale attenersi scrupolosamente al **rispetto delle Normative Tecniche** che in questo settore sono numerose sia a livello nazionale che europeo-internazionale.

La progettazione e la certificazione degli Impianti FV in Italia deve essere conforme alle Norme tecniche specializzate tra le quali segnalo la fondamentale :

CEI 82-25 e successivi aggiornamenti

“Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione”

che contiene tra l'altro :

- le disposizioni legislative e prescrizioni normative,
- dimensionamento dei moduli FV
- dimensionamento energetico
- dimensionamento elettrico
- protezioni elettriche - misura dell'energia elettrica
- interfacciamento alla rete del distributore
- verifiche tecnico funzionali sui componenti
- verifiche tecnico funzionali su impianti installati

2-Analisi Radiazione Solare H_c sulla superficie inclinata del modulo FV

La radiazione solare disponibile è il parametro più importante del progetto. Per calcolare la radiazione sulla superficie inclinata (H_c) si può utilizzare il Software dell'ente Italiano ENEA disponibile sul WEB..

www.solaritaly.enea.it

(nella Home Page clicca su “**calcoli**” nella barra menù → clicca **al punto 2 RGGMM superficie inclinata (H_c)** e segui le istruzioni).

Con questo SW si calcola la radiazione solare H_c (**kWh/m² /anno**) per superfici **comunque orientate** secondo lo standard della norma **UNI 8477**.

Data entry principali del SW:

- Latitudine e Longitudine del luogo → Azimut ed Inclinazione (Tilt) del pannello FV
- Coefficiente di riflessione del terreno (tipico 0,25) → Selezionare standard UNI 8477
- Assenza o presenza di ostacoli alla luce → mesi e intervallo orario

Risultato → RGGMM su sup incl (H_c) = ... (kWh/mq)

Calcolo pratico di Hc

La tabella accanto riporta i coefficienti correttivi Cc (secondo lo standard UNI 8477) da applicare ai valori di Ho .

Noto Ho (dal sito Enea), si sceglie il coeff. Correttivo Cc in funzione di Tilt e Azimuth, e si calcola:

$$H_c = H_o * C_c$$

AZIMUTH	INCLINAZIONE TILT				VERTI CALE
	20°	30°	45°	60°	90°
0° (SUD)	1,11	<u>1,13</u>	1,11	1,03	0,75
± 15°	1,10	1,12	1,11	1,03	0,76
± 30°	1,09	1,11	1,10	1,03	0,78
± 45°	1,07	1,09	1,08	1,02	0,79
± 60°	1,05	1,06	1,04	0,99	0,78
± 90° (Est-Ovest)	0,99	0,97	0,94	0,88	<u>0,70</u>

3 - Analisi fabbisogno elettrico dell'Utente

La dimensione dell'IFV è calcolata sulla base del fabbisogno che va quindi calcolato o previsto con **accuratezza**, in base ai reali consumi dell'utenza.

Un criterio è fare la media dei consumi degli ultimi **tre anni dei consumi** ricavati dalle bollette energetiche.

Dai dati statistici Istat risulta che il **consumo medio standard della famiglia italiana con 4 persone** è compreso tra:

3.800 - 4.000 kWh/anno .

4 - Dimensionamento GFV

Fasi principali:

- Inclinazione e installazione dei moduli FV
- Collegamento (serie parallelo)
- Calcolo energia FV ricavabile

4.1 – Posizionamento dei Pannelli FV

Per rendere ottimale l'assorbimento delle radiazioni, i pannelli devono essere **inclinati ed orientati verso SUD**

(alle nostre latitudini).

L'assorbimento della radiazione dipende dai **due parametri TILT e AZIMUTH**:

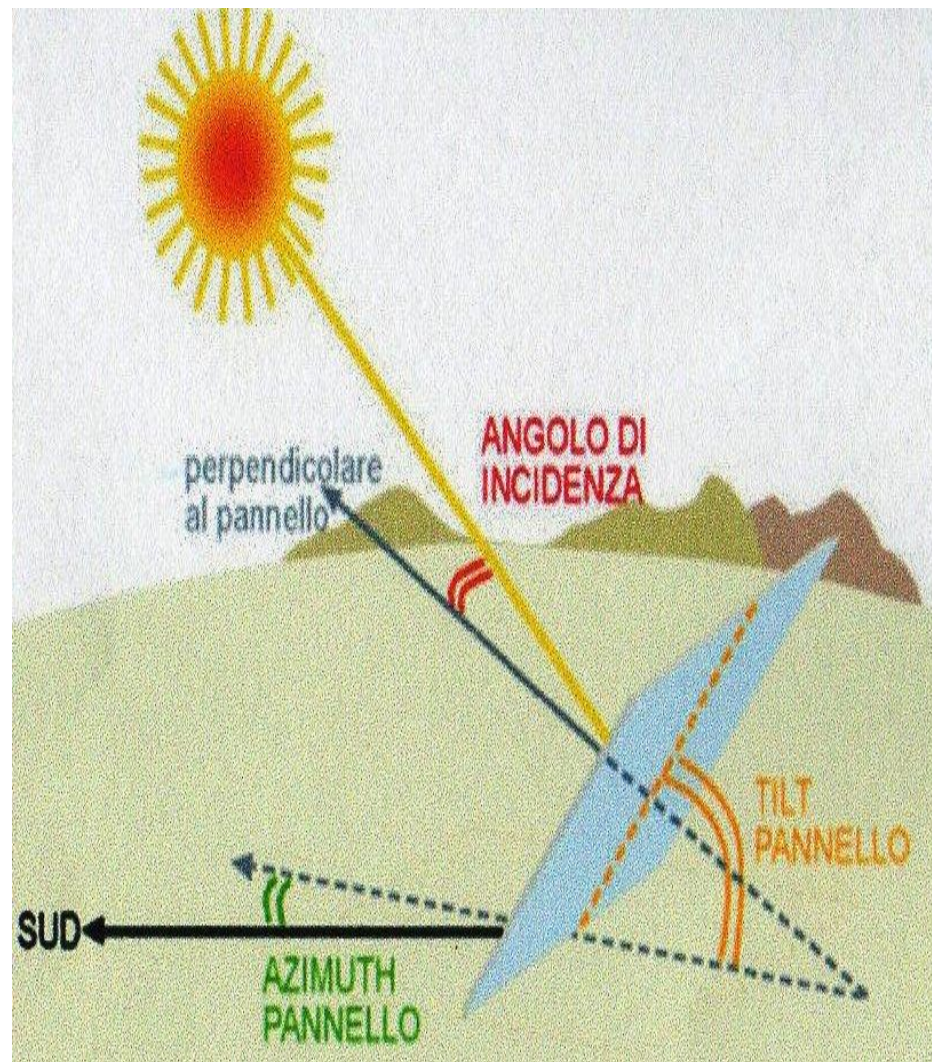
TILT = **inclinazione** del pannello sul piano orizzontale (**ottimale 30°**).

Per tilt molto diversi (es. 0° e 60°), l'irradiazione decade del **10÷15 %**.

Per applicazioni su facciate verticali, il decadimento può raggiungere il **30%**.

AZIMUTH: **orientamento** del pannello.

In un intervallo compreso tra -45° e +45° rispetto al sud (Sud-est, Sud-Ovest) il decadimento è contenuto entro il **5%**.



Coefficienti di riflessione al suolo

(da ENEA-UNI 8477)

Neve (caduta di fresco o con film di ghiaccio)	0.75
Superfici acquose	0.07
Suolo (creta, marne)	0.14
Strade sterrate	0.04
Bosco di conifere d'inverno	0.07
Bosco in autunno, campi con raccolti maturi e piante	0.26
Asfalto invecchiato, Tetti o terrazze in bitume	0.12
Calcestruzzo invecchiato	0.22
Foglie morte	0.30
Erba secca, Pietrisco	0.20
Erba verde	0.26
Superfici scure di edifici (mattoni scuri, vernici scure, ...)	0.27
Superfici chiare di edifici (mattoni chiari, vernici chiare, ...)	0.60

Valore tipico per il progetto di massima 0,25

4.2 - Tipologie d'Installazione dei Moduli FV

Principali tipologie:

- A terra in prossimità dell'utenza (fisso o con inseguitore)
- Sul tetto piano o terrazzi (fisso o con inseguitore)
- Sulle falde dei tetti volte a sud (retrofit o integrato)
- Sulle facciate volte a sud

Principali verifiche:

- 1- La corretta esposizione ed inclinazione dei moduli
- 2- L'assenza di ostacoli architettonici presenti e futuri, in grado di causare zone d'ombra sui moduli (→ pericolo di ombreggiamento)
- 3- La reale disponibilità dello spazio tecnico d'installazione.

In generale, in condizioni di posizionamento ottimale (Superficie captante a Sud con Tilt di 30° e Azimuth 0°).

-a- Installazione su tetto inclinato. (Retrofit o Integrati)

Sulla falda più soleggiata dell'edificio orientata a sud.

-b- Installazione su tetto piano (terrazzo) e su terreno orizzontale a terra

Su strutture portanti a cavalletto, fissate al terreno con ancoraggi o plinti di fondazione. Eventuali file devono essere distanziate tra loro per evitare effetti di ombreggiamento.

-c- Installazione su facciate (Retrofit e Integrazione)

In genere la soluzione migliore dal punto di vista anche architettonico è l'integrazione in sede di progetto iniziale dell'edificio.

Inconvenienti : maggiore possibilità di ombreggiamenti da parte di altri edifici, penalizzazione a volte

eccessiva nel caso di orientamenti non ottimali .

-d- Installazioni su strutture per inseguimento solare

Moduli montati sui telai della struttura inseguitrice (1 o 2 assi). Le strutture di sostegno vanno

progettate e verificate per resistere ai:

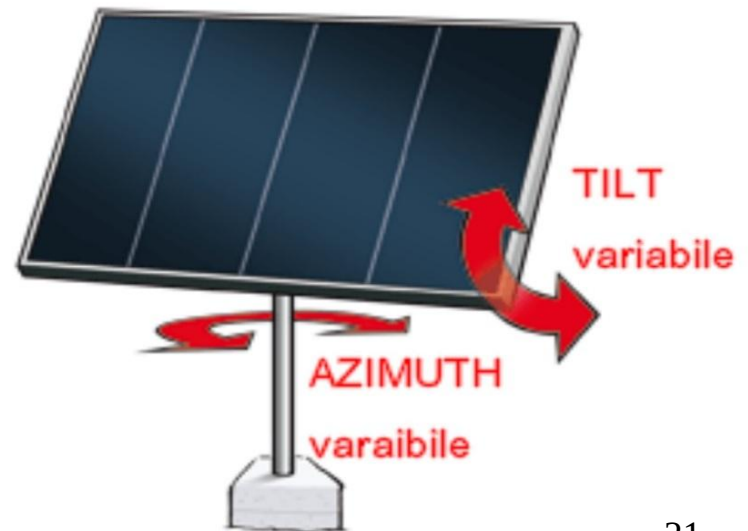
- Carichi permanenti (Peso delle strutture + peso dei moduli FV)
- Sovraccarichi (carico della neve, spinta del vento, variazioni termiche).
- Eventuali effetti sismici .

IFV INSEGUITORE (GIRASOLE)



Principio funzionamento - Tipologie

- **Monoassiale più semplice**
in genere rotazione solo sull'asse dell' AZIMUTH per seguire la traiettoria del sole durante il giorno.
- **Biassiale più efficace**
la rotazione avviene sia in verticale che in orizzontale.
→ ottimizzazione della posizione dei pannelli rispetto ai raggi solari.



Esempi di IFV girasole



Vantaggi Inseguitore solare (Girasole)

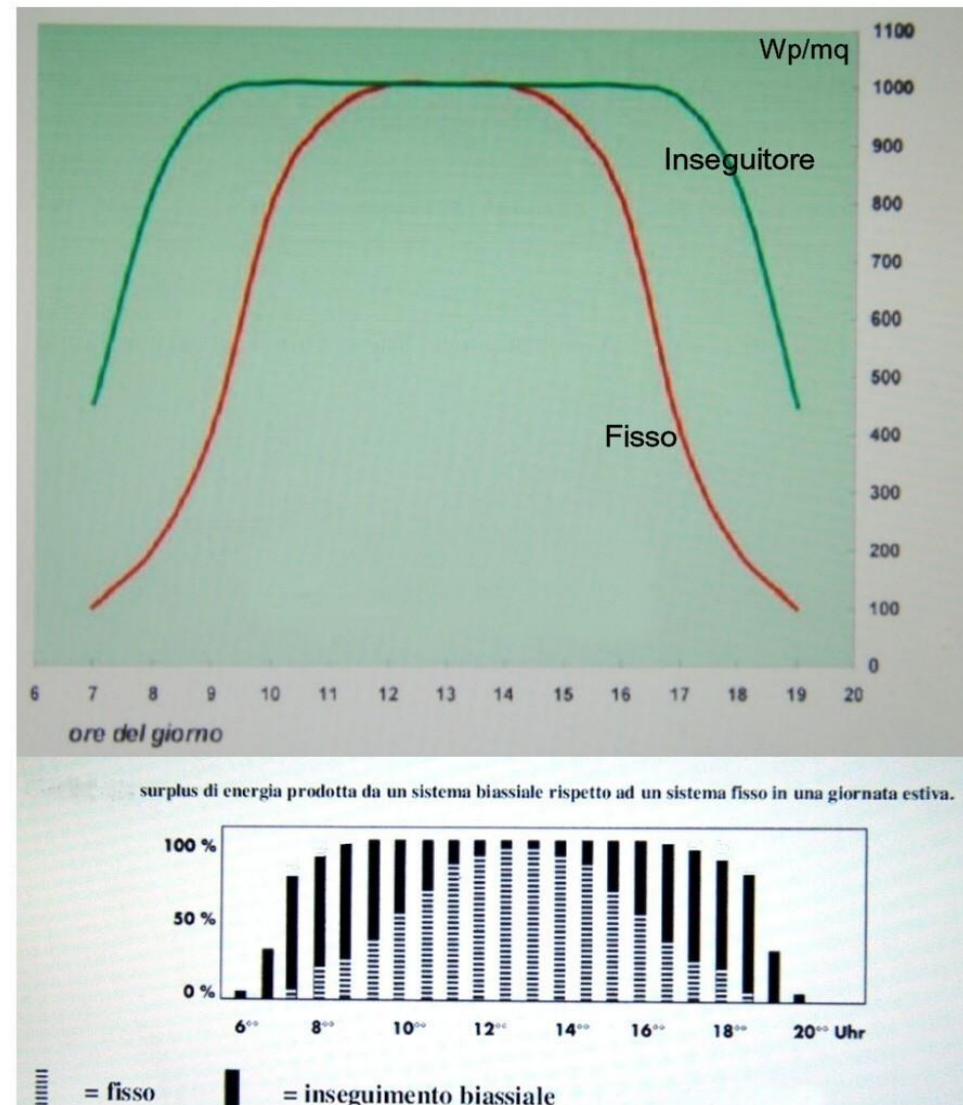
Modulo fisso (curva rossa):

l'assorbimento varia da zero (alba) gradualmente fino al massimo (mezzogiorno) per poi tornare a zero al Tramonto.

Modulo con Inseguitore (curva verde):

già due ore dopo l'alba, il modulo è in grado di raggiungere il massimo assorbimento, che viene mantenuto fino a circa 2 ore prima del tramonto, ridiscendendo poi a zero rapidamente.

Le barre nere del grafico accanto indicano l'energia in più producibile grazie all'inseguitore (oltre 30% in più).



Fattori di correzione della potenza di picco

Coefficienti di riduzione per inclinazione ed orientamento dei moduli, diversi da quelli ottimali, alle varie latitudini Italiane. Evitare la zone verdi (rendimenti inferiori a 80%). (fonte: Phebus)

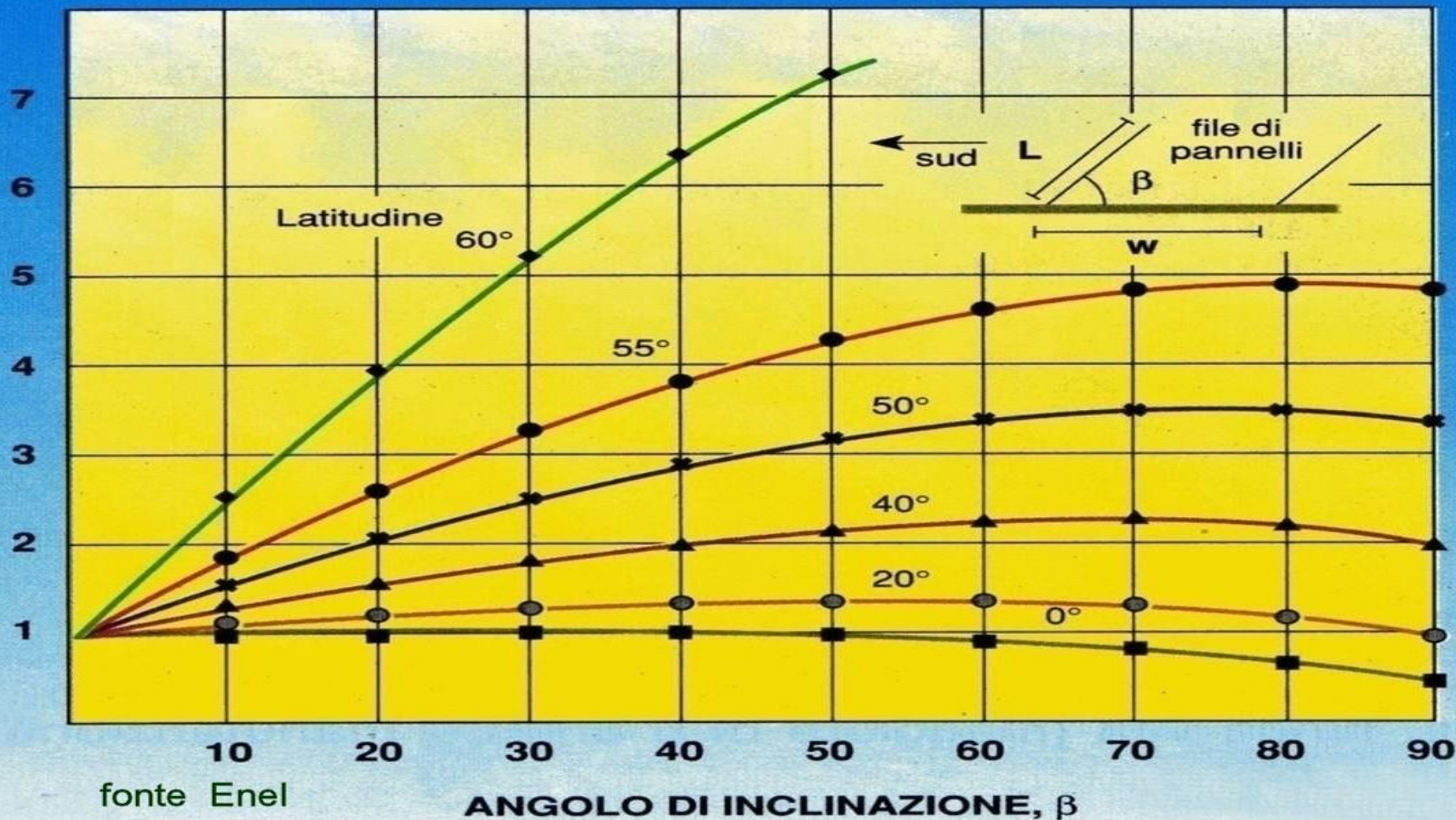
INCLINAZIONE ORIENTAMENTO		 0° 	 30° 	 60° 	 90° 
EST		0,93	0,90	0,78	0,55
SUD-EST		0,93	0,96	0,88	0,66
SUD		0,93	1,00	0,91	0,68
SUD-OVEST		0,93	0,96	0,88	0,66
OVEST		0,93	0,90	0,78	0,55

Ombreggiamento dei moduli FV

Distanza minima (w) tra le file dei pannelli FV per evitare ombreggiamenti nel periodo più sfavorevole (Solstizio invernale, ore 12) Calcolo grafico.

MINIMA DISTANZA TRA LE FILE
LUNGHEZZA DEI PANNELLI

$$\left(\frac{w}{L}\right)$$



4.3 - Energia totale producibile in un anno:

$$\underline{Eta} = \eta_{fv} * K_{fv} * \eta_e * H * \underline{A_{fv}} = a * H_c * \underline{A_{fv}}$$

H_c (kWh/m²/anno) = Radiazione solare totale sui moduli FV (inclinati)

$a = \eta_{fv} * K_{fv} * \eta_e$ è il coefficiente di resa totale dell'IFV

(η_{fv} = Efficienza FV (dipende dalla tecnologia → per il silicio da 12-18-20 %).

(K_{fv} = Coefficiente d'utilizzo fotovoltaico (surriscaldamenti, riflessioni, polvere) → 0,9)

(η_e = Rendimento elettrico totale (Inverter 0,96÷0,98 e cablaggi 0,98) → ~ 0,95)

**-1- Energia producibile
annua (noto A_{fv})**

$$\underline{Eta} = \underline{a * H_c * A_{fv}}$$

(kWh/anno)

**-2- Superficie captante
necessaria (noto E_{ca})**

$$\underline{A_{fv}} = \underline{Eta / a * H_c}$$

(m²)

Tabella formule tipiche per il Silicio

(per materiali diversi dal Silicio cambiano i coefficienti η_{fv})

	Kfv	η_e	η_{fv}	a	Eta (kWh/anno)	Afv (m ²)
Silicio						
Monocristallino	0,9	0,95	0,20	0,171	<u>0,171*Hc*Afv</u>	<u>5,85*Eta/Hc</u>
Policristallino	0,9	0,95	0,18	0,154	<u>0,154*Hc*Afv</u>	<u>6,49*Eta/Hc</u>
Amorfo	0,9	0,95	0,12	0,103	<u>0,103*Hc*Afv</u>	<u>9,71*Eta/Hc</u>

Flusso energie in regime scambio sul posto

E1 = energia prodotta dall'IFV

EC = energia consumata dall'Utente

ER = energia prodotta dall'IFV ed
immessa in rete

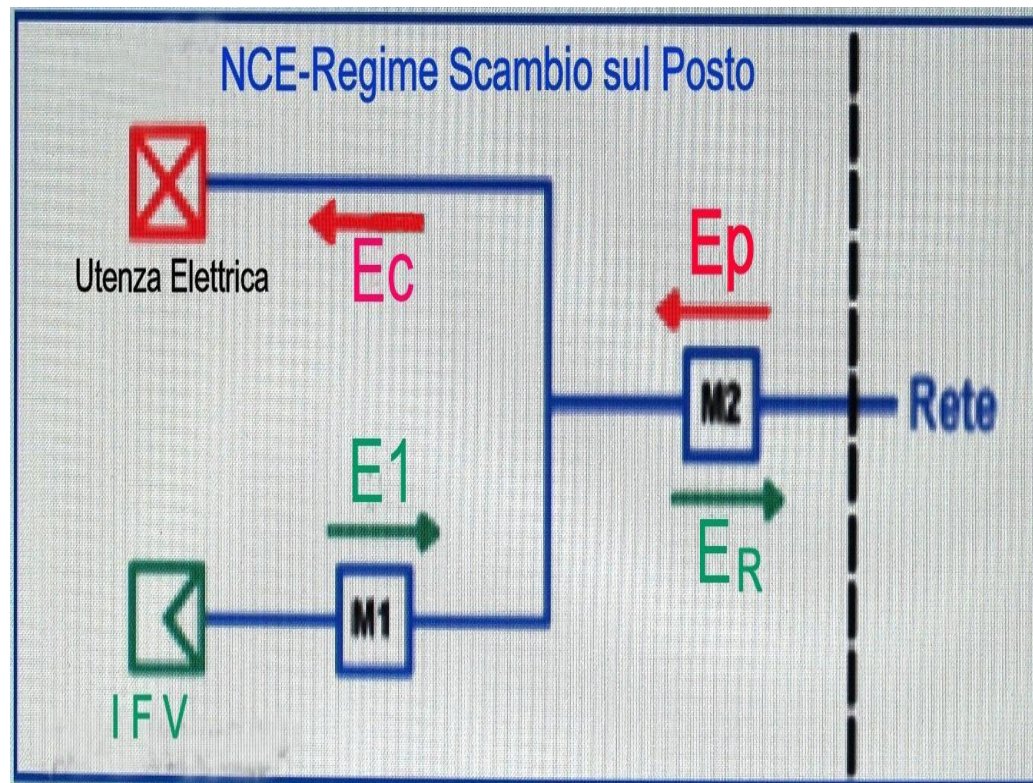
EP = energia prelevata dalla rete

M1 = contatore dell'energia prodotta
dall'IFV

M2 = contatore di misura
“bidirezionale” dell'energia
scambiata con la rete

Bilancio energetico del sistema

$$E1 - EC = ER - EP$$



- **Quando IFV non produce**
(di notte o per altri motivi)

$$E_c = E_p$$

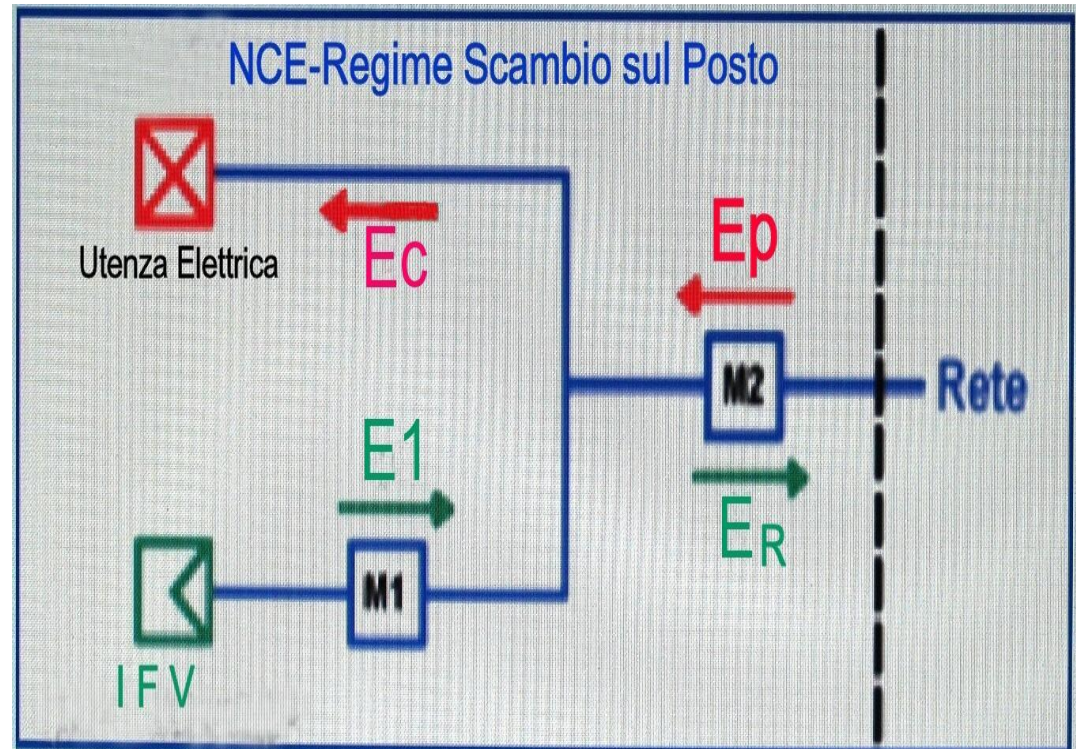
prelievo totale dalla rete

- **Quando IFV produce:**

- * $E_1 = E_c$ saldo nullo
autoconsumo al 100%

- * $E_1 > E_c$ saldo positivo
cessione di energia alla rete.

- * $E_1 < E_c$ saldo negativo
prelievo dalla rete.



5- Scelta dell' Inverter

L'inverter converte la corrente continua prodotta dal generatore FV in corrente alternata da immettere in rete .

E' il cuore del sistema Fotovoltaico: dalle sue caratteristiche, efficienza e affidabilità dipende la resa e la durata dell'impianto.

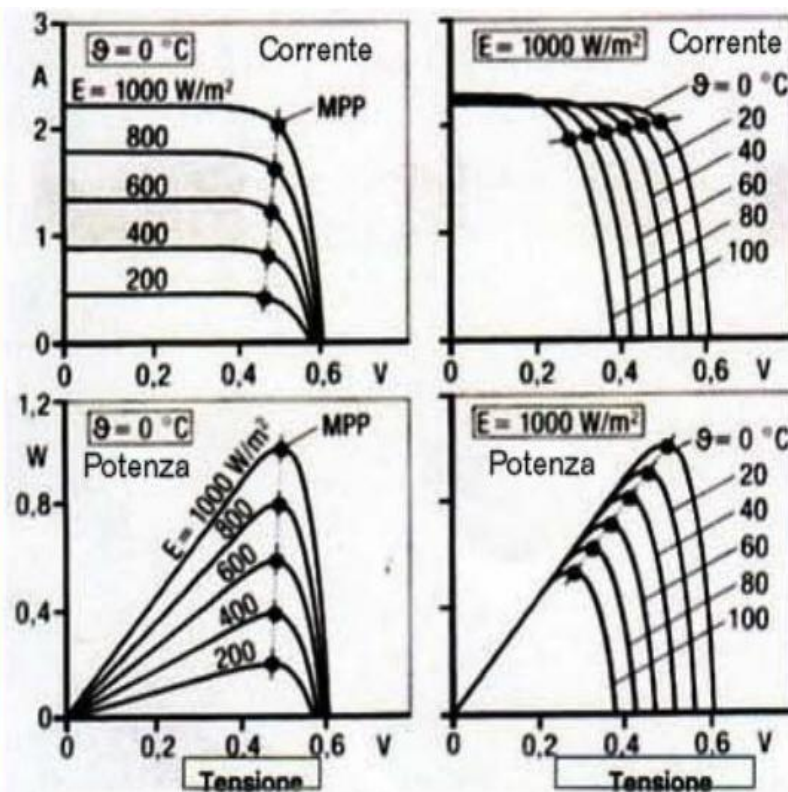
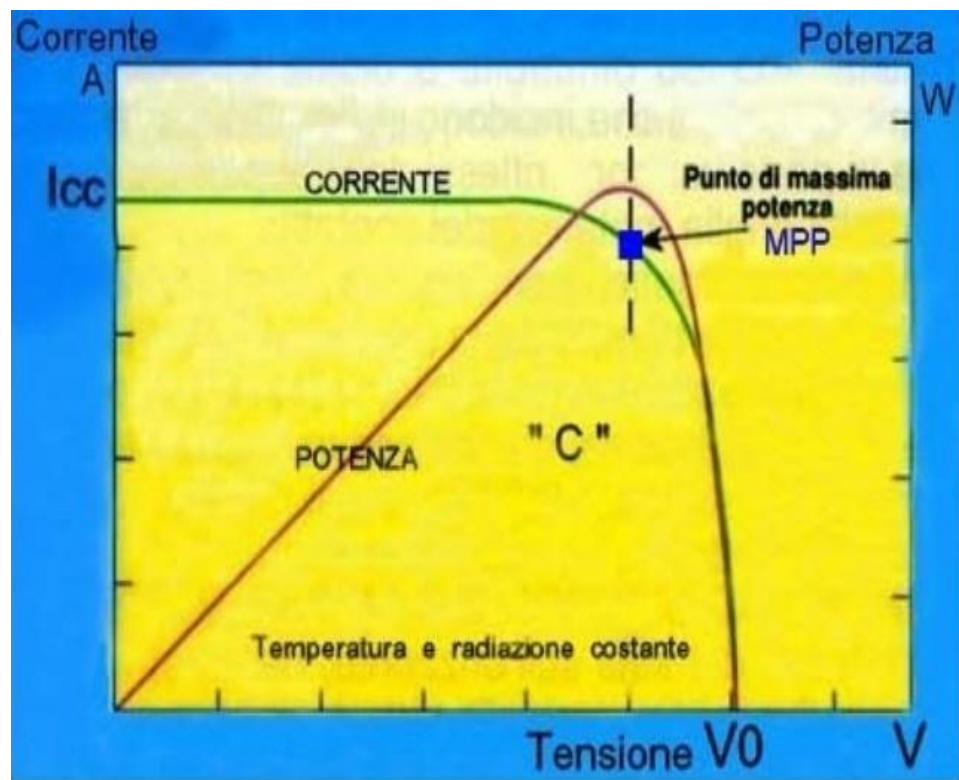
L'inverter , tramite funzioni elettroniche di controllo della potenza elaborata, è in grado di "estrarre" con **continuità e rapidità** dai pannelli solari, la massima potenza disponibile in qualsiasi condizione meteorologica, mantenendo così la condizione di rendimento ottimale.

Il controllo e la gestione dell'inverter sono assicurati da un particolare circuito elettronico detto **MPPT** (**M**aximum **P**ower **P**oint **T**racker).

Funzione di MPPT (Maximum Power Point Tracking).

Il punto di massima potenza **MPP** varia con l'irraggiamento e la temperatura. Per ottenere la massima efficienza, la retta di carico deve intersecare la caratteristica I-V in MPP e l'Inverter deve rimanere sempre **"agganciato" elettricamente a MPP**.

Un circuito di controllo retroazionato (MPPT) tra uscita del GFV e ingresso dell'Inverter, permette l'adattamento continuo d'impedenza per il massimo trasferimento di potenza.



(Fonte: Corso SMA)

Residenziale



UTE

19 - 20

Domotica



La seguente tabella evidenzia l'attuale suddivisione per fasce di potenza degli IFV in Italia

Fasce di potenza Kw (secondo rapporto GSE 2018)	settori tipici
$1 \leq P \leq 3$	residenziale vero e proprio
$3 < P \leq 20$	residenziali commerciali
$20 < P \leq 200$	industriali medi
$200 < P \leq 1.000$	industriali grandi
$1.000 < P \leq 5.000$	grandi impianti
$P > 5.000$	grandi parchi solari

IFV residenziale in prospettiva

- Anche se il GSE identifica un IFV residenziale nella fascia di potenza
- 0-3 kW, dobbiamo considerare due fondamentali prospettive:
- 1- il progressivo aumento dei vari dispositivi d'utenza e tecnologici nelle famiglie
- 2-la prospettiva in un prossimo futuro di una integrazione tra FV e ricarica auto elettriche nei futuri sistemi di e-mobility
- **Per questo è più ragionevole parlare di**
- **residenziale allargato nella fascia di**
- **potenza 0-20 Kw**

Fabbisogni di energia annua per famiglie tipo italiane	
Famiglia media	kWh/anno
2-3 persone	2.500
3-4 persone	3.500
4-5-persone	4.500
5-6-persone	5.500

Principali vantaggi del FV residenziale

- 1) **Costo contenuto e in diminuzione**
- 2) **Detrazione fiscale** del 50% dei costi sostenuti, su un periodo di 10 anni.
- 3) **Aumento del valore dell'immobile per 2 ragioni:**
 - - l' impianto residenziale permette di contenere i costi delle utenze
 - - migliora l'efficienza energetica della struttura.
- 4) **Autoconsumo dell'energia prodotta fino ad oltre l'80%**
 - possibilità di consumare direttamente l'energia elettrica prodotta, senza dover prelevare energia dalla rete con un **sistema di accumulo** in grado di stoccare l'energia prodotta in eccesso e consumarla nelle ore notturne e nelle fasce orarie in cui l' energia richiesta è superiore a quella prodotta.
- 5) **Risparmio in bolletta**
- 6) **Costi ammortizzati in pochi anni**
- 7) **Manutenzione minima degli impianti**
- 8) **Rispetto dell'ambiente→ riduzione CO2 nell'ambiente.**

IFV residenziale ideale

- La scelta dell'IFV è legata al valore della reale energia producibile in relazione ai
- fabbisogni annui.
- L'energia FV generata varia continuamente durante il giorno in relazione alle
- stagioni, le diverse posizioni giornaliere del sole e alle condizioni meteo e quindi
- **l'ideale sarebbe che istante per istante l'energia solare prodotta sia uguale**
- **all'energia richiesta dall'utenza.**
- Ma questo ovviamente **quasi mai si verifica** perciò le soluzioni impiantistiche
- adottabili sono in pratica due:
- **1- IFV con scambio sul posto** che consente il bilanciamento continuo dei flussi energetici (eccedenza fotovoltaica immessa in rete) carenza energetica prelevata dalla rete che quindi fa da **volano energetico** dell'utenza.
- Soluzione però normalmente sfavorevole per l'utente, infatti a parità di quantità, la valorizzazione in euro di quella immessa in rete è sempre minore della corrispondente assorbita .

- 2 – **IFV con accumulo** cioè con **batterie** per renderlo energeticamente autonomo il più possibile dalla rete esterna.
- → si installa **un sistema di batteria** che consente l'accumulo dell'energia fotovoltaica eccedente e l'utilizzo della stessa quando necessario, evitando o riducendo al minimo il prelievo dalle rete esterna.
-
- **Concludendo :**
- che taglia di impianto mi conviene installare?
- La massima convenienza, anche dal punto di vista economico, si ha installando un
- impianto che produca **nell'arco dell'anno** la stessa energia che si prevede
- consumare con **un margine di extraproduzione del 15 - 20%.**
- La produttività dipende principalmente dall'orientamento dei pannelli FV
- e da eventuali situazioni di ombreggiamento parziale che potrebbero diminuire
- l'irraggiamento sui pannelli (es. presenza di alberi o camini).

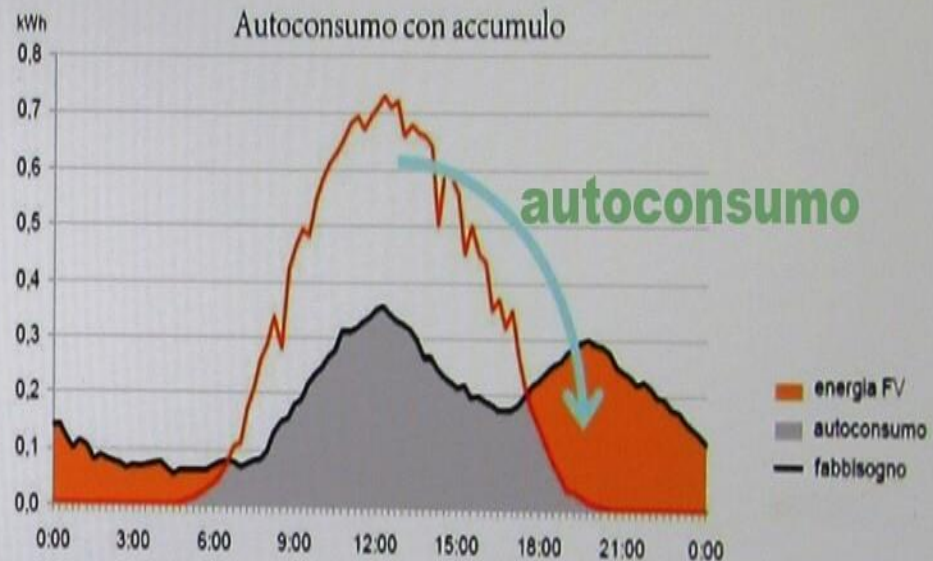
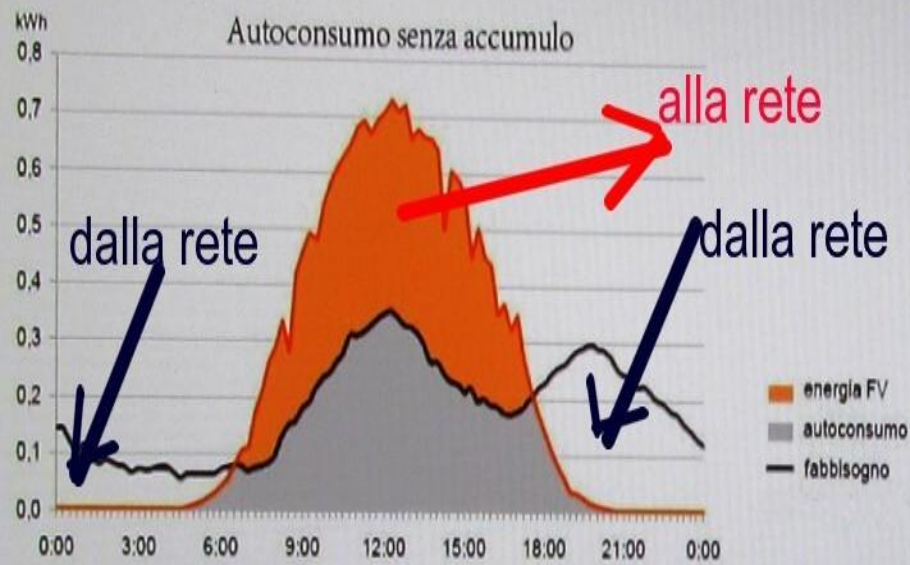
IFV con accumulo



- Sviluppo in Italia a partire dal 2014 grazie anche al progressivo calo dei prezzi delle batterie e al loro miglioramento tecnologico.
- **L' IFV con accumulo si sta sviluppando soprattutto nel mercato residenziale allargato (fascia 3-20 kWp).**
L'utente domestico può scegliere liberamente la modalità di approvvigionamento di energia elettrica guadagnando non solo economicamente, ma anche a livello di indipendenza energetica.
- Le batterie per l'accumulo possono essere montate successivamente all'installazione dei pannelli quando è più chiara la dinamica dei flussi energetici con e dalla rete esterna.
- **- *senza sistema di accumulo la quota di autoconsumo (cioè svincolato dalla rete) arriva a circa il 40%***
- **- *con il sistema di accumulo si può arrivare a oltre 80%.***
- **REGOLE TECNICHE PER L'ATTUAZIONE DELLE DISPOSIZIONI RELATIVE ALL'INTEGRAZIONE DI SISTEMI DI ACCUMULO DI ENERGIA ELETTRICA NEL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE (ai sensi delibera 574/2014/R/eel e s.m.i.)**
- **(scaricabile dal sito GSE “ GSE sistemi di accumulo” → regole tecniche**

Senza e con accumulo

Se durante il giorno la tua famiglia trascorre molte ore fuori casa, magari per lavoro, e i consumi di elettricità si concentrano di notte, la realizzazione di un **Impianto Fotovoltaico con Accumulo** è una scelta conveniente e intelligente. In questo caso, siccome i consumi di energia elettrica si concentrano di sera e di notte, l'accumulatore è una vera e propria miniera d'oro e consente di massimizzare l'autoconsumo e sfruttare al massimo la produzione dell'impianto fotovoltaico presente sul tetto.



Grazie ad un **accumulatore di ultima generazione**, progettato per garantire *efficienza energetica* e *lunga durata nel tempo*, come nel caso degli accumulatori al litio presenti negli inverter con accumulo, sarà finalmente **conveniente** sfruttare anche di notte l'energia elettrica prodotta di giorno dai pannelli solari

Criteri di dimensionamento degli IFV con accumulo

- Alcune definizioni sulle batterie :
- **Potenza specifica** (W/Kg) → potenza specifica generabile .
- **Energia specifica** (Wh/Kg) → energia specifica erogabile
- **Efficienza energetica di carica/scarica** (%) → rapporto % tra energia scaricata e energia spesa per riportare il sistema di accumulo nello stato di carica iniziale.
- **Durata** → numero di cicli di carica e scarica nell'arco della vita utile
- di funzionamento della batteria.
- In genere con la presenza di batterie di accumulo si raggiunge un autoconsumo ,
- svincolato dallo scambio con la rete , pari ad oltre l'80% dell'energia totale.
- In generale per il sistema di recupero si adotta una energia nominale (kWh) pari
- a circa il 50-60 % in più della potenza di picco dell'IFV.
- Le batterie consentono di stoccare l'energia FV prodotta e non consumata di giorno
- (es. mattino) per poterla poi utilizzare la sera , di notte o al mattino presto.

Batterie per accumulo

- Due tipologie più diffuse: attualmente
- **1 - Batterie al Piombo-acido**
 - - più economiche, ma con vita utile minore (fino a circa 2500 cicli di carica/scarica).
 - - Ingombranti e devono essere posizionate per legge in locali areati, perché in fase di carica producono gas idrogeno.
 - - Limitata profondità di scarica (50%) , cioè solo se non vengono scaricate per oltre la metà della loro capacità di accumulo nominale
 - → una batteria Pb-acido da 10 kWh nominali garantisce un accumulo utile di 5 kWh.
- **2 - Batterie agli ioni di Litio tipo quelle per le auto:**
 - - meno pesanti ed ingombranti
 - - vita utile molto più lunga (fino a 10.000 cicli)
 - - profondità di scarica 80–100% della capacità nominale
 - - più costose ma nettamente migliori nel rapporto costi/benefici.
- **In un futuro prossimo → riciclo batterie Litio usate dal mercato auto BEV**

Prospettiva futuro dell'accumulo

- Completa indipendenza dalla rete elettrica esterna
- Questo obiettivo è chiamato “ **grid defection**” ed è analogo alla “ grid parity” del FV di potenza.
- Per ottenerla bisognerebbe dimensionare l'IFV con accumulo in modo da coprire il 100% dei consumi elettrici in ogni stagione. per tutto l'anno, **cosa attualmente impossibile.**
- Staccarsi completamente dalla rete , oltre a costi molto elevati e non proponibili, potrebbe esporre l'utente ad un possibile peggioramento della continuità della fornitura, ossia alla possibilità che si verifichino interruzioni del servizio (in caso ad esempio di guasti all'inverter) di durata maggiore rispetto a quelle che potrebbe subire un utente connesso alla rete elettrica nazionale.
- **Conclusione:**
- **la possibilità di staccarsi dalla rete in modo definitivo potrà essere fattibile , in futuro , quando la riduzione dei costi (pannelli Fv e batterie) sarà molto netta (oltre il 40-50 % rispetto ad oggi) e previo accordo contrattuale .**

Fotovoltaico e Accumulo e-mobility

Un' altra promettente applicazione del FV abbinato all'accumulo è quella che si sta verificando nel settore **dell'e-mobility (auto elettriche)** dove sempre di più si stanno scoprendo i benefici e le potenzialità dei sistemi di accumulo.

- **il settore energetico verso nuovi campi di sviluppo tecnologico e sociale.**
- **Parallelamente alla crescita della e-mobility, si stanno studiando e offrendo soluzioni intelligenti che abbinano il Fotovoltaico e le ricariche delle batterie delle auto elettriche in sistemi integrati ed interconnessi.**

Vademecum scelta IFV domestico

- **Dimensionamento**

- **Scelta ottimale** → dimensionare l'impianto su misura dei propri consumi.
- In generale conviene, che l'impianto non produca più energia di quella consumata, perché l'eccedenza immessa è valorizzata meno di quella prelevata dalla rete.
- L'IFV va quindi “scelto su misura dell'utente” → a parità di consumi basterà **un impianto più piccolo** e perciò meno costoso **dove c'è più Sole**.
- Es.: una famiglia tipo (4 persone) che consuma 4.000 kWh/anno, se vive al Sud sceglierà un impianto da circa 2,8 – 3 kWp, mentre al Nord di 3,4 – 3,6 kWp.
- - **Esposizione del tetto** (→ ottimale se esposto perfettamente **a Sud** e se permette di installare i moduli con la giusta inclinazione).
- Uno scostamento di 90° a Est o Ovest causa una riduzione di circa il 20% della produzione su base annuale.
- Alle latitudini italiane, moduli inclinati **oltre i 30°** producono meno di quelli inclinati meno di 30°: più i moduli sono inclinati e meno producono.
- Moduli verticali (pareti edifici) inclinati a 90°, quindi verticali, perdono il 30% rispetto alla condizione ottimale.

Agenti atmosferici sui pannelli FV

1) L'EFFETTO DELLA PIOGGIA

La pioggia può creare dei problemi nel caso di pannelli solari installati sui tetti, infiltrandosi a- attraverso i fori di fissaggio (sistemi non integrati e fori non ben sigillati – b- dai bordi che separano i pannelli fra loro (sistemi integrati).

2) EFFETTO DELLA GRANDINE

Probabilità di danneggiamento molto bassa . I pannelli FV sono ricoperti di vetro temperato altamente resistente. In condizioni di test standard, resistono a chicchi di grandine larghi fino a due centimetri e mezzo.

3) EFFETTO DELLA NEVE E DEL GHIACCIO

Anche i pannelli FV inclinati di circa 30° possono trattenere la neve se abbondante. Perciò devono essere liberati il prima possibile dalla neve per permetterne il regolare funzionamento, pena un calo sostanziale o totale nell'energia elettrica prodotta, oltre che per evitare eventuali danni meccanici

4) L'EFFETTO DELLA CONDENSA

Per i pannelli FV non integrati l'aria che circola dietro di essi evita che si crei condensa I pannelli FV integrati la cui parte sottostante è esposta ad uno spazio abitato pongono, invece, problemi simili ai vetri posti nei lucernari → garantire adeguata ventilazione .

- ***Massimizzare l'autoconsumo***

- riuscire ad utilizzare direttamente, senza farla passare per la rete, la maggior quantità
- possibile di energia autoprodotta dall' IFV.
- L'autoconsumo medio della famiglia italiana tipo (4 persone) è di circa il 30-40%.
- Questa % può essere aumentata **spostando nelle ore di sole** tutti quei **consumi elettrici 'gestibili'**, come lavastoviglie, lavatrici e asciugatrici.
- Esistono sistemi di domotica in grado di regolare la distribuzione dei carichi elettrici nell'arco della giornata.
- - L'energia autoconsumata sostituisce quella prelevata dalla rete ed è più conveniente perché su questa **non si pagano oneri** di rete e di sistema, tasse e costi di fornitura (voci che pesano anche più del 45-50% del prezzo del kWh venduto dalla rete).
- **Scambio su posto**, molto diffuso, funziona come una sorta di batteria virtuale, .
- A volte conveniente abbinare al fotovoltaico l'installazione di **pompe di calore elettriche** → spostano i consumi per il riscaldamento dalla bolletta del gas a quella elettrica .

- **Aggiungere le batterie negli IFV ad accumulo**
- **Batterie di accumulo** → sempre più diffuse con tecnologie Li-ion
- Costi ancora elevati, ma anche le batterie, godono della detrazione fiscale del 50%
- Previste nei prossimi anni significative **riduzioni dei costi** come nella e-mobility.
- **E' quindi utile installare da subito un gruppo Inverter –regolatore già predisposto per un futuro ampliamento con batterie di accumulo.**
- **Materiali**
- Scegliere moduli FV di **marche internazionalmente riconosciute**, sia per esperienza
- che per la garanzia del post vendita in particolare :
- 1 – Garanzia del decadimento % (inevitabile) dell'efficienza nei ca 25-30 anni di vita
- 2 - Disponibilità di manutenzione programmata (controlli e monitoraggi biennali).
- 3 - Dispositivi di ottimizzazione della produzione energetica. → dispositivi di controllo del funzionamento dei moduli FV
- **Garanzie minime**
- - **moduli FV** → **25-30 anni sulle prestazioni** (con -0,6% , - 0,8 % all'anno)
- - **inverter** la garanzia più comune è **8 - 10 anni** di copertura.

Prospettive IFV-R

- Il FV residenziale ha raggiunto e superato il 50% dei nuovi IFV dal 2018.
- Vantaggi principali:
 - **Calo dei prezzi dei moduli FV**
 - **Calo delle batterie per accumulo**
 - 1- diminuzione del costo delle materie prime, in particolare il litio, necessarie per produrre le batterie con accumulo grazie anche all'aumento dei produttori di batterie
 - per accumulo a livello mondiale (concorrenza).
 - 2- miglioramento continuo delle prestazioni delle batterie, ora hanno una capacità di accumulo maggiore rispetto al passato
 - **Detrazioni e bonus fiscali** anche per gli IFV con accumulo ex novo e sia per chi aggiunge un pacco batterie al fotovoltaico esistente.

Esempi di tetti fotovoltaici

Tetto FV retrofit



Tetto FV amorfo integrato



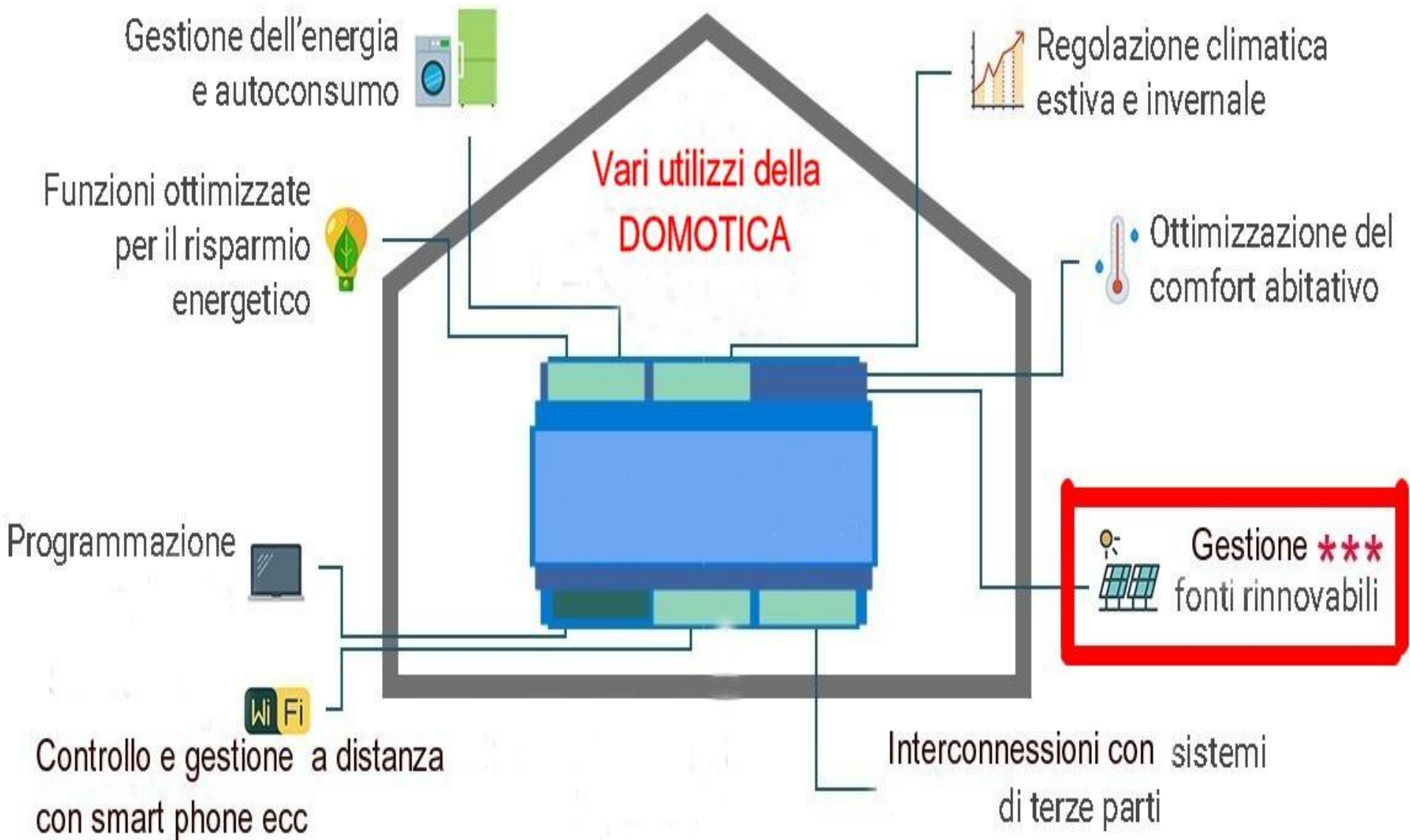
Tetto FV integrato



Tetto FV su capannone



Domotica per la casa



La Domotica oggi e domani

L'uomo al centro della casa → un nuovo modo di concepire la casa, gli spazi domestici.

La casa costruita a misura di chi la abita → le scelte di progettazione, i vari dispositivi, gli arredamenti non possono più prescindere dalle esigenze delle persone che la vivono.

dunque → integrazione tra persone ed ambiente.

La Domotica moderna non è soltanto tecnologia, ma **la scienza che studia l'automazione e il controllo a distanza delle funzioni e dei processi di un ambiente abitativo.**

Domotica → unione di due parole “domus” + “robotica” connubio che significa insomma **automazione applicata alla casa.**

La domotica quindi si avvale di tutte le tecnologie disponibili per controllare e gestire un ambiente abitativo.

Una particolare branca della domotica si occupa di fornire un supporto tecnologico per l'assistenza delle persone disabili e anziane.

Domotica e Tecnologia

Un sistema domotico è un insieme di tecnologie in grado di **monitorare** e **gestire** in maniera “ottimale” i processi funzionali dell’ambiente

→ monitoraggio e gestione in loco o a distanza manualmente o in modo automatico.

Un sistema domotico è composto essenzialmente da **tre elementi**:

- 1) un elemento che raccoglie **“un ingresso”**, (→ i **5 sensi** del corpo umano)
- 2) una centralina elettronica **“di gestione”** (→ il **cervello** umano)
- 3) ed un elemento che produce **“un’uscita”** (→ **arti funzionali**).

Un esempio tipico e attuale è l’**impianto di riscaldamento regolato dalle valvole Termostatiche** (per legge obbligatorio) .

Per ottimizzare i consumi si utilizzano valvole termostatiche automatiche e centraline elettroniche (es il termostato) in grado di gestire in automatico la temperatura ambiente .
Impostando in loco o a distanza la temperatura desiderata , il sistema gestisce in automatico l’attivazione e lo spegnimento dei caloriferi in base alla temperatura desiderata.

Domotica e Fotovoltaico

- **massimizzazione autoconsumo di un IFV totalmente automatizzata e quindi ottimale.**
- **centralina elettronica** per gestire i flussi di energia utilizzata e prodotta dall'IFV.

L'investimento in un IFV è veramente conveniente se si utilizza al massimo l'energia autoprodotta evitando di prelevarla dalla rete a costi nettamente superiori.

La domotica al servizio del FV serve proprio a questo: gestire in maniera efficace l'energia prodotta **per rendere massimo l'autoconsumo in sito cioè l'immediato** utilizzo riducendo al minimo i prelievi dalla rete.

L' IFV produce energia nelle ore diurne → per ottimizzare al massimo questa produzione bisogna spostare il più possibile i consumi elettrici nella fascia oraria di produzione utile dell'IFV.

Di sera invece il fabbisogno elettrico non può essere coperto dal IFV ma solo attingendo dalla rete esterna oppure da un eventuale impianto interno di accumulo (batterie).

La Domotica permette di gestire questo processo di ripartizione energetica **giorno-notte** in maniera del tutto **automatizzata o pre-programmata**: assegnando una priorità di utilizzi e consumi , ai diversi elettrodomestici .

Come?

Ad esempio

- 1- utilizzando “**prese intelligenti**” per programmare l’attivazione di lavatrici, lavastoviglie ecc in modo sequenziale e compatibilmente con l’energia FV prodotta.
- 2- attivazione manuale “**da remoto**” e “**in tempo reale**” di forni elettrici, impianto di riscaldamento o una cucina elettrica.
- 3- sfruttare le **eccedenze produttive diurne dell’IFV** per coadiuvare il sistema di riscaldamento o per attivare un bollitore in grado di pre-riscaldare l’acqua “in entrata” in caldaia oppure per caricare le batterie di accumulo (se previste)

La **domotica solare** si avvale di diversi componenti :

- **un controller** (ad es. cellulare, smartphone o notebook) al quale mandare il “comando”. Il controller può essere dato anche da un sensore (volumetrico, di fumo, di movimento...).
- **un microprocessore**, una centralina che funge da intermediario tra il controller e l'apparecchio elettrico da gestire.
- **sensori** volumetrici e/o magnetici usati per controllare porte, finestre e ambienti
- **sensori**/pulsanti antincendio come rilevatori di fumo, fiamma con o senza allarmi.
- **sensori** di allagamento utile per la gestione idrica di giardini, piscine...

I sistemi domotici hanno però un bisogno costante di energia elettrica, devono cioè essere attivi h24, sempre pronti a gestire, azionare, disattivare, monitorare....

E' quindi necessario integrare un sistema domotico con un sistema di accumulo di energia elettrica a sua volta alimentato dall'IFV.

→ gruppi di batterie di accumulo in tecnologia uguale a quella della nascente e-mobility.

Fotovoltaico + Domotica

Ottimizzazione consumi energetici

- **FV + Domotica** abbinamento perfetto, che consente di massimizzare il rendimento dell'impianto fotovoltaico e minimizzare i costi di energetici delle abitazione ottenendo consistenti risparmi.
- Domotica vuol dire
 - sfruttamento intelligente dei vari apparati presenti in un edificio
 - programmazione e automatizzare i processi funzionali che governano l'accensione degli elettrodomestici in funzione delle disponibilità energetiche provenienti dalla rete esterna, dall'IFV e dalle batterie di accumulo.

La domotica da ruolo di semplice “**elemento di comfort funzionale**” in una casa priva di IFV diventa un “**sistema intelligente**” di gestione energetica globale nelle abitazioni dotate di IFV con sistemi di accumulo.

Conclusione

In **ordine di priorità** un sistema di gestione intelligente del fotovoltaico deve prevedere:

- 1) autoconsumo istantaneo,
- 2) attivazione di elettrodomestici pre-programmati,
- 3) attivazione di sistemi di climatizzazione elettrici (in ausilio alla caldaia pre-esistente),
- 4) la carica elettrica di eventuali sistemi di accumulo (batterie),
- 5) la cessione alla rete esterna

Con la domotica si possono attivare automatismi che permettono di utilizzare prima di tutto l'IFV ogni volta che ci sono le condizioni di utilizzo.

Se l'IFV è insufficiente a soddisfare il fabbisogno, il sistema attingerà,:

- Prima di tutto all' eventuale sistema di accumulo (batterie)
- Poi, se necessario, alla rete elettrica esterna.

Il monitoraggio intelligente dell'IFV, può essere fatto in loco o a distanza (Smartphone ecc) , e permette anche di rilevare in *tempo reale* eventuali malfunzionamenti e di intervenire in caso di guasti, furti o qualsiasi altro malfunzionamento.

Infine con la domotica è possibile interfacciarsi con Internet per ottenere utili informazioni sulle previsioni di produzione FV in relazione alle previsioni meteo locali .

I consumi di energia elettrica sono un'importante voce di spesa nel bilancio familiare, Va costantemente tenuta sotto controllo.

Con l'impianto domotico è possibile controllare i consumi di tutte le utenze di casa programmando la loro accensione e spegnimento in modo da ottimizzare i consumi.

Inoltre è possibile:

1 – la priorità e il controllo dei carichi

2 - decidere quali apparecchi scollegare nel momento in cui si dovesse superare il carico massimo disponibile , evitando il pericolo del black out.

3 - il controllo costante dell'energia prodotta dall' IFV

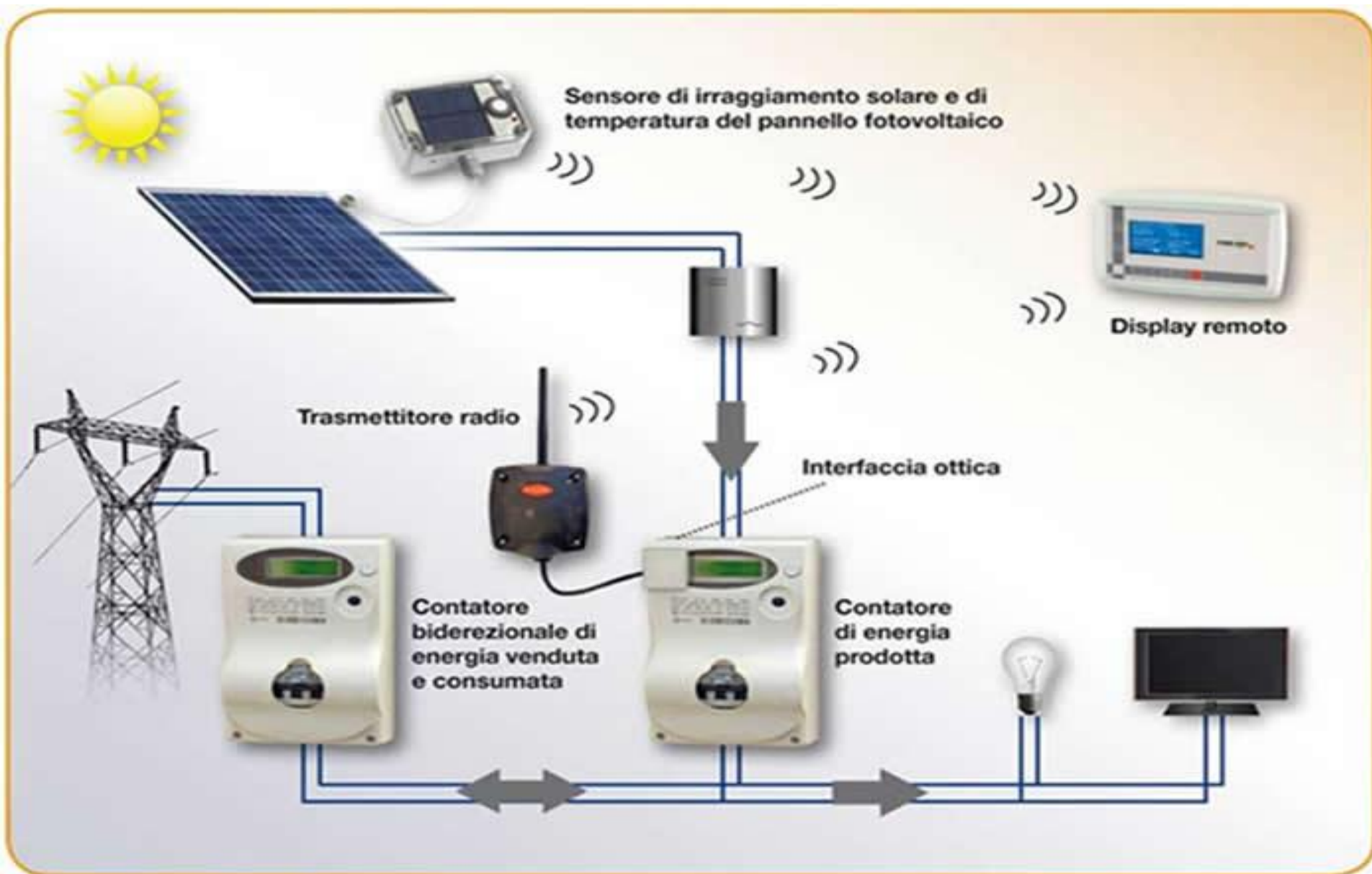
4 - il monitoraggio dell'energia consumata

5 - la gestione e ottimizzazione dell'autoconsumo

6 - la gestione del riscaldamento e climatizzazione

Controllo capillare degli sprechi → risparmio sulle bolletta energetica

Schema tipo monitoraggio FV



Display FV fissi a parete



Display FV mobili



Display di monitoraggio di un IFV.

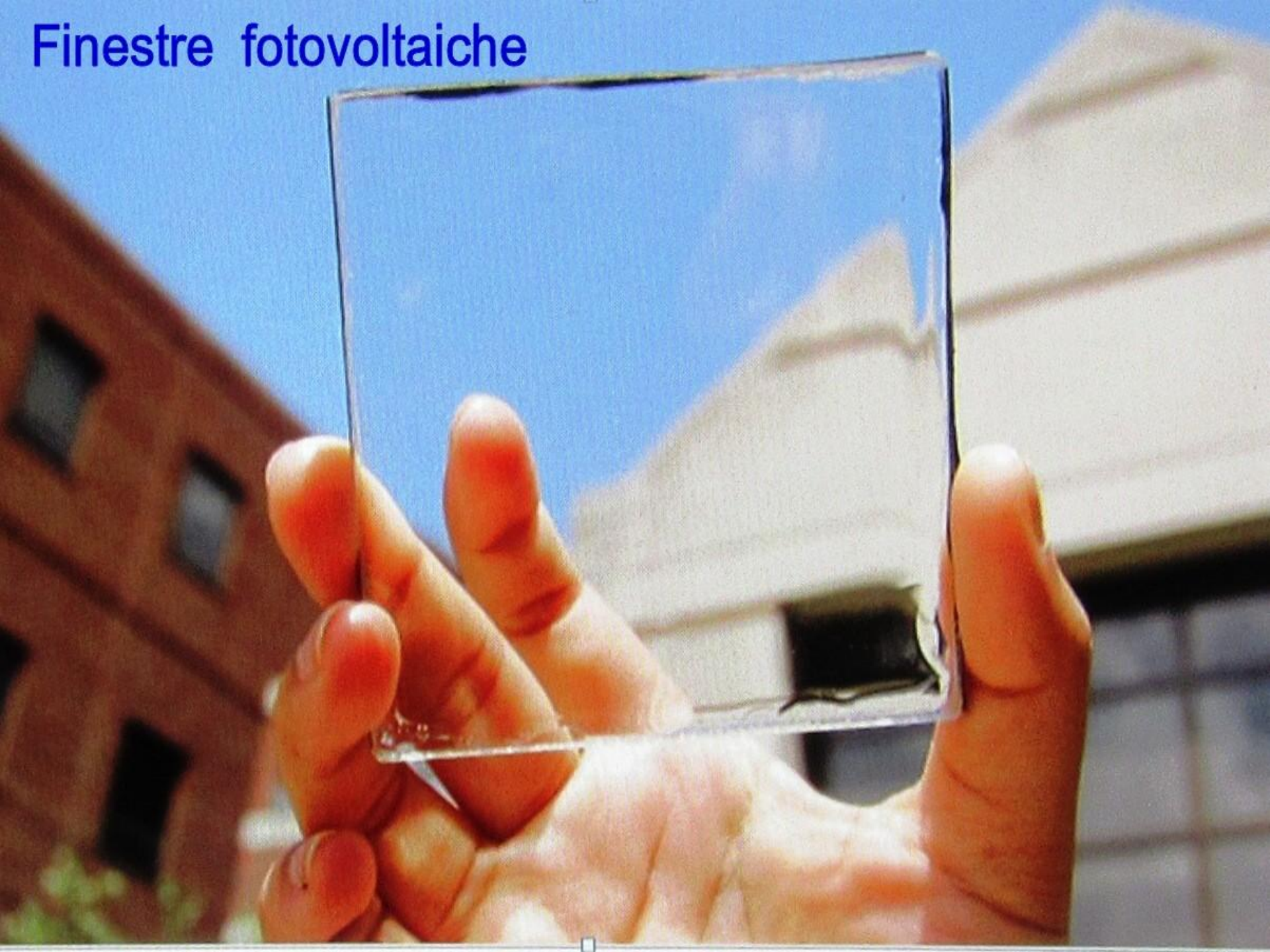
La foto accanto riporta il display di un IFV di medie dimensioni nel lodigiano, 445 kWp, in esercizio dal giugno 2012.

La foto , scattata con cielo coperto uniforme , solo luce diffusa , mostra una potenza istantanea di circa il 5,33 % della nominale di picco.

Il CO2 factor risulta
ca 0,403 Kg/kWh (1549 / 3840)



Finestre fotovoltaiche



Fotovoltaico trasparente

“ **Solar Window** “ → innovazione FV per la domotica che sta più di tutte prendendo piede .

Diffusi studi RS che sfruttano la chimica organica.

→ Rivestimenti trasparenti e fotosensibili in grado di generare elettricità dal vetro e dalle plastiche flessibili.

1 - sviluppo dei nuovi materiali in grado di produrre elettricità **sia da fonti naturali**, come il sole, **sia da fonti artificiali**, come le lampadine

2 - Possibilità di retrofit cioè applicare direttamente sul vetro di una finestra già montata **una pellicola trasparente fotosensibile** in grado di produrre energia elettrica.

3 - Molte RS nel mondo che stanno realizzando queste tecnologie con importanti investimenti.

Obiettivo generale → migliorare nettamente i livelli green energetici degli edifici

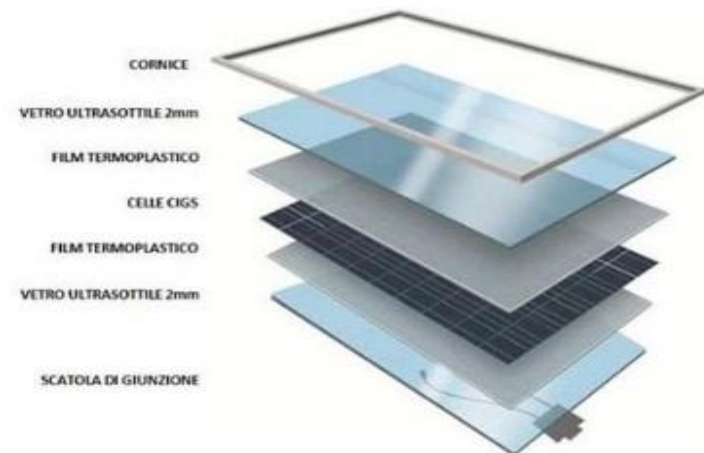
Tra le varie RS la tecnologia proposta da “**Next Energy Technologies** “ (USA)

→ possibilità di assorbire **selettivamente raggi infrarossi e ultravioletti** e con costi di materie prime e produzione contenuti e tali da consentire la costruzione e /o la trasformazione di finestre e facciate per la produzione di energia rinnovabile in loco,.

La finestra fotovoltaica tipica

Due principali tecnologie

- 1 - Due lastre di vetro tra le quali viene applicato un gel di silicio amorfo che ha il compito di “catturare” l’energia irradiata dal sole. I vetri delle finestre fotovoltaiche possono essere sia trasparenti che semi-trasparenti o colorati al fine di adattarsi al meglio alle varie esigenze architettoniche del luogo dove saranno installati.
- 2 – Due lastre di vetro con interposte lamine con celle FV → minor trasparenza con effetto mosaico



Start up Glass to Power

Università Bicocca di Milano

L'hanno chiamata “finestra intelligente”.

Lastre di plastica con incorporate **nanoparticelle** che catturano e concentrano la luce solare sui lati
Tecnologia chiama **Lsc-Luminiscent Solar**

Concentrator :

nanocristalli inseriti nelle lastre di plexiglass che convertono la luce del sole in raggi infrarossi, che percorrano la lastra fino a raggiungerne i bordi dove le celle FV perimetrali convertono i fotoni infrarossi in energia.

Calibrando il grado di trasparenza si ottengono diverse producibilità elettriche.

Maggior trasparenza → minore producibilità elettrica e viceversa. (x info vedi sul Web Milano-Bicocca finestre FV)



Facciata FV del palazzo Lombardia

Facciata FV di 2080 mq , costituita da 450 moduli che presentano una potenza di picco pari a 160 kW.

Ogni modulo è costituito da 120 celle di silicio monocristallino ad alta efficienza , ciascuno con una potenza di 350 prodotti dalla Sun Power in tecnologia semitrasparente.

Produzione media annuale di circa **135.000 kWh**

I moduli sono integrati nelle vetrate verticali della torre esposte a sud e sud-ovest, a partire da quota 40 metri per oltre 100 metri.

Risparmio di CO2 previsto di circa **94 Ton / anno**



Valutazioni tecnico-economiche

*Impatto
Ambientale*



UTE 19 - 20

Costo medio del kWh fotovoltaico

Dipende principalmente da quattro ordini di fattori:

- 1 – **FATTORI TECNOLOGICI** → efficienza dei pannelli FV (i migliori sono in monosilicio) efficienza dell'inverter e dei vari componenti elettrici.
- 2 - **FATTORI GEOGRAFICI** → sito d'installazione e relativi valori di radiazione.
zona climatica (ore anno di soleggiamento)
Riflessione suolo circostante, polvere,
surriscaldamento
- 3 - **FATTORI IMPIANTISTICI** → posizionamento dei pannelli (Tilt ottimale 30°, Azimut ottimale 0°) , eventuali ombreggiature
- 4 - **FATTORI ECONOMICI** → principalmente costo dei pannelli FV, dell'Inverter , costi di analisi e progetto

Fattori tecnologici

	Efficienza %	Rendimento IFV
Monosilicio	20	17,1 %
Polisilicio	18	15,4 %
SI Amorfo	12	10,3 %
Inverter	96 - 98	---
Regolatore	98	---
Quadri e cablaggi	99	---
Riflessione, polvere, surriscaldamento	90 - 92	---

Fattori geografici

(fonte Enea – GSE)

		Valori medi con rendimento totale FV $\eta = 17,1 \%$ (monosilicio)	
	Radiazione media annua Tilt 30° Azimut 0° (kWh/ mq) A	1 mq produce in 1 anno (kWh) (A*0,171)	1 kWp produce in 1 anno (kWh)
Area di Milano	1610	275	1120
Nord Italia	1560 - 1630	266 - 278	1100
Centro Italia	1630 - 1720	278 - 294	1300
Sud Italia Isole	1720 - 1820	294 - 311	1500

Fattori impiantistici

Coefficienti di correzione della potenza di picco in funzione di Tilt e Azimut
(fonte: Phebus)

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

Producibilità annua di un FV da 1 kWp nel milanese in funzione delle inclinazioni (fonte Simulat PVGIS)

[illegible]

Fattori economici

La voce di costo più rilevante di un IFV è costituita dai moduli fotovoltaici che incidono sul totale per il 35 – 50 % (nella fascia di potenze da 3 a 1000 kWp).

	3 kWp	20 kWp	100 kWp	1000 kWp
Moduli	35%	47%	48%	49%
Inverter	8%	11%	12%	10%
Strutture di supporto	8%	12%	12%	12%
Cavi e quadri	16%	7%	9%	11%
Progettazione e installazione	33%	23%	19%	18%
TOTALE	100%	100%	100%	100%

Costi medi di manutenzione ordinaria del FV residenziale allargato

L'incidenza media della manutenzione ordinaria per IFV realizzati con tecnologia al Silicio , con potenze $\leq 20 \text{ kWp}$, è così articolata:

- **Manutenzione annuale** $\sim 0,8 \div 1 \%$ **del costo totale**
- **ogni 8-10 anni sostituzione dell'Inverter**

N.B.

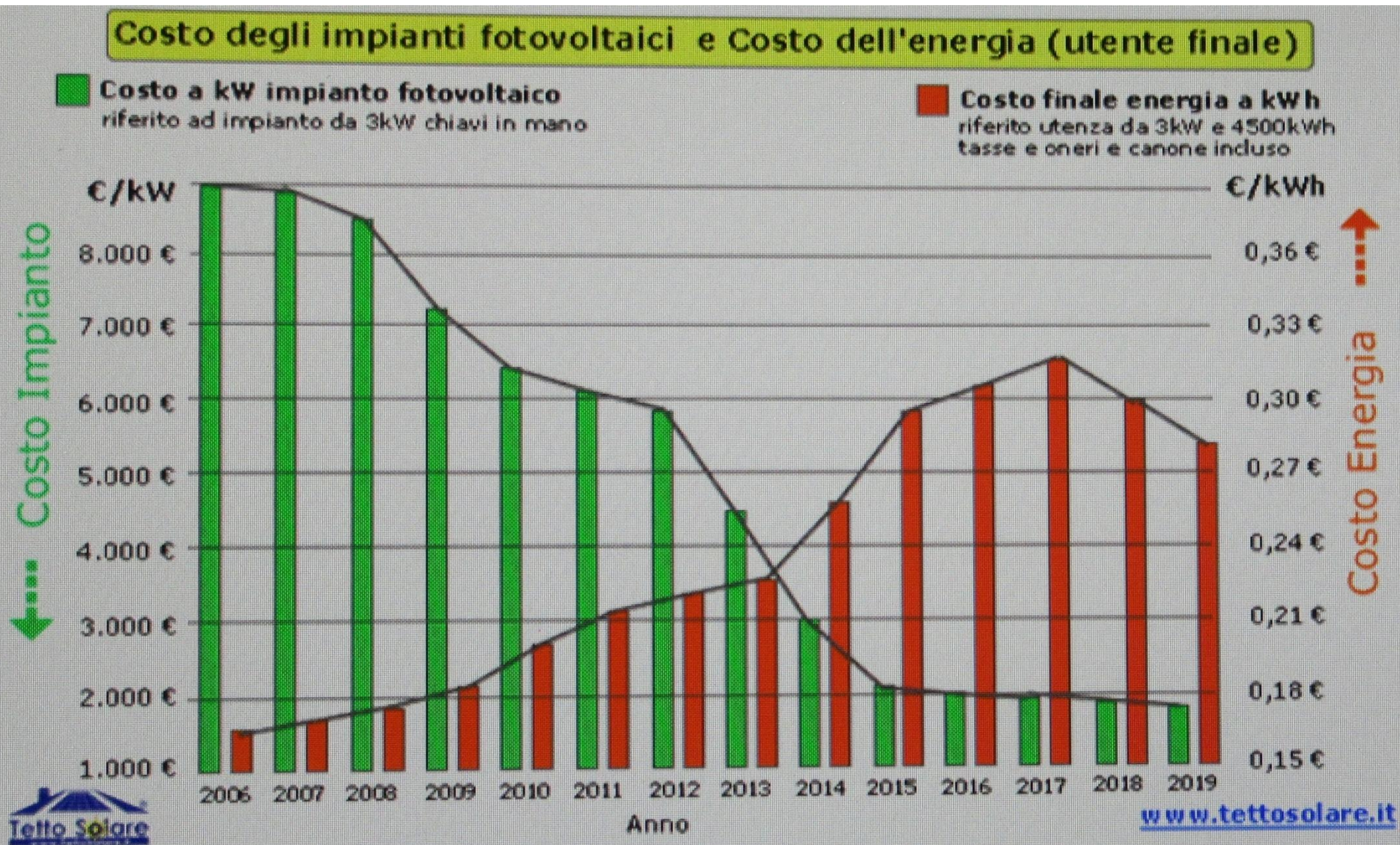
Le versioni con **Inseguitori Solari a due assi (Girasole)** comportano una maggiorazione di costo iniziale di circa il **10 ÷ 15 % sul totale** delle corrispondenti versioni standard fisse
+ una manutenzione annua di circa **1-1,25 %** .

I prezzi del Fotovoltaico

- In molti casi e specie in un settore in continua evoluzione come il fotovoltaico, non ha molto senso parlare di prezzi **se non a livello statistico di tendenza**.
- Sul WEB si trovano moltissime indicazioni e analisi di vari enti sia a livello internazionale che europeo e Italia e spesso presentati a scopo promozionale di Operatori che offrono poi quasi sempre simulatori di valutazione dell'IFV se richiesto dal potenziale cliente.
- A ben considerare quindi la vera soluzione per sapere il prezzo reale di un IFV sarebbe quella di chiedere ad hoc un preventivo reale e fare confronti con almeno tre offerte.
- In questa sede mi limito perciò a **presentare alcune tra le più attendibili ed affidabili statistiche aggiornate al 2018-2019** per evidenziare la tendenza tipica di questo settore che da sempre è caratterizzato da una continua più o meno consistente diminuzione dei costi associata ad un progressivo miglioramento tecnologico e apertura dei consumi in sempre più vasti settori di utilizzo che troveranno a medio termine interessanti **prospettive di sviluppo anche nella e-mobility**.

Evoluzione 2006 – 2019 :

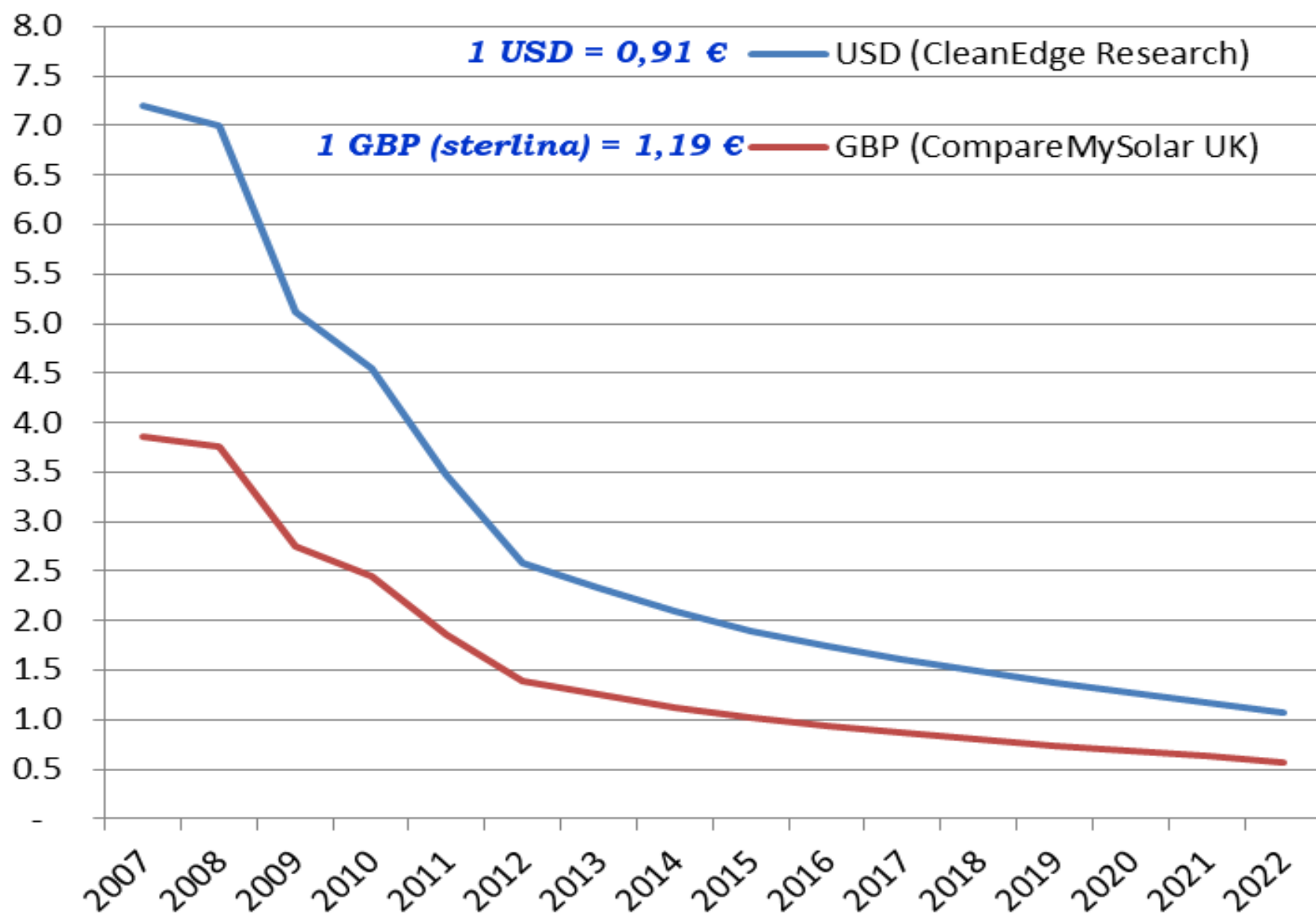
- Costo chiavi in mano per kWp IFV
- Costo energia elettrica per utenze medie domestiche



Price per Wp of Solar PV (Fully Installed): 2007 - 2022

1 USD = 0,91 € — USD (CleanEdge Research)

1 GBP (sterlina) = 1,19 € — GBP (CompareMySolar UK)



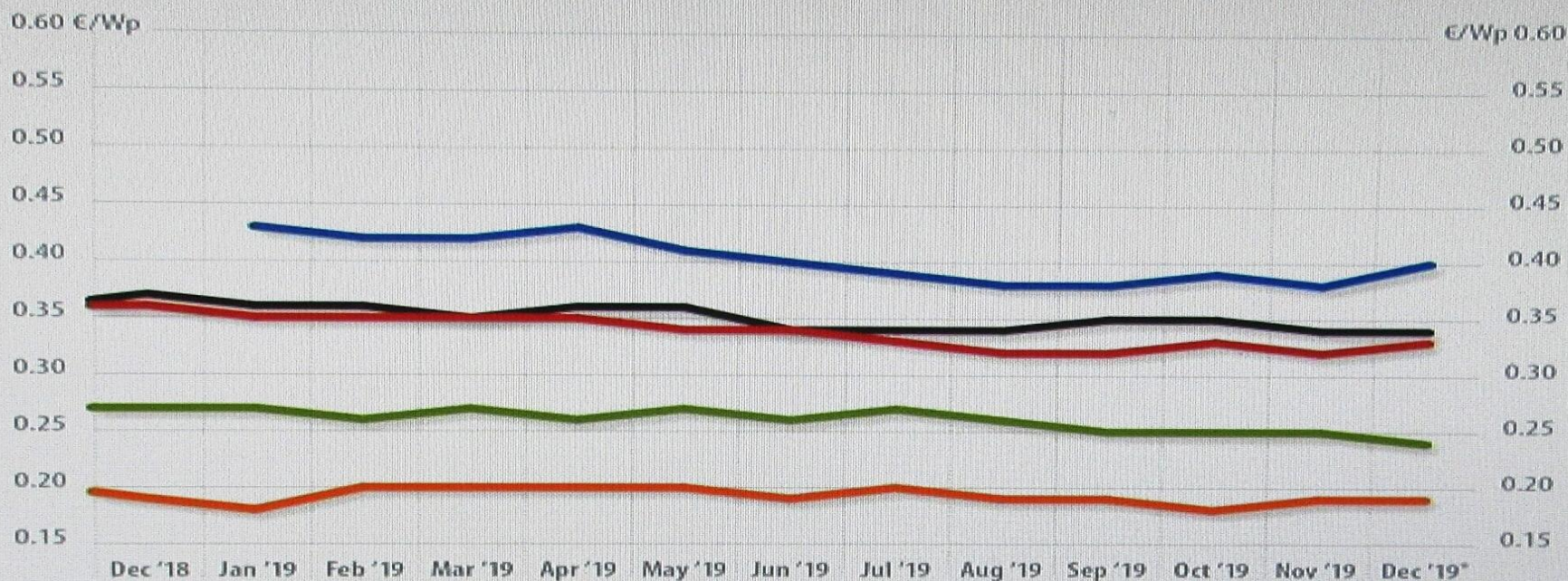
Prezzi medi EU all'ingrosso moduli FV 2019

(fonte pvXchange.com)

Module Price Index

January 2020: A year of change: Part 2

EU spot market module prices by technology



Crystalline modules (mono-/poly-Si) average net prices (€/Wp)

— **High efficiency:** Crystalline modules 290 Wp and above with Cello, PERC, HIT-, n-type — or back-contact cells or combinations thereof

— **Mainstream:** Modules with usually 60 cells, standard aluminum frames, white backing and 260 Wp to 285 Wp — the majority of modules on the market

— **Bifacial:** Modules with bifacial cells, transparent backsheet or glass-glass, framed and unframed

— **All black:** Module types with black backsheets, black frames and rated outputs of between 200 Wp and 320 Wp

— **Low cost:** Reduced-capacity modules, factory seconds, insolvency goods, used modules (crystalline), products with limited or no guarantee

* Data up to December 10, 2019

More information: www.pvXchange.com

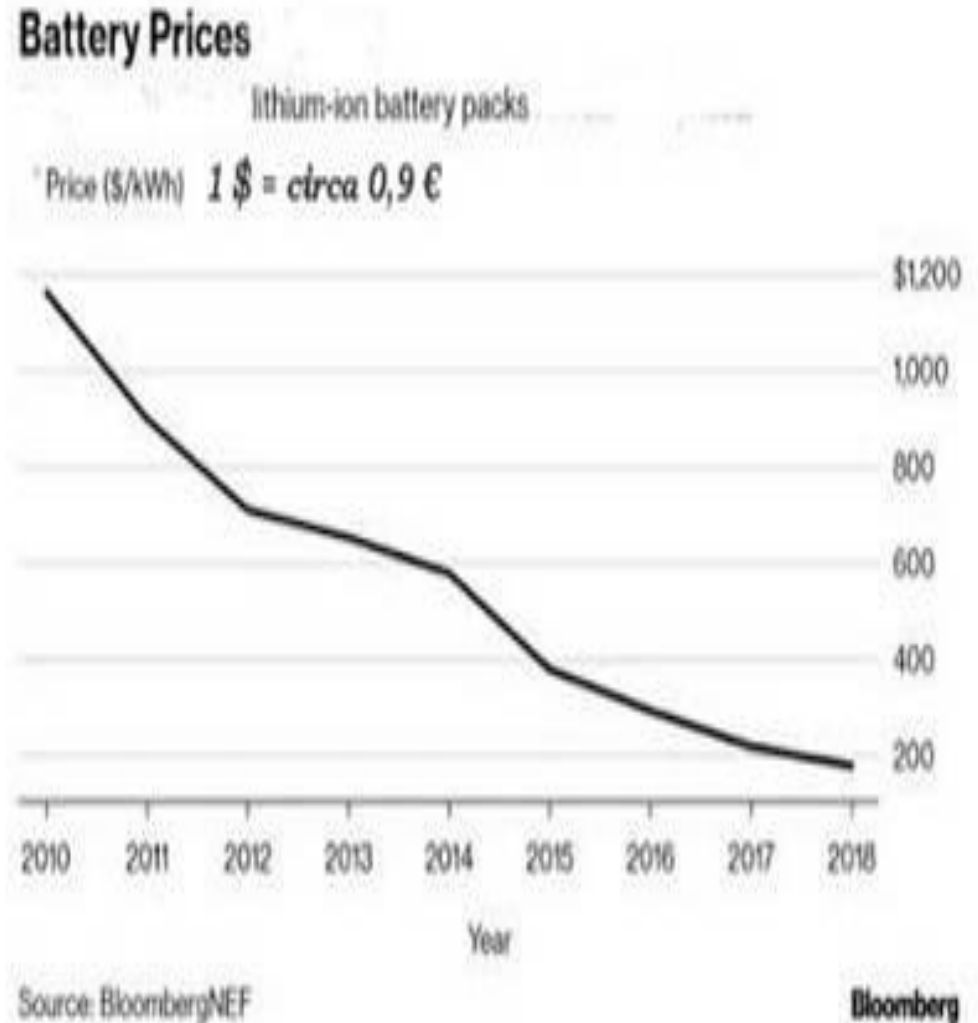
Costo delle batterie al litio

(secondo il Bloomberg Storage Outlook 2019)

I prezzi delle **batterie al litio** continueranno a scendere a un ritmo notevole, favorendo anche crescenti **investimenti negli impianti per l'accumulo energetico**.

Nel suo *Energy Storage Outlook 2019*, Bloomberg New Energy Finance (BNEF) sostiene che il costo per kWh delle batterie si **dimezzerà ancora da oggi al 2030** dopo aver già visto una riduzione notevole (circa -85%) nel periodo 2010-2018. (vedi grafico accanto).

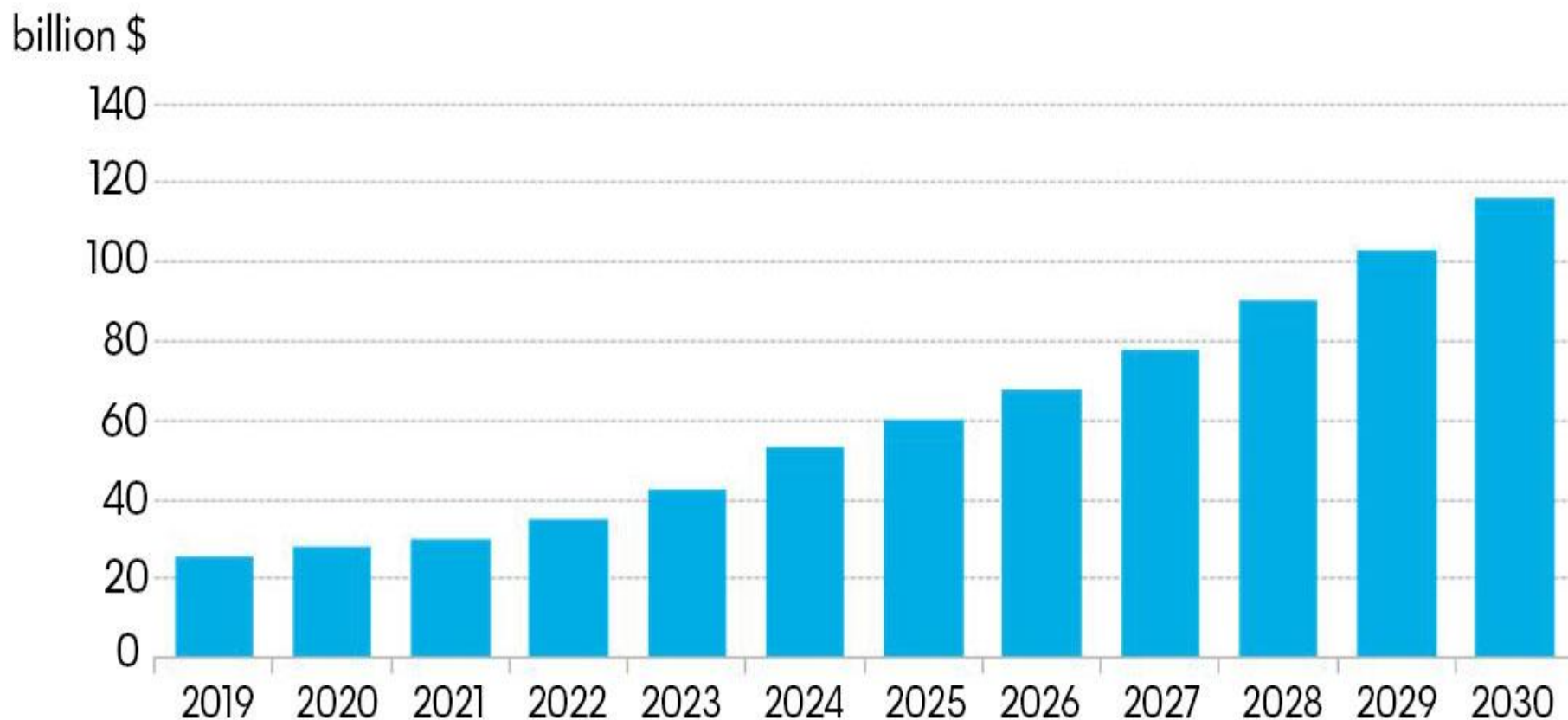
Nel 2018 prezzi medi inferiori ai 200 dollari/kWh scesi a circa 175 \$ nel 2019 con previsioni di **circa 155 \$/kWh nel 2020**.



Mercato delle batterie al Litio

(fonte BloombergNEF)

Figure 1: Annual lithium-ion battery market size



Redditività

degli IFV

Il fotovoltaico conviene ?

Un investimento è la garanzia di ottenere nel tempo più benefici di quelli che avrei ottenuto senza investire.

Nel caso del Fotovoltaico i benefici, già sul medio periodo, sono maggiori dei costi sostenuti per realizzare l'impianto.

Riassumendo vanno confrontati:

i “**costi**” d'installazione chiavi in mano + di quelli di manutenzione nella vita utile (fino a circa 25-30 anni) con i “**benefici**” rappresentati dall'energia di autoconsumo + quella che periodicamente immetto in rete (scambio con la rete).

E questo senza contare del beneficio a favore dell'inquinamento (il fotovoltaico produce energia senza rilasciare CO2 nell'ambiente) .

Redditività degli IFV

In Rete si possono trovare **molti esempi di valutazioni economiche di IFV**, che possono costituire validi riferimenti tecnico-commerciali anche se spesso sono finalizzati a sponsorizzazioni commerciali.

Nell'esaminare queste valutazioni vanno comunque tenuti presente **alcuni aspetti** che pur potendosi trascurare in prima approssimazione, **incidono in modo significativo** sulla reale redditività dell'investimento Fotovoltaico .

- l'incidenza della **manutenzione preventiva** dell'IFV che per quanto minima non va trascurata per mantenere in efficienza l'IFV (circa $0.8 \pm 1\%$ del costo all'anno per IFV fissi, 1.25% per quelli con Inseguitori Solari).
- la naturale e inevitabile **diminuzione di efficienza dei Moduli FV** .
I Costruttori garantiscono l'efficienza dei moduli (Si Cristallino) a circa l'85% di quella iniziale, nell'arco di 20 anni (mediamente – 0.75% all'anno).
- La necessità di **sostituire l'Inverter dopo 8-10 anni**. I Costruttori garantiscono gli Inverter per 5-8 anni .
- **Inflazione programmata** che incide sui costi dell'energia e dei materiali anche se è in parte compensata da una presumibile riduzione dei prezzi nel campo FV.
- **Il recupero fiscale**

Recupero dei costi di un IFV

Il tempo di ritorno/recupero dell'investimento, come detto precedentemente è di molto variabile in base al territorio di installazione del sistema fotovoltaico, ovvero alla quantità di energia prodotta, ma anche alla necessità di energia dell'utente.

In linea generale, si può parlare di recupero dell'investimento in 6-8 anni per un IFV installato in un territorio del Nord Italia con un autoconsumo di circa il 50-40 % e un tempo ridotto di circa il 25-30% per un IFV installato nei territori del Sud Italia .

Ovviamente, e per concludere, il recupero del capitale investito dipende principalmente (a parità di potenza e tecnologia installata), dai seguenti fattori principali:

- **ubicazione geografica** dell'impianto
- parametri d'installazione (**Tilt e Azimuth**)
- **% autoconsumo** rispetto l'energia totale prodotta.

Fotovoltaico e ambiente



Impatto del FV sull'ambiente

Esteticamente un IFV costituisce un ingombro del terreno proporzionale alla sua potenza ,
ma con potenziale **influenza positiva sul microclima e sulla biodiversità del terreno sottostante.**

Recenti studi (Centre for Ecology and Hydrology dell'università di Lancaster-GB) hanno dimostrato che sotto i pannelli FV si stabilizza una temperatura più bassa (fino a - 5°C d'estate) favorendo un sottoclima più fresco e con meno luce diretta → condizioni favorevoli per sviluppare attività agricole o di allevamento.

Quindi i pannelli FV:

- **facilitano la crescita di alcune piante,**
- **riducono l'evaporazione dell'acqua**
- **facilitano la raccolta della condensa che può essere usata per l'irrigazione.**

In conclusione gli IFV sul territorio agricolo possono supportare le aziende agricole migliorando ed incrementando le loro produzioni.

Si stanno così sviluppando le cosiddette **SERRE FOTOVOLTAICHE** per produzioni agricole e allevamenti di piccoli animali.

Per realizzare una serra FV si utilizzano pannelli FV trasparenti in grado di far passare la luce solare.

Valore Ecologico di un IFV

La conversione FV dell'energia solare è ritenuta la fonte rinnovabile più rispettosa dell'ambiente , gli IFV **non generano emissioni inquinanti** e, per la loro modularità, possono assecondare la morfologia dei siti di installazione.

Per calcolare il vantaggio ecologico di un IFV si usa il **CO2 Factor (Kg/kWh)** rapporto tra la totale CO2 immessa nell'atmosfera e la corrispondente energia elettrica prodotta con i combustibili fossili tradizionali (Gasoil, Gas, Carbone).

In Italia, in base ai dati più recenti di produzione elettrica (dati ISPRA-ENEA) si ottiene il valore :

CO2 Factor = Totale CO2 / Energia totale = **0,420 Kg/kWh → arrotondato a 0,400 Kg/kWh**

Cioè : ogni kWh FV evita l'immissione in atmosfera di circa 0,4 Kg di CO2

(Es: un IFV da 3,6 kWp nell'area milanese produce in media 4.000 kWh / anno con un risparmio di $4.000 \times 0,42 = 1.600$ Kg di CO2)

In realtà uno studio più approfondito porta a considerare tutte le fasi industriali di un IFV e cioè il suo ciclo di vita e quindi considerare gli impatti ambientali in tutte le fasi del prodotto.

A tale scopo si usa considerare il **Life Cycle Assessment (LCA)** cioè la verifica quantitativa degli impatti ambientali del prodotto nel corso del suo ciclo vitale, **dalla culla alla tomba**, ossia attraverso le fasi di acquisizione dei materiali grezzi, di produzione, trasporto, uso, fino allo smaltimento.

Ciclo di vita fotovoltaico

Quattro fasi del ciclo di vita industriale di un impianto FV:

- **1^ fase** → **Produzione dei moduli** estrazione della materia prima, produzione del polysilicon, accrescimento dei lingotti cristallini, taglio dei wafer, produzione delle celle → assemblaggio nel modulo FV e installazione dei moduli nell'impianto finale.
- **2^ fase** → **vita utile produttiva dell'IFV** , la cui durata può essere stimata pari a oltre 30 anni, caratterizzata dalla produzione di energia “pulita” senza particolari consumi energetici.
- **3^ fase** → **“end of life”** che comprende la disinstallazione dei moduli, loro raccolta e **smaltimento finale** dei componenti con successivo **riciclaggio** .
- **4^ fase** → **riutilizzo industriale** dei materiali riciclati, per produrre nuovi moduli rigenerati



Non esiste produzione umana ad impatto zero

Esistono produzioni che apportano nell'ambiente **più benefici che svantaggi**:

sfruttare l'energia fotovoltaica :

- riduce l'emissione di gas serra nell'ambiente,
- riduce l'uso dei combustibili fossili, fonti sia esauribili che altamente inquinanti.

L'uso del FV non inquina l'ambiente ,

è la produzione dei pannelli FV e poi il loro smaltimento che possono avere un impatto negativo sull'ambiente comunque limitato e nettamente inferiore ai benefici della vita operativa.

Diventa sempre di più importante lo smaltimento a fine ciclo dei materiali FV.

Oggi tutti i più importanti e qualificati produttori FV si sono attrezzati per la raccolta e lo smaltimento e riciclo degli IFV

Normative RAEE (Rifiuti Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche).

I Costruttori e gli Operatori FV devono garantire la corretta raccolta e il riciclaggio dei loro prodotti a fine vita in base alle vigenti normative

- **europee (2012/19/UE)**
- **Italiane (D.L. 49/2014)** che impone il recupero del 80% in peso dei pannelli FV.

Vantaggi del riciclo FV

Il Comitato Ambiente del Parlamento Europeo ha individuato una serie di **sostanze pericolose** utilizzate nella produzione di apparecchiature tecnologiche.

Tra queste ad esempio il **Tellurio di Cadmio** dei pannelli FV.

Per cui a fine ciclo i pannelli FV

non possono essere bruciati → le esalazioni produrrebbero gas inquinanti e tossici per l'uomo e per l'ambiente

non possono essere portati in discarica → inquinamento nel terreno e nelle acque sottostanti a causa del contenuto dei metalli

Il riciclo appare quindi l'unica soluzione possibile ma non soltanto per gli ovvi vantaggi ecologici ma anche perchè le tecnologie attuali consentono di riciclare i pannelli FV con notevoli risparmi di materiale e di energia.

Ad esempio dal punto di vista energetico la produzione di Moduli FV **con materiali riciclati** garantisce un **risparmio energetico di circa il 30-40 %** dell'energia necessaria per produrre l'analogo modulo con **materiali nuovi**.

Materiali FV presenti nelle varie tecnologie FV

Oggi oltre due terzi dei pannelli FV immessi sul mercato sono fatti di silicio cristallino.

Per **circa il 90%** sono assemblati con materiali classificati **non pericolosi**, cioè vetro, polimeri e alluminio.

La sfida dell'industria fotovoltaica è ridurre l'uso di materie prime di nuovo impiego , soprattutto quelle rare e potenzialmente dannose per la salute umana, come **cadmio, selenio e gallio** e riutilizzare il più possibile i materiali riciclabili.

Materiali FV presenti nei pannelli FV

Tecnologia Fotovoltaica	Metalli
Silicio cristallino	Stagno, Piombo, Rame, Boro, Fosforo, Titanio, Argento, Alluminio
Silicio amorfo e microcristallino	Stagno, Piombo, Indio, Germanio, Zinco, Boro, Fosforo, Rame, Argento, Alluminio, Cromo
CdTe	Cadmio, Tellurio, Stagno, Indio, Rame, Piombo, Zolfo, Piombo, Argento
CIGS	Molibdeno, Rame, Indio, Gallio, Selenio, Cadmio, Zinco, Boro, Piombo, Argento, Alluminio

In conclusione:

l'industria FV dovrà sempre più adottare i principi **dell'economia circolare** (produzione, installazione, uso, smaltimento e recupero , riciclo e riuso).
Studi dell'agenzia **IRENA** (International Renewable Energy Agency) indicano per i prossimi anni un progressivo aumento dei pannelli FV dismessi.

Si prevedono circa 60 milioni di tonnellate di rifiuti FV entro il 2050.

Come smaltire tutta questa spazzatura elettronico - fotovoltaica ?

L'economia circolare potrà trasformarla in una **risorsa preziosa** per la produzione e il riciclaggio di nuovi pannelli rigenerati.

The energy payback time of solar panels



Un sistema FV necessita di notevole quantità di energia per la sua fabbricazione, specie nella tecnologia del silicio cristallino .

Un tema fondamentale nella tecnologia FV è la **sostenibilità ambientale** dei pannelli, per quantizzare la quale è importante conoscere l'Energy Pay Back Time (**EPBT**) cioè il tempo necessario affinché l'impianto FV generi la stessa energia che è servita per produrlo.

Il valore di EPBT dipende notevolmente dalla tecnologia FV impiegata.

Per valutare l'EPBT è necessario calcolare il Ciclo di Vita del prodotto con **analisi LCA** (Lyfe Cycle Assessment) che tiene conto di tutti i costi energetici e ambientali di un IFV durante l'intero arco di vita, comprendendo estrazione e trattamento delle materie prime, fabbricazione, trasporto, uso (vita utile) eventuale riciclo e smaltimento finale.

Se il valore risultante di EPBT è inferiore al periodo di vita utile dell'impianto, i pannelli FV costituiscono una soluzione sostenibile.

L'EPBT è dato quindi dal rapporto tra l'ammontare totale di energia primaria consumata (**Einput**) per produrlo e l'energia primaria annualmente risparmiata a seguito dell'energia elettrica prodotta annualmente dall'impianto FV (**Eoutput**).

$$\mathbf{EPBT\ [anni] = Einput\ [kWh] / Eoutput\ [kWh/anno]}$$

Pertanto nel convertire l'energia elettrica spesa per la fabbricazione del sistema FV in energia primaria, si dovrà tenere conto del tipo di fonti energetiche da cui deriva l'elettricità utilizzata, così come anche l'energia elettrica generata dall'impianto FV dovrà essere convertita in energia primaria equivalente, tenendo conto della composizione del mix di generazione elettrica dell'area geografica considerata.

EPBT (Energy Pay Back Time)

Il calcolo dell'EPBT viene fatto tenendo presente vari fattori:

- Irraggiamento medio annuo, potenza specifica per mq di pannello, rendimento medio di conversione dell'energia elettrica e per una certa efficienza delle apparecchiature elettriche ed elettroniche dell'IFV.

Dati sperimentali hanno messo in evidenza valori medi dell'EPBT per pannelli in silicio cristallino:

- **se installati nel Norditalia → EPBT = circa 6-7 anni.**
- **se installati nel Suditalia → EPBT = circa 4-5 anni**

Considerando che la vita utile di un impianto fotovoltaico arriva fino a 30 anni, ne consegue che la tecnologia FV risulta energeticamente sostenibile.

Il mercato FV --> e-mobility



I Numeri del Mercato Fotovoltaico

Tra le molti fonti di dati reperibili in RETE, segnalo le più complete e aggiornate per quanto riguarda l'energia in generale e le rinnovabili (liberamente scaricabili) :

1 - a livello mondiale ed europeo

- REN21 - Global Status Report 2019
- Euroserver Report 2019
- PV Status Report EU 2019
- Solar Power Europe Outlook 2019-2023

2 - a livello Italia

- GSE Rapporto fotovoltaico 2018 (ed. 6.19 ultimo disponibile)
- Terna rapporto mensile Sistema Elettrico 31-12-2019
- Atlasole che fornisce i dati degli impianti FV incentivati

Rinnovabili e fotovoltaico nel Mondo

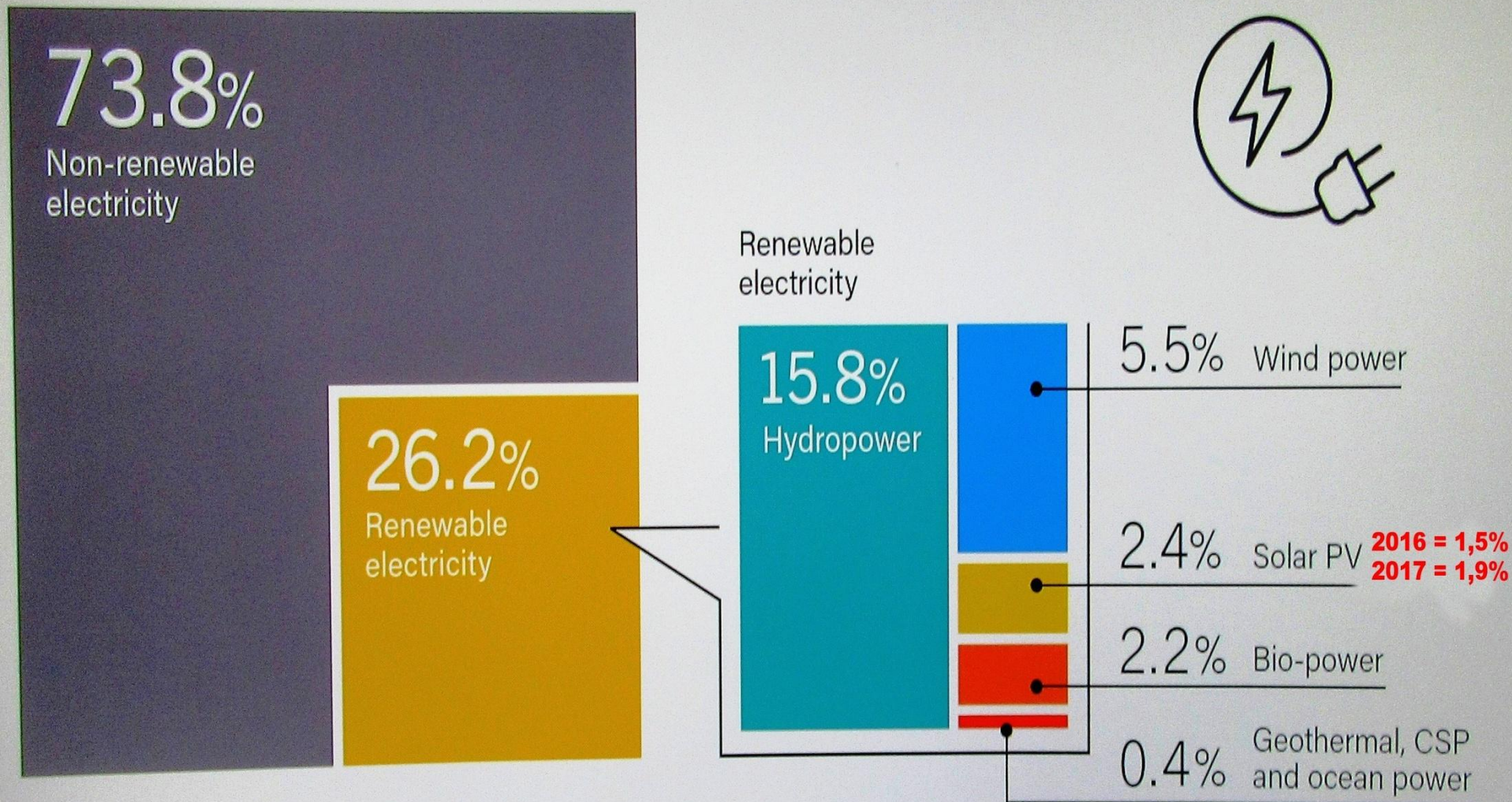


Le rinnovabili viste da REN21 GSR 2019

LE RINNOVABILI NEL MONDO A FINE 2018

(fonte REN21 2019)

FIGURE 8. Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2018



Total potenza rinnovabile x Tecnologie a fine 2018

(fonte Ren21 2019)

Technology	World Total	BRICS ²	EU-28	China	United States	Germany	India	Japan	United Kingdom
	GW			GW					
 Bio-power	130	44	42	17.8	16.2	8.4	10.2	4.0	7.7
 Geothermal power	13.3	0.1	0.9	~0	2.5	~0	0	0.5	0
 Hydropower	1,132	519	130	322	80	5.6	45	22	1.9
 Ocean power	0.5	~0	0.2	0	~0	0	0	0	~0
 Solar PV ³	505	214	115	176	62	45	33 ⁴	56	13
 Concentrating solar thermal power (CSP)	5.5	0.8	2.3	0.2	1.7	0	0.2	0	0
 Wind power	591	262	179	210	96	59	35	3.7	21
Total renewable power capacity (including hydropower) Fine 2018	2,378	1,040	469	727	260	119	124	86	44

Crescita totale potenza rinnovabile 2017-2018

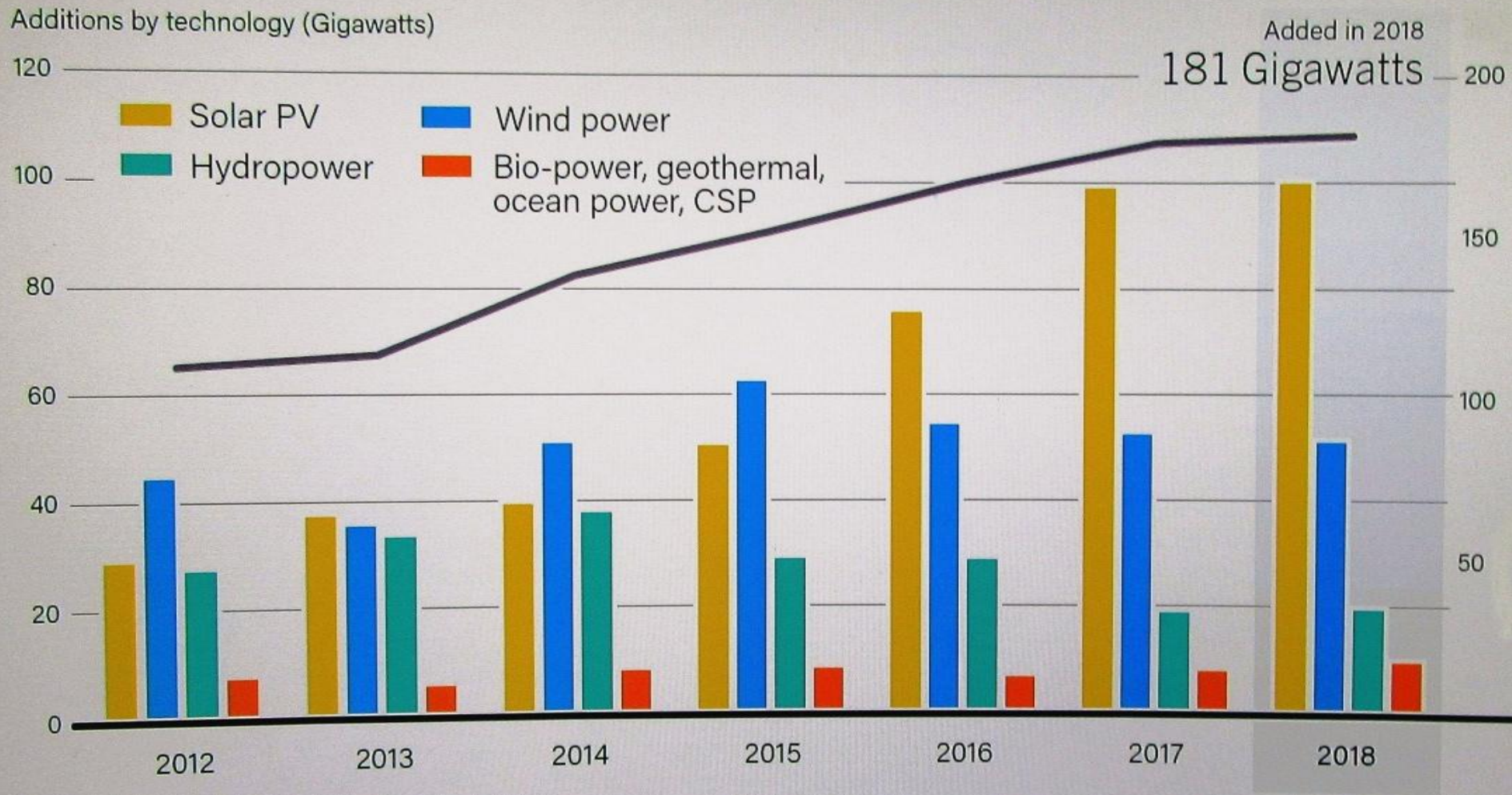
(fonte REN21 2019)

POWER		2017	2018
Renewable power capacity (including hydropower)	GW	2,197	2,378
Renewable power capacity (not including hydropower)	GW	1,081	1,246
 Hydropower capacity ²	GW	1,112	1,132
 Wind power capacity	GW	540	591
 Solar PV capacity ³	GW	405	505
 Bio-power capacity	GW	121	130
 Geothermal power capacity	GW	12.8	13.3
 Concentrating solar thermal power (CSP) capacity	GW	4.9	5.5
 Ocean power capacity	GW	0.5	0.5

Incrementi annui potenza rinnovabile 2012 - 2018

(fonte REN21 2019)

FIGURE 6. Annual Additions of Renewable Power Capacity, by Technology and Total, 2012-2018



Capacità FV Top 10 a fine 2018

(fonte Ren21 2019)

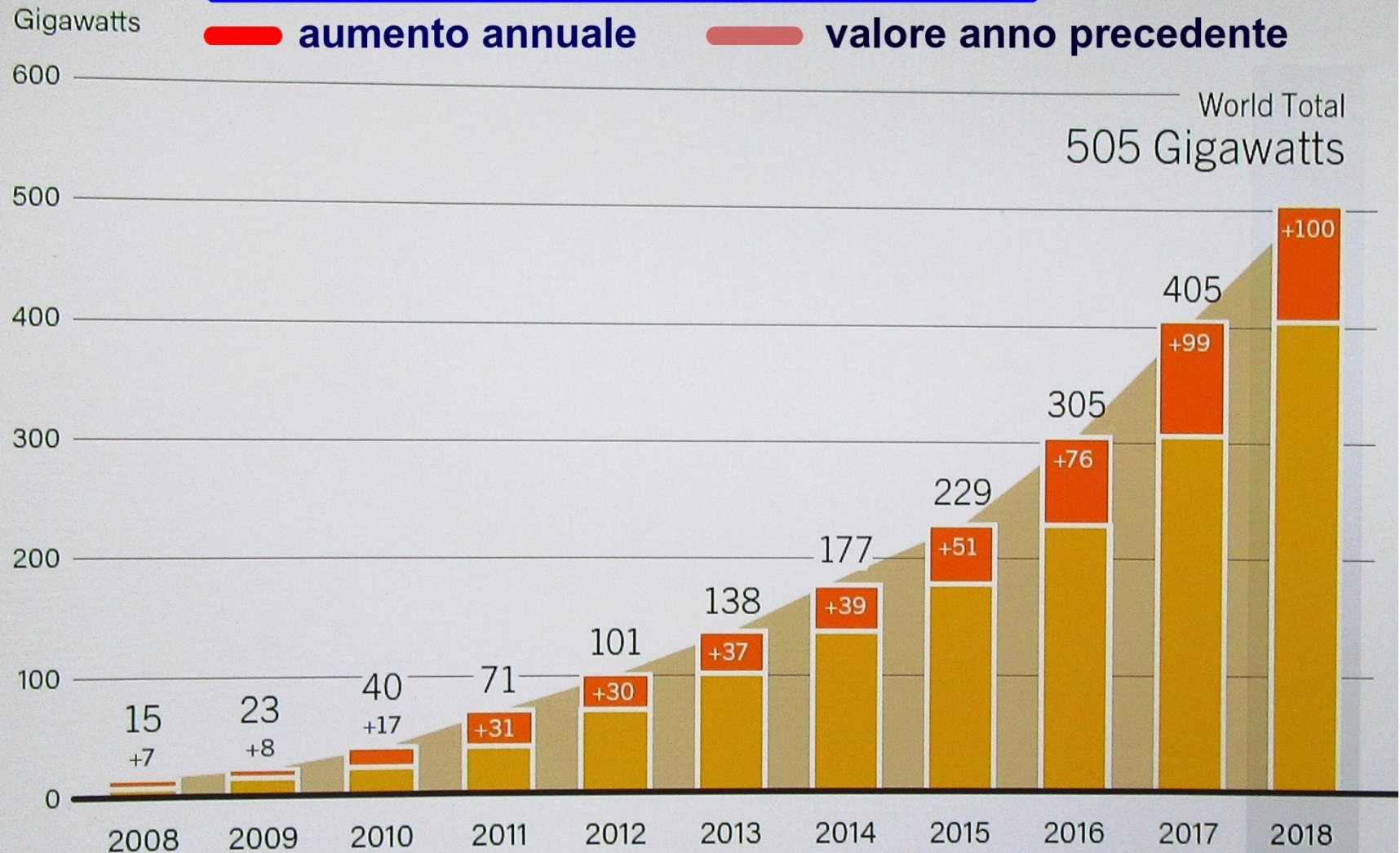
■ TABLE R17. Solar PV Global Capacity and Additions, Top 10 Countries, 2018

	Total End-2017	Added 2018 GW	Total End-2018
Top Countries by Additions			
China	131.1	45	176.1
India ¹	22.1	10.8	32.9
United States	51.8	10.6	62.4
Japan	49.5	6.5	56
Australia	7.2	3.8	11.1
Germany	42.3	3	45.3
Mexico	0.7	2.7	3.4
Republic of Korea	5.9	2	7.9
Turkey	3.4	1.6	5.1
Netherlands	2.9	1.4	4.3
Top Countries by Total Capacity			
China	131.1	45	176.1
United States	51.8	10.6	62.4
Japan	49.5	6.5	56
Germany	42.3	3	45.3
India	22.1	10.8	32.9
Italy	19.7	0.4	20.1
United Kingdom	12.7	0.3	13
Australia	7.2	3.8	11.1
France	8.1	0.9	9
Republic of Korea	5.9	2	7.9
World Total	405	100	505

Totale potenze FV annuali 2008-2018

(fonte REN21 2019)

FIGURE 25. Solar PV Global Capacity and Annual Additions, 2008-2018



Capacità FV top10 2017-2018

(fonte REN21 2019)

FIGURE 27. Solar PV Capacity and Additions, Top 10 Countries, 2018

Gigawatts

Incremento annuo

Valore anno 2017

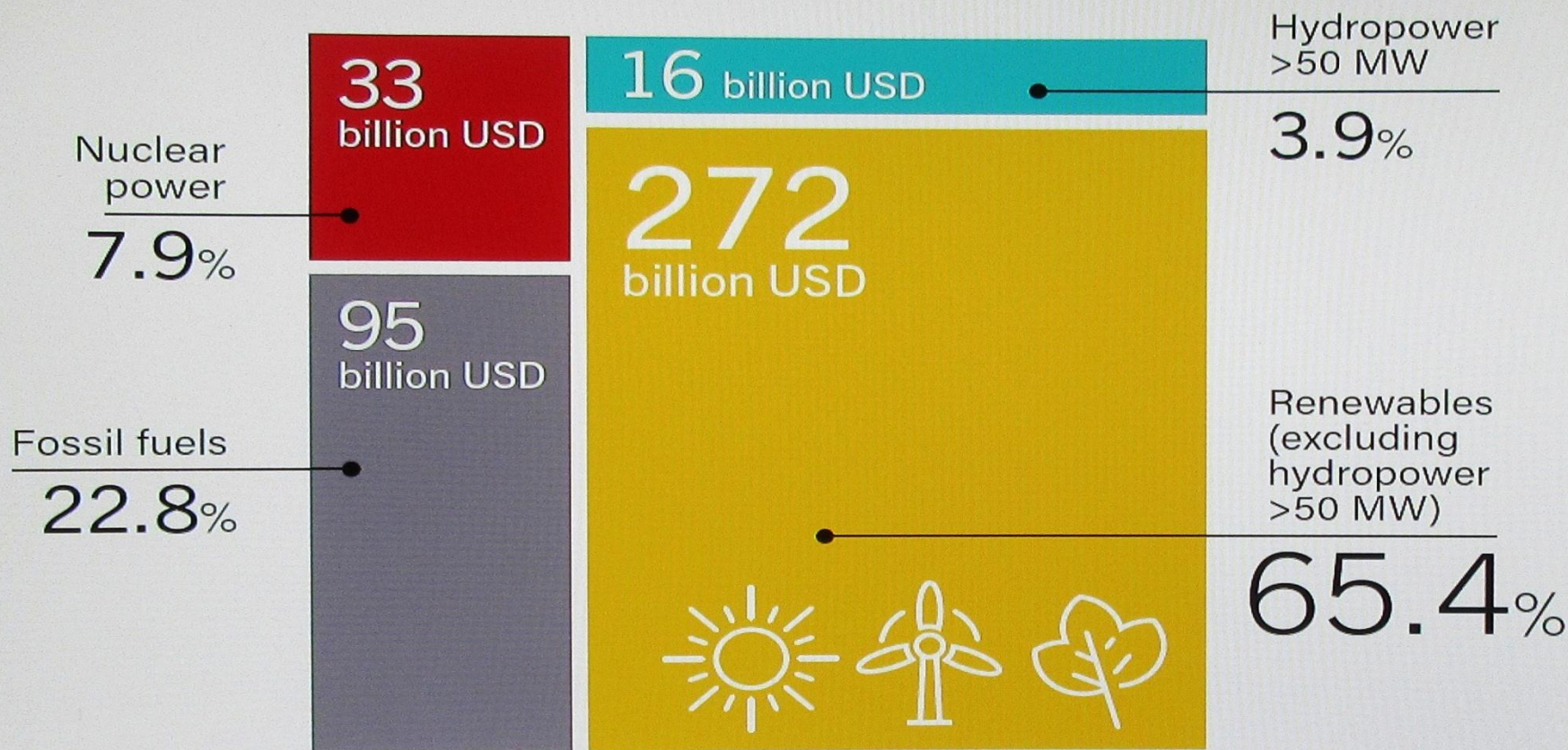


Investimenti x nuove centrali energia nel 2018

(fonte REN21 2019)

FIGURE 50.

Estimated Global Investment in New Power Capacity, by Type
(Renewables, Fossil Fuels and Nuclear Power), 2018



Note: Renewable investment data in figure exclude biofuels and some types of non-capacity investment.

Source: BNEF.

IL LAVORO NELLE RINNOVABILI NEL MONDO A FINE 2018

(fonte REN21 2019)

Posti di lavoro nelle rinnovabili a fine 2018

	World	China	Brazil	United States	India	European Union ^l
	Thousand jobs					
 Solar PV	3,605^e	2,194	15.6	225	115 ^k	96
 Liquid biofuels	2,063	51	832 ^g	311 ^h	35	208
 Hydropower ^a	2,054	308	203	66.5	347	74
 Wind power	1,160	510	34	114	58	314
 Solar thermal heating/cooling	801	670	41	12	20.7	24 ^m
 Solid biomass ^{b, c}	787	186		79 ⁱ	58	387
 Biogas	334	145		7	85	67
 Geothermal energy ^{b, d}	94	2.5		35 ^j		23
 Concentrating solar thermal power (CSP)	34	11		5		5
Total	10,983^f	4,078	1,125	855	719	1,235ⁿ

Fotovoltaico in Europa



Previsioni EU FV 2019-2023

I dati a consuntivo del FV a fine 2018 e le previsioni 2019-2023 confermano in aumento le previsioni di tutti gli osservatori. Il FV è in **netta crescita** e ancor più con lo sviluppo della e-mobility.

Riporto alcuni stralci “virgolettati” dal PV Status Report UE 2019 (solo in inglese)

“ In 2018, PV industry production increased by 5 % and reached a worldwide production volume of about 113 GW of PV modules. For 2019 a growth above 15% is forecasted. The compound annual growth rate **over the last 15 years was above 40 %**, which makes PV **one of the fastest growing industries at present** “

“ The PV industry has changed dramatically over the last few years. China has become the major manufacturing country for solar cells and modules, followed by Taiwan and Malaysia “.

“ Photovoltaics is a key technology option for **realising a decarbonised power sector and sustainable energy supply**. Further it can be deployed in a modular way almost everywhere on the planet. Solar resources in Europe and across the world are abundant and **cannot be monopolised by one country**”

Capacità FV EU28 installata 2017vs 2018 (MWp)

(fonte euroobserver 2019)

Photovoltaic capacity installed and connected in European Union during the years 2017 and 2018 (in MW)*

	2017	2018
Germany	1 625.0	2 938.0
Netherlands	854.0	1 397.0
France**	908.4	862.4
Italy	399.0	440.0
Hungary	109.0	410.0
Belgium	284.6	367.2
United Kingdom	871.0	271.0
Poland	99.8	214.0
Sweden	91.0	180.1
Austria	173.0	164.0
Denmark	55.3	95.7
Portugal	72.2	86.0
Finland	39.0	51.0
Greece	1.5	46.1
Spain	9.0	26.0
Malta	19.3	19.0
Ireland	9.8	13.3
Slovenia	13.8	9.2
Luxembourg	10.2	5.9
Cyprus	26.0	3.0
Slovakia	0.0	3.0
Romania	2.1	2.9
Croatia	4.0	1.0
Bulgaria	7.6	0.4
Latvia	0.0	0.3
Lithuania	4.0	0.0
Czechia	1.5	0.0
Estonia	0.0	0.0
European Union	5 690.1	7 606.5

**Estimates, off-grid included **Overseas departments included for France. Source : EurObserver 2019*

Capacità FV EU28 cumulata a fine 2017-2018 (MWp)

(fonte euroobserver 2019)

Connected and cumulated photovoltaic capacity in the European Union countries at the end of 2017 and 2018* (In MW)

	2017		2018	
	Total	Of which off-grid	Total	Of which off-grid
Germany	42 339.0		45 277.0	
Italy	19 682.0		20 107.0	
United Kingdom	12 783.0		13 054.0	
France**	8 610.4		9 466.0	
Spain	4 725.0	30.0	4 751.0	34.0
Netherlands	2 903.0		4 300.0	
Belgium	3 610.0		4 254.5	
Greece	2 605.5	160.5	2 651.6	160.5
Czechia	2 069.5		2 048.9	
Austria	1 269.0	7.0	1 433.0	8.0
Romania	1 374.1		1 377.0	
Bulgaria	1 035.6		1 036.0	
Denmark	906.3		1 002.0	
Hungary	344.0		754.0	
Portugal	585.0	41.0	671.0	55.0
Slovakia	528.0		531.0	
Poland	287.0		486.5	
Sweden	244.0	13.0	424.1	13.0
Slovenia	246.8		256.0	
Luxembourg	132.1		134.0	
Malta	112.3		131.3	
Finland	74.0		125.0	
Cyprus	110.0		113.1	
Lithuania	74.0		74.0	4.0
Croatia	60.0		61.0	
Ireland	15.7	15.7	29.0	29.0
Latvia	0.7		1.0	
Estonia	0.0		0.0	
European Union	10 6726.1	271.2	11 4548.9	303.5

*Estimates, accounting capacity decommissioned. **Overseas departments included for France. Source: EurObserv'ER 2019

Energia FV EU28 prodotta 2017vs 2018 (MWp)

(fonte euroobserver 2019)

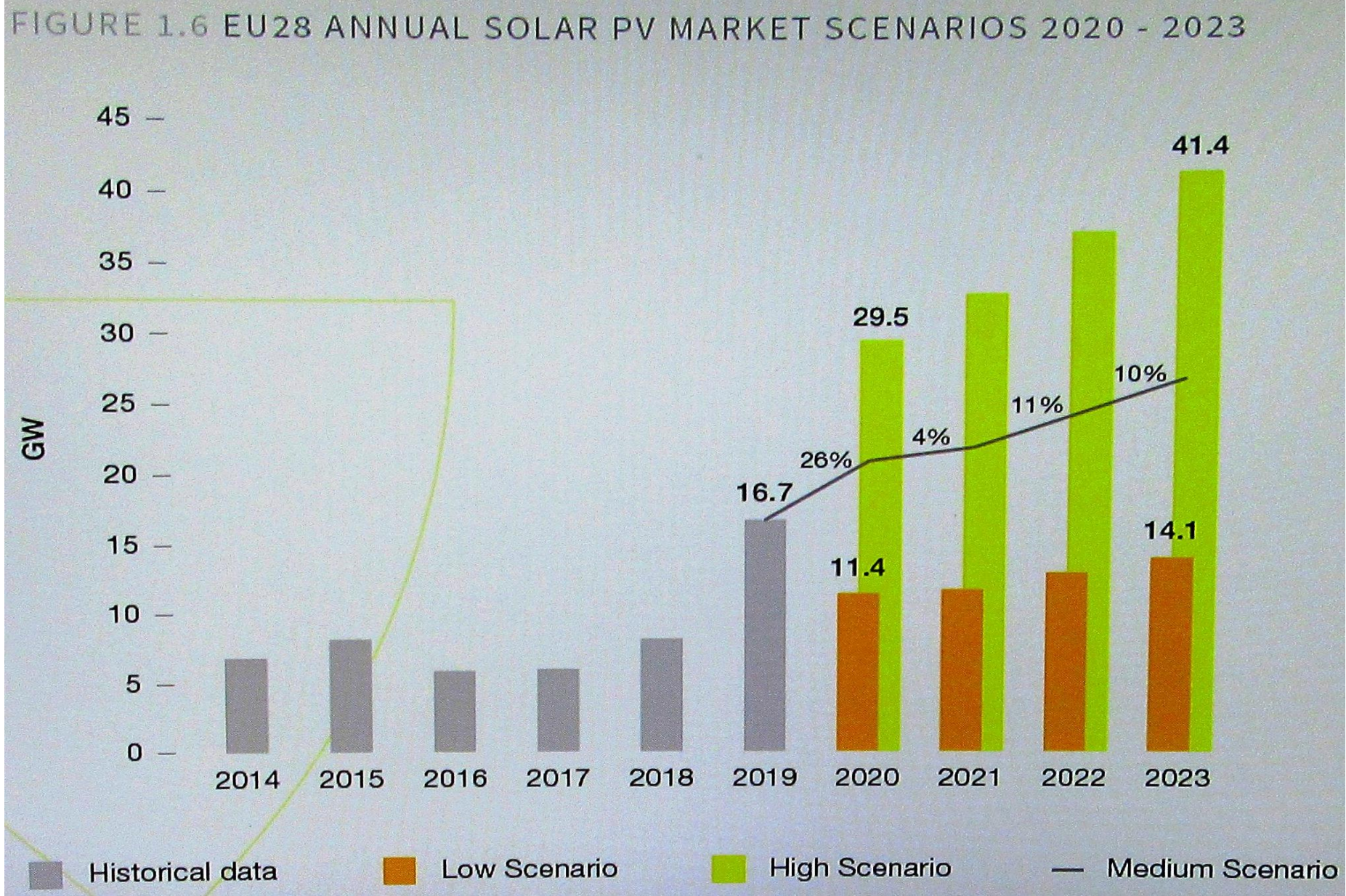
*Electricity production from solar photovoltaic power in European Union
in 2017 and 2018 (In TWh)*

	2017	2018
Germany	39.401	46.164
Italy	24.377	22.654
United Kingdom	11.525	12.922
France	9.573	10.196
Spain	8.514	7.785
Greece	3.991	3.791
Belgium	3.288	3.563
Netherlands	2.204	3.152
Czechia	2.193	2.340
Romania	1.856	1.860
Austria	1.269	1.433
Bulgaria	1.403	1.404
Portugal	0.993	1.020
Denmark	0.751	0.953
Hungary	0.349	0.765
Slovakia	0.506	0.509
Sweden	0.230	0.400
Poland	0.165	0.300
Slovenia	0.284	0.294
Malta	0.155	0.183
Cyprus	0.172	0.177
Finland	0.044	0.162
Luxembourg	0.108	0.110
Croatia	0.079	0.080
Lithuania	0.068	0.080
Ireland	0.011	0.020
Latvia	0.000	0.001
Estonia	0.000	0.000
Total EU 28	113.510	122.316

Source: EurObserv'ER 2019

Potenza FV installata annuale in Europa 2020-2023

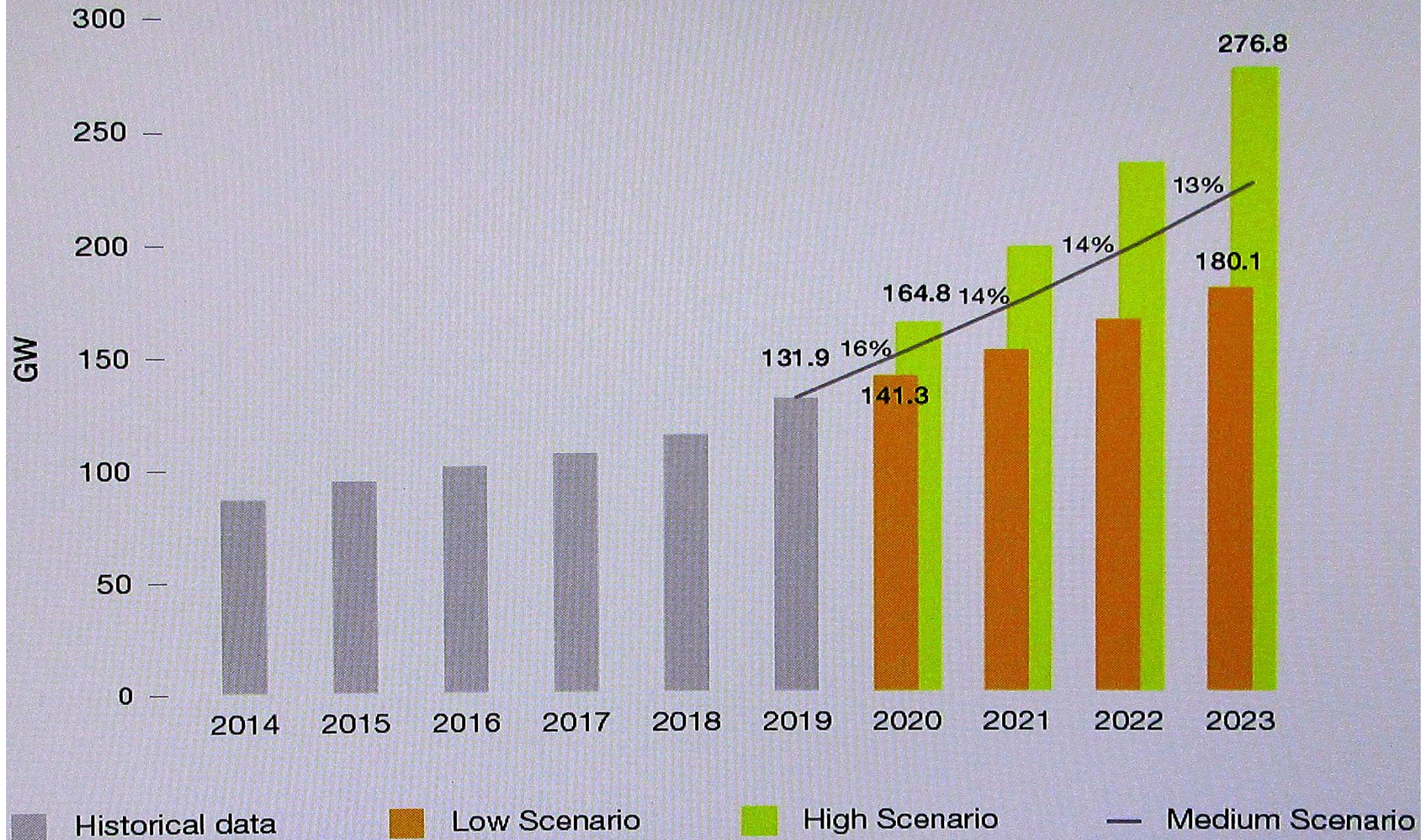
(fonte : Solar Power Europe outlook 2019)



Potenza FV annuale accumulata in Europa 2020-2023

(fonte : Solar Power Europe outlook 2019)

FIGURE 1.7 EU28 TOTAL SOLAR PV MARKET SCENARIOS 2020 - 2023



Aumenti potenze FV per nazioni in Europa 2019-2023

(fonte : Solar Power Europe outlook 2019)

	2018 Total Capacity (MW)	2023 Total Capacity Medium Scenario by 2023 (MW)	2019 - 2023 New Capacity (MW)	2019 - 2023 Compound Annual Growth Rate (%)	Political support prospects
Germany	45,920	72,611	26,692	10%	
Spain	5,915	25,601	19,686	34%	
Netherlands	4,181	19,948	15,767	37%	
France	8,900	22,07	13,173	20%	
Italy	19,877	29,395	9,518	8%	
Portugal	660	4,647	3,987	48%	
Poland	496	3,503	3,007	48%	
Hungary	797	3,713	2,916	36%	
United Kingdom	12,962	15,473	2,510	4%	
Belgium	4,075	6,475	2,400	10%	
Ireland	54	2,172	2,118	110%	
Austria	1,438	3,320	1,882	18%	
Greece	2,669	4,504	1,835	11%	
Sweden	472	1,935	1,463	33%	
Denmark	955	2,015	1,060	16%	



Il Fotovoltaico in Italia

**di seguito una serie di dati
statistici ricavati dai report
GSE-TERNA
ultima ed. 6.2019**

Bilancio energia elettrica in Italia 2018-2019

[GWh]	Dicembre 2019	Dicembre 2018	%19/18	Gen-Dic 19	Gen-Dic 18	%19/18
Idrica	4.458	3.602	23,8%	46.959	49.928	-5,9%
di cui Pompaggio in produzione ⁽²⁾	194	156	24,2%	1.688	1.619	4,3%
Termica	14.181	16.138	-12,1%	186.811	184.338	1,3%
di cui Biomasse	1.537	1.515	1,5%	17.546	17.601	-0,3%
Geotermica	461	498	-7,4%	5.687	5.756	-1,2%
Eolica	2.457	1.917	28,2%	20.063	17.557	14,3%
Fotovoltaica	923	897	2,9%	24.326	22.266	9,3%
Totale produzione netta	22.480	23.052	-2,5%	283.846	279.845	1,4%
di cui Produzione da FER ⁽³⁾	9.642	8.273	16,6%	112.893	111.489	1,3%
Importazione	3.949	3.966	1130,0	43.980	47.170	-6,8%
Esportazione	552	410	34,6%	5.817	3.271	77,8%
Saldo estero	3.397	3.556	1100,0%	38.163	43.899	-13,1%
Pompaggi	277	223	24,2%	2.412	2.313	4,3%
Richiesta di Energia elettrica ⁽¹⁾	25.600	26.385	-3,0%	319.597	321.431	-0,6%

(1) Richiesta di Energia Elettrica = Produzione + Saldo Estero – Consumo Pompaggio.

(2) Quota di produzione per apporto da Pompaggio, calcolata con il rendimento medio teorico dal pompaggio in assorbimento

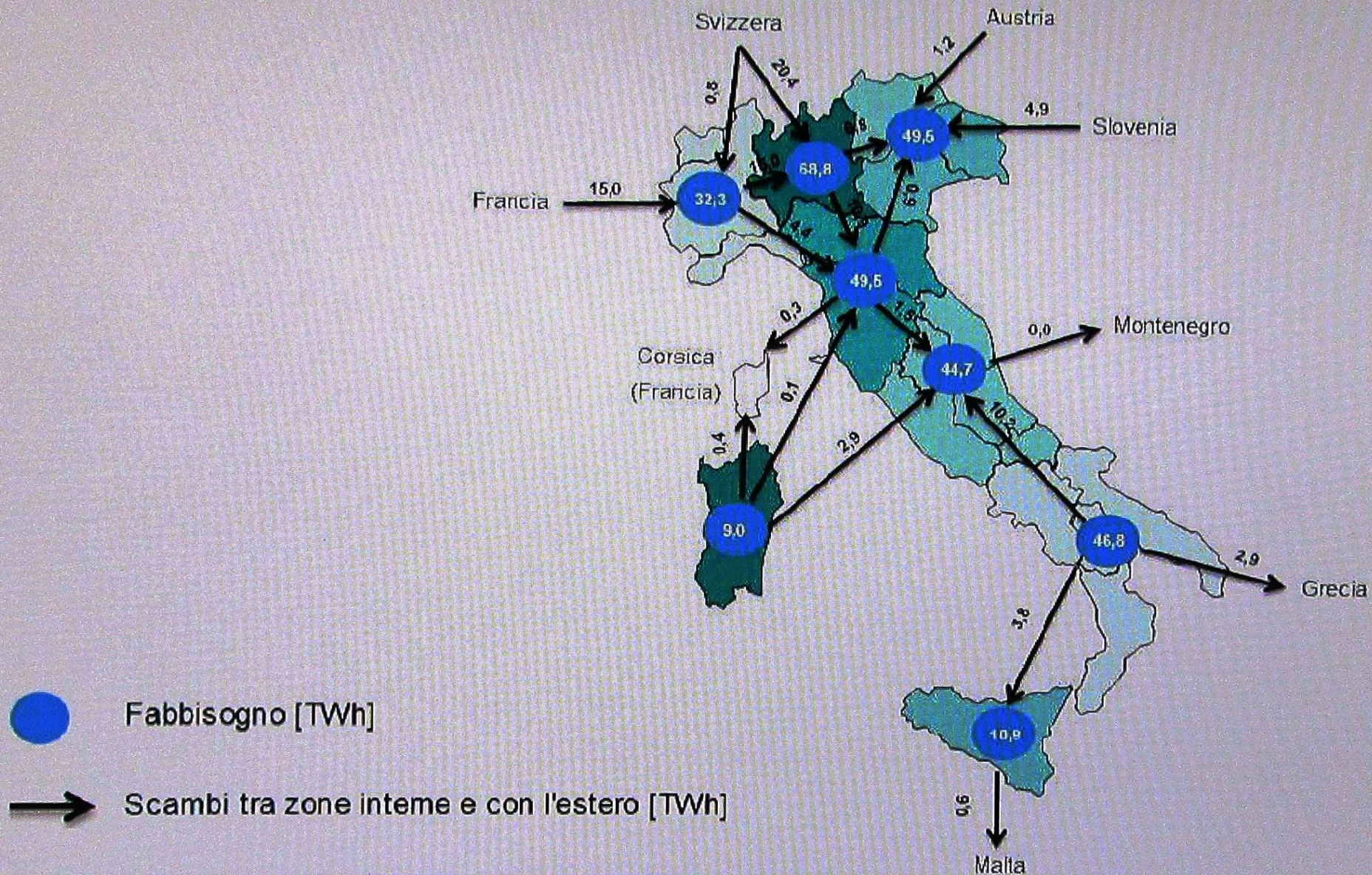
(3) Produzione da FER = Idrico-Pompaggio in Produzione + Biomasse + Geotermico + Eolico + Fotovoltaico

Bilancio Mensile dell'Energia Elettrica in Italia 2019

[GWh]	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Totale
Idrica	2.815	2.612	2.136	3.267	4.649	5.942	5.425	4.511	3.613	2.910	4.621	4.458	46.959
di cui Pompaggio in Produzione ⁽²⁾	176	128	156	159	139	125	95	88	108	185	137	194	1.688
Termica	19.328	14.902	15.418	14.326	13.215	14.181	17.718	15.749	16.396	16.669	14.728	14.181	186.811
di cui Biomasse	1.537	1.402	1.524	1.491	1.408	1.335	1.479	1.481	1.408	1.494	1.450	1.537	17.546
Geotermica	496	438	482	472	490	468	480	484	469	482	465	461	5.687
Eolica	2.321	2.339	2.450	1.473	1.652	993	1.245	727	1.165	1.044	2.197	2.457	20.063
Fotovoltaica	1.069	1.661	2.380	2.203	2.312	2.958	2.946	2.873	2.311	1.814	876	923	24.326
Produzione Totale Netta	26.029	21.952	22.866	21.741	22.318	24.542	27.814	24.344	23.954	22.919	22.887	22.480	283.846
di cui Produzione da RES ⁽³⁾	8.062	8.324	8.816	8.747	10.372	11.571	11.481	9.988	8.858	7.559	9.473	9.642	112.893
Import	3.352	4.154	4.202	3.040	3.559	3.694	4.120	2.782	3.343	4.183	3.602	3.949	43.980
Export	531	325	418	509	398	409	589	559	581	494	452	552	5.817
Saldo Estero	2.821	3.829	3.784	2.531	3.161	3.285	3.531	2.223	2.762	3.689	3.150	3.397	38.163
Pompaggi	251	183	223	227	198	179	135	126	154	264	195	277	2.412
Richiesta di Energia elettrica⁽¹⁾	28.599	25.598	26.427	24.045	25.281	27.648	31.210	26.441	26.562	26.344	25.842	25.600	319.597

Fonte: Terna

Saldo energetico Italia con l'estero nel 2019



Una curiosità numerica ... ma non tanto

Per produrre nel corso dell'anno il fabbisogno elettrico italiano (vedi dati Terna precedenti) sarebbero necessarie le seguenti **superfici realizzate al meglio con Monosilicio e valori di rendimento aggiornati 2020:**

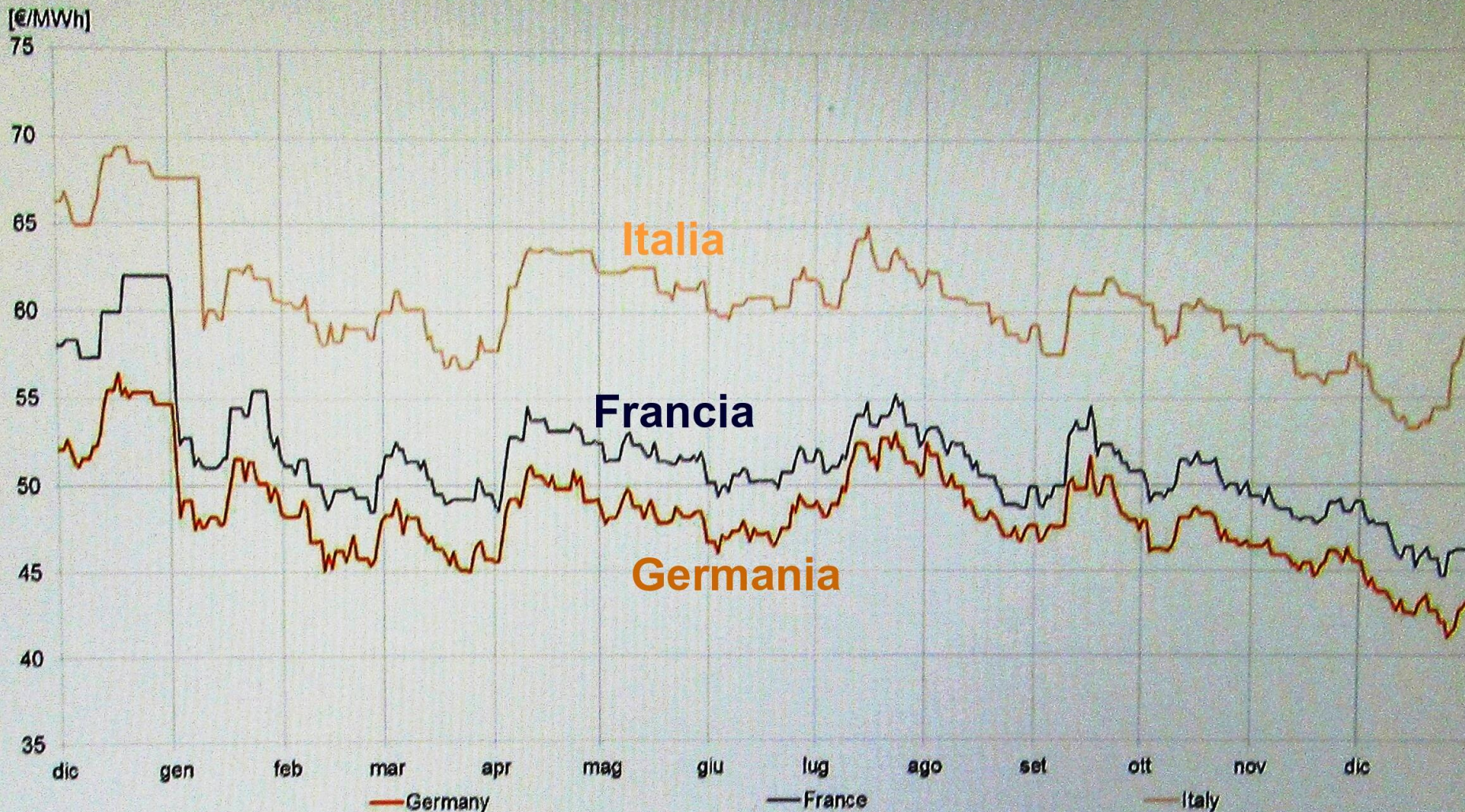
- **NordItalia** $\rightarrow A_{fv} = 5,85 * \text{Eta} / H_c = 5,85 * (320 * 10^{12}) / (1550 * 10^3)$
 $= 5,85 * 320 * 10^{12} / (1550 * 10^3 * 1,1) = \dots$ **1.208 Km²**

- **CentroItalia** $\rightarrow A_{fv} = 5,85 * \text{Eta} / H_c = 5,85 * (320 * 10^{12}) / (1670 * 10^3)$
 $= 5,85 * 320 * 10^{12} / (1550 * 10^3 * 1,1) = \dots$ **1.120 Km²**

- **Suditalia** $\rightarrow A_{fv} = 5,85 * \text{Eta} / H_c = 5,85 * (320 * 10^{12}) / (1830 * 10^3)$
 $= 5,85 * 320 * 10^{12} / (1830 * 10^3 * 1,1) = \dots$ **1.025 Km²**

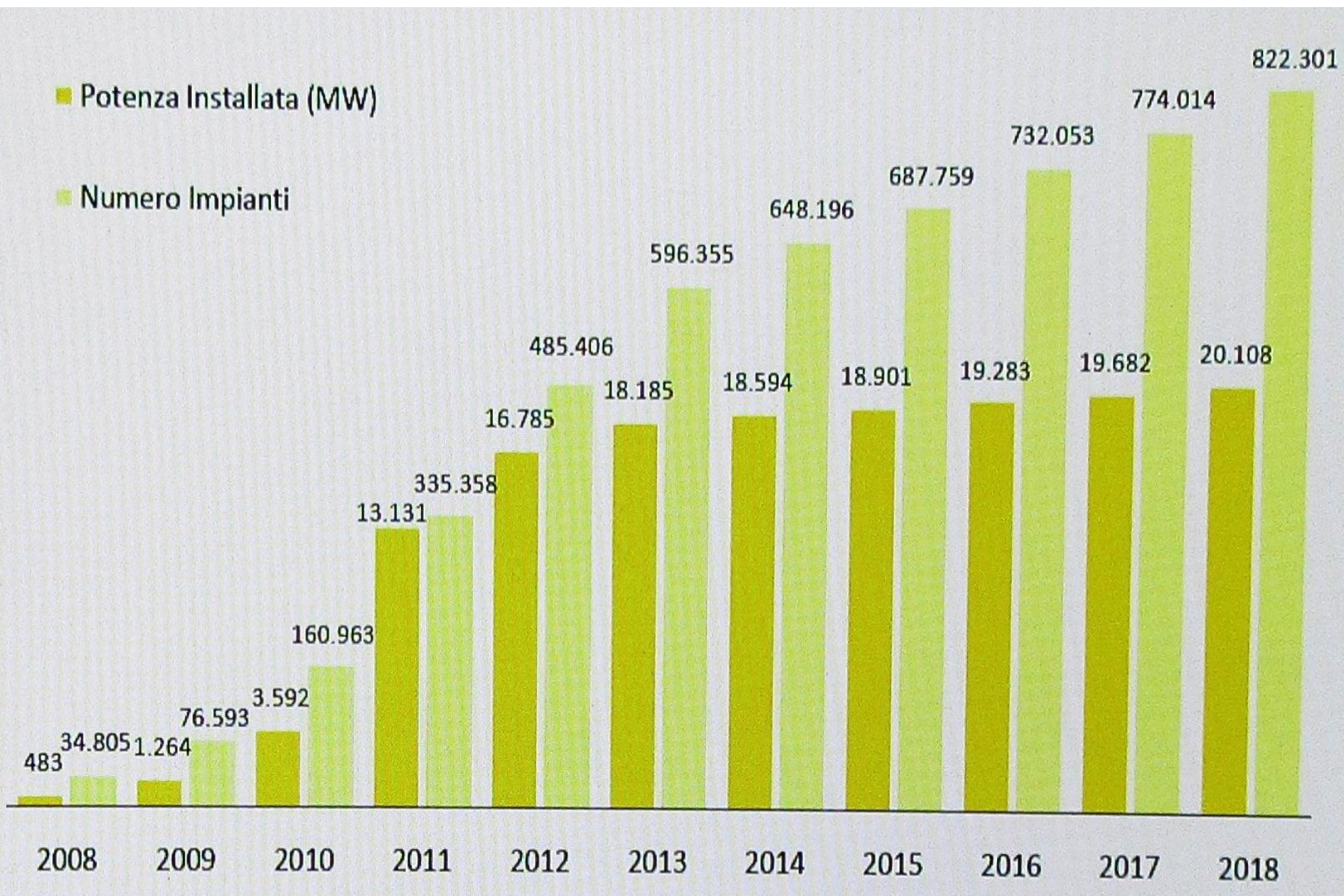
Prezzi medi a contratto 2019

Prezzi elettricità Forward Year+1

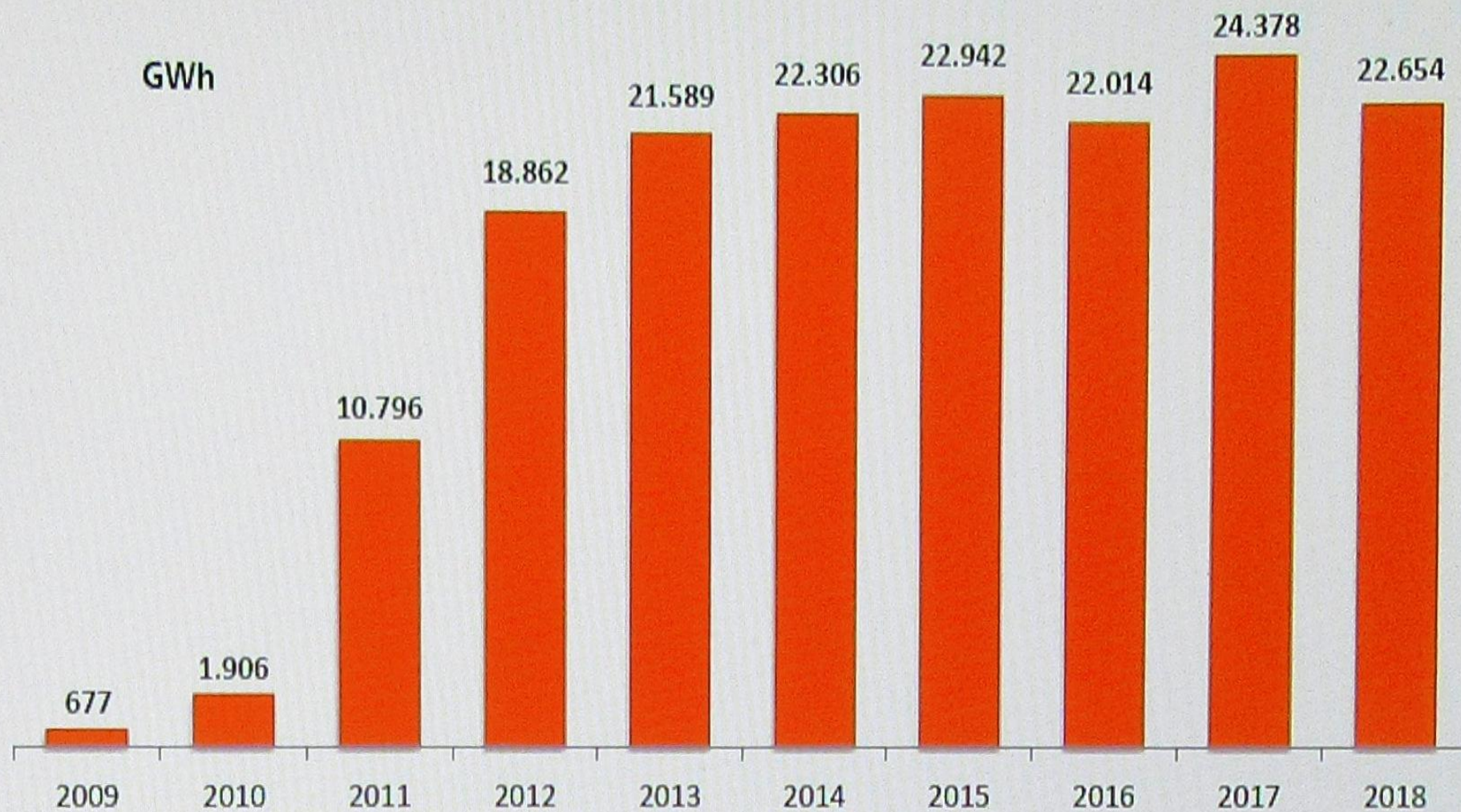


Fonte: Elaborazione Terna su dati Bloomberg

Storico Nr e potenza IFV 2009 – 2018



Produzione annuale e mensile degli impianti fotovoltaici in Italia



Nr e potenza IFV in esercizio e installati 2017-2018

Regione	2017			2018		
	Numero	Potenza (MW)	Produzione Lorda (GWh)	Numero	Potenza (MW)	Produzione Lorda (GWh)
Lombardia	116.644	2.227	2.317	125.250	2.303	2.252
Veneto	106.211	1.853	2.032	114.264	1.913	1.990
Emilia Romagna	79.835	1.983	2.351	85.156	2.031	2.187
Piemonte	54.204	1.572	1.812	57.362	1.605	1.695
Lazio	50.296	1.325	1.755	54.296	1.353	1.619
Sicilia	49.796	1.377	1.959	52.701	1.400	1.788
Puglia	46.253	2.632	3.781	48.366	2.652	3.438
Toscana	40.870	791	956	43.257	812	876
Sardegna	34.536	749	1.009	36.071	787	907
Friuli Venezia Giulia	32.012	521	562	33.648	532	562
Campania	30.401	784	940	32.504	805	878
Marche	26.539	1.071	1.376	27.752	1.081	1.237
Calabria	23.456	514	671	24.625	525	617
Abruzzo	19.092	723	938	20.138	732	857
Umbria	17.636	471	585	18.698	479	527
Provincia Autonoma di Trento	15.919	180	191	16.594	185	182
Liguria	8.171	103	111	8.783	108	106
Provincia Autonoma di Bolzano	8.160	241	263	8.353	244	252
Basilicata	7.826	366	505	8.087	364	445
Molise	3.913	176	237	4.041	174	214
Valle D'Aosta	2.244	23	26	2.355	24	25
ITALIA	774.014	19.682	24.378	822.301	20.108	22.654

IFV x fascia potenza in esercizio e installati 2017-2018

Classi di potenza (kW)	Installati al 31/12/2017		Installati al 31/12/2018		Var % 2018/2017	
	n°	MW	n°	MW	n°	MW
1<=P<=3	262.214	716,1	279.681	759,8	6,7	6,1
3<P<=20	447.332	3.266,9	476.396	3.445,2	6,5	5,5
20<P<=200	52.591	4.122,5	54.209	4.244,0	3,1	2,9
200<P<=1.000	10.739	7.352,5	10.878	7.413,2	1,3	0,8
1.000<P<=5.000	950	2.334,5	948	2.328,2	-0,2	-0,3
P>5.000	188	1.889,7	189	1.917,2	0,5	1,5
Totale	774.014	19.682,3	822.301	20.107,6	6,2	2,2

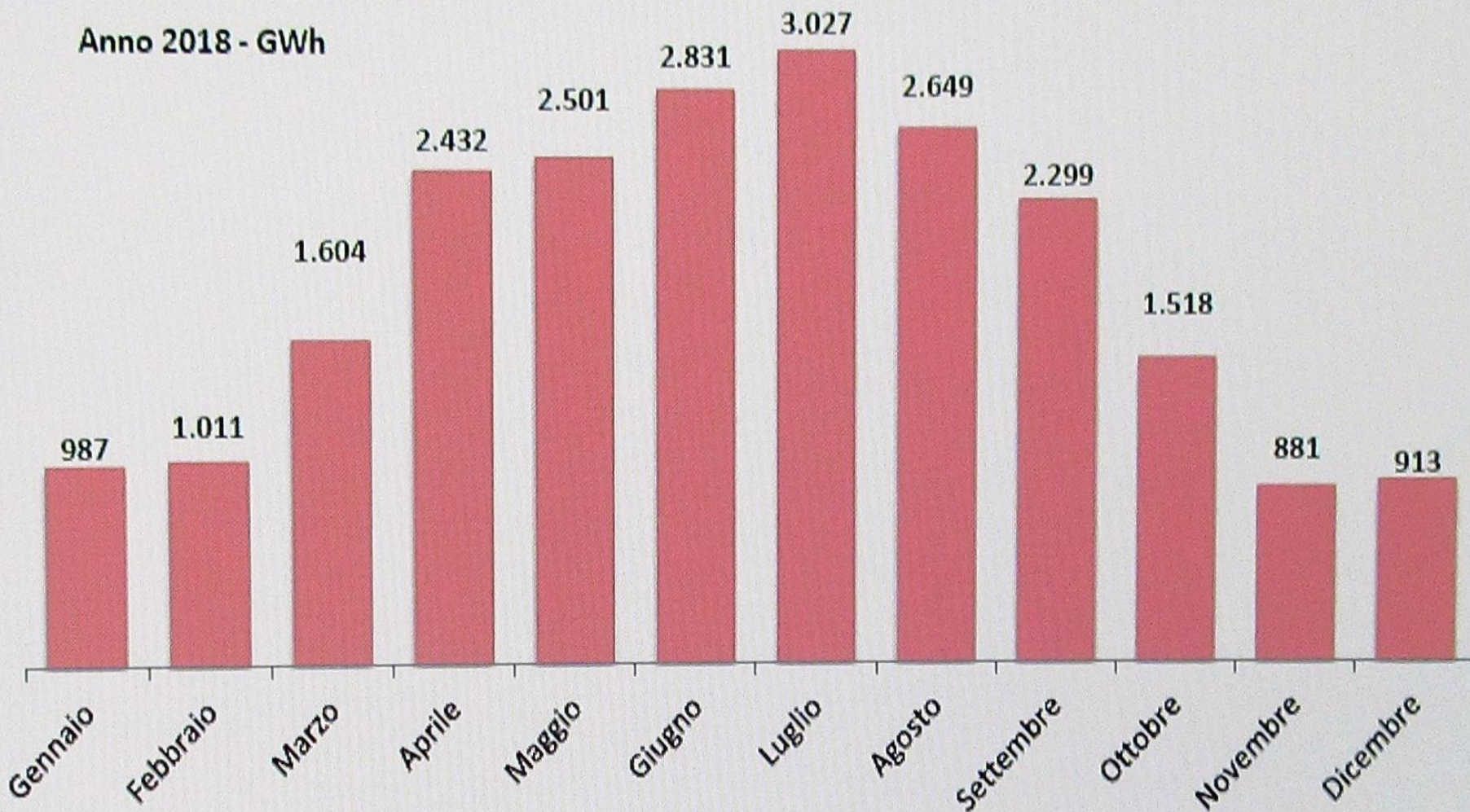
Nel corso del 2018 sono stati installati circa 48.000 impianti - in grande maggioranza di potenza inferiore ai 20 kW - per una potenza installata complessiva di circa 440 MW¹.

Classi di potenza (kW)	Installati nel 2017		Installati nel 2018		Var % 2018/2017	
	n°	MW	n°	MW	n°	MW
1<=P<=3	17.160	43,4	17.400	43,5	1,4	0,2
3<P<=20	25.364	163,5	29.049	178,5	14,5	9,2
20<P<=200	1.280	89,7	1.626	121,6	27,0	35,6
200<P<=1.000	125	50,0	148	67,7	18,4	35,5
1.000<P<=5.000	2	3,9	1	1,0	-50,0	-74,1
P>5.000	5	63,1	1	27,5	-80,0	-56,4
Totale	43.936	413,6	48.225	439,8	9,8	6,3

Nr e potenza IFV in Lombardia 2017-2018

	2017				2018				% 18 / 17	
	n°	%	MW	%	n°	%	MW	%	Numerosità	Potenza
Lombardia	116.644	15,1	2.226,7	11	125.250	15,2	2.303	11	7,4	3,4
Bergamo	16.620	2,1	297,3	2	17.966	2,2	310,5	2	8,1	4,5
Brescia	25.051	3,2	438,1	2	26.555	3,2	455,2	2	6,0	3,9
Como	7.102	0,9	88,1	0	7.743	0,9	91,9	0	9,0	4,4
Cremona	7.697	1,0	232,2	1	8.149	1,0	236,1	1	5,9	1,7
Lecco	3.920	0,5	48,8	0	4.196	0,5	51,0	0	7,0	4,6
Lodi	3.533	0,5	122,5	1	3.788	0,5	124,4	1	7,2	1,6
Mantova	7.923	1,0	219,6	1	8.489	1,0	222,8	1	7,1	1,5
Milano	15.696	2,0	315,7	2	16.965	2,1	329,9	2	8,1	4,5
Monza e della Brianza	7.164	0,9	97,8	0	7.742	0,9	103,3	1	8,1	5,6
Pavia	6.680	0,9	181,6	1	7.198	0,9	185,2	1	7,8	2,0
Sondrio	3.804	0,5	51,3	0	3.908	0,5	51,8	0	2,7	1,0
Varese	11.454	1,5	133,8	1	12.551	1,5	140,8	1	9,6	5,2

Produzione FV mensile 2018



Numero e potenza degli impianti per settore di attività

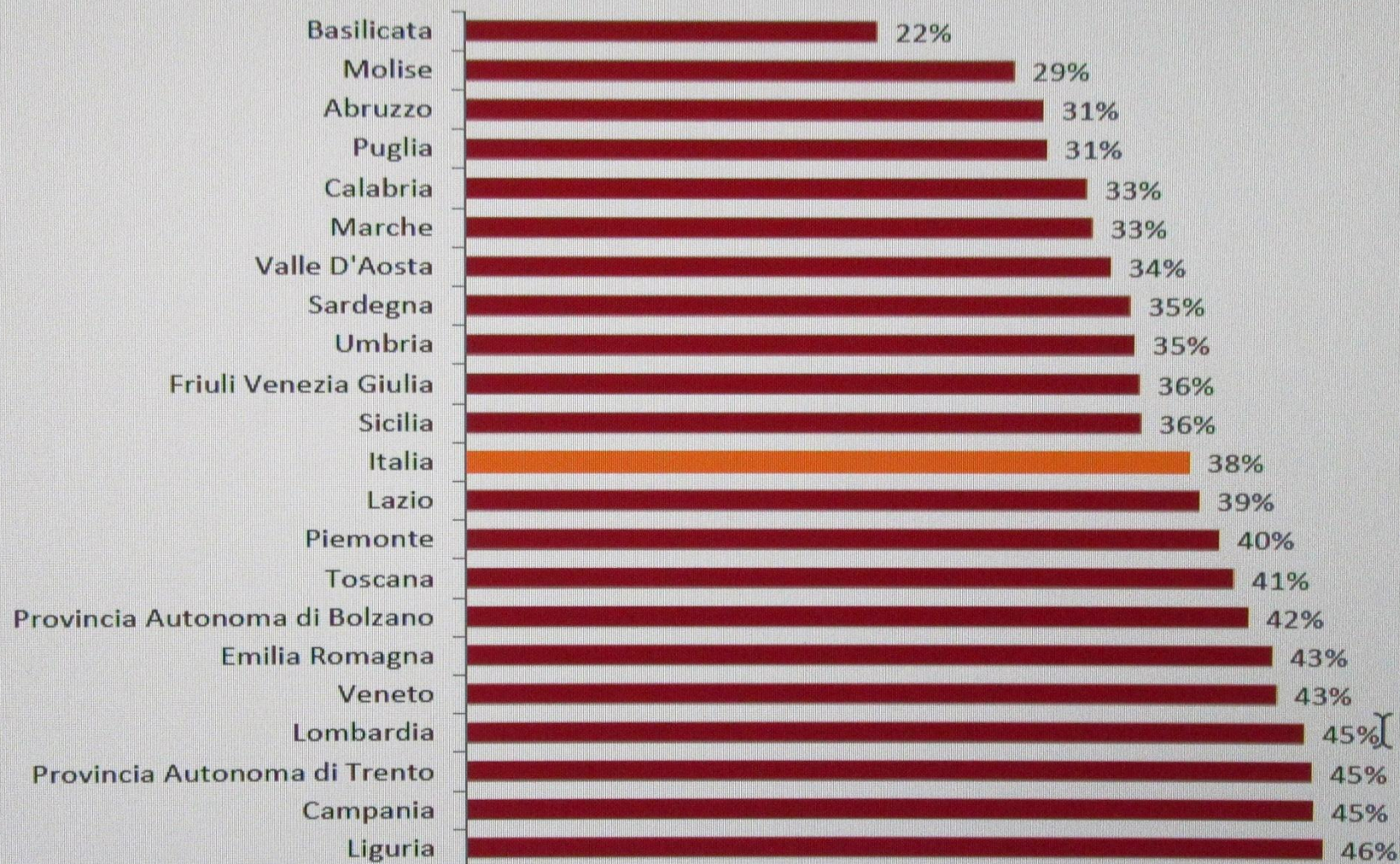
Settore di attività	Installati al 31/12/2018		Installati nell'anno 2018	
	n°	MW	n°	MW
Agricoltura	28.524	2.588,4	999	26,3
Domestico	670.124	3.206,0	42.161	178,1
Industria	33.456	9.812,4	1.779	135,1
Terziario	90.197	4.500,8	3.286	100,4
Totale complessivo	822.301	20.107,6	48.225	439,8

Alla fine del 2018, l'81% circa degli 822.301 impianti installati in Italia afferiscono al settore domestico; la quota maggiore della potenza complessiva (49%) si concentra invece nel settore industriale.

Evoluzione per regione delle ore di utilizzazione degli impianti entrati in esercizio entro la fine dell'anno precedente

Regione	Ore 2011	Ore 2012	Ore 2013	Ore 2014	Ore 2015	Ore 2016	Ore 2017	Ore 2018
Puglia	1.476	1.502	1.476	1.401	1.416	1.327	1.441	1.302
Sicilia	1.447	1.523	1.476	1.477	1.396	1.316	1.436	1.288
Molise	1.319	1.371	1.338	1.310	1.333	1.193	1.351	1.236
Basilicata	1.416	1.433	1.409	1.342	1.341	1.232	1.385	1.228
Lazio	1.550	1.429	1.348	1.322	1.339	1.224	1.361	1.210
Sardegna	1.446	1.401	1.349	1.340	1.272	1.260	1.355	1.197
Calabria	1.335	1.375	1.349	1.354	1.285	1.255	1.320	1.189
Abruzzo	1.336	1.362	1.270	1.251	1.257	1.179	1.305	1.179
Marche	1.276	1.309	1.198	1.197	1.226	1.157	1.291	1.151
Umbria	1.319	1.320	1.188	1.161	1.210	1.121	1.250	1.108
Campania	1.319	1.293	1.260	1.217	1.180	1.121	1.216	1.106
Toscana	1.323	1.275	1.182	1.164	1.183	1.133	1.222	1.094
Emilia Romagna	1.300	1.246	1.157	1.139	1.158	1.094	1.199	1.092
Piemonte	1.183	1.196	1.117	1.105	1.148	1.093	1.163	1.069
Friuli Venezia Giulia	1.213	1.179	1.107	1.033	1.133	1.024	1.091	1.068
Veneto	1.230	1.166	1.105	1.054	1.125	1.061	1.113	1.059
Valle d'Aosta	1.243	1.163	1.133	1.112	1.136	1.141	1.149	1.056
Provincia Autonoma di Bolzano	1.162	1.108	1.096	1.025	1.094	1.064	1.097	1.040
Liguria	1.233	1.161	1.075	1.075	1.079	1.051	1.101	1.004
Provincia Autonoma di Trento	1.158	1.075	1.023	985	1.042	1.029	1.072	996
Lombardia	1.150	1.096	1.009	1.004	1.037	1.008	1.055	996
Italia	1.326	1.313	1.241	1.211	1.225	1.158	1.252	1.141

Autoconsumi per regione nel 2018



Il grafico riporta per ogni regione la percentuale di energia autoconsumata rispetto all'energia prodotta nell'anno 2018, relativa ai soli impianti che autoconsumano.

Fotovoltaico - e-mobility



binomio vincente ?

Energia FV pulita per una futura e-mobility green

A Milano That's Mobility organizzata da Energy Strategy del Politecnico di Milano .
Tavola rotonda sulla convergenza tra fotovoltaico e mobilità elettrica.
Discusse le prime realtà di convergenza **tra fotovoltaico e mobilità elettrica**, che si concretizzeranno sia come prodotti e soluzioni integrate che come sistemi di ricarica e accumulo sul territorio. → fattori chiave che permetteranno la integrazione energetica sul territorio tra la filiera del fotovoltaico e la nascente e crescente mobilità elettrica.

Messaggio finale

- **Filiera FV – e-mobility fattibile e promettente nel quadro di sinergia tra RS, Industria e Pubbliche Amministrazioni.**
- **Cambiamento tecnologico e culturale**



FV per l'auto elettrica

La mobilità elettrica può integrarsi , nel territorio , in un sistema connesso alla produzione di energia rinnovabile grazie anche ad una **gestione efficiente** e attiva dei **processi di carica e scarica** . Con vantaggi tecnologici, economici ed ambientali.

In questa ottica la **soluzione IFV con accumulo** sarà sempre più importante ed economicamente conveniente.

- Possibilità di gestire e ottimizzare l'energia solare prodotta con le esigenze elettriche dell'utente e lo scambio energetico con l'auto elettrica.
- Gestire la carica scarica delle auto elettriche viste come dispositivi che assorbono energia ma, avendola immagazzinata, possono cederla all'occorrenza, rendendo più efficiente la gestione globale energetica in un'ottica di **smart city**.
- Esistono già nel mercato sistemi che avviano la ricarica quando vi è disponibilità di energia verde con la possibilità di comandare la ricarica a distanza.

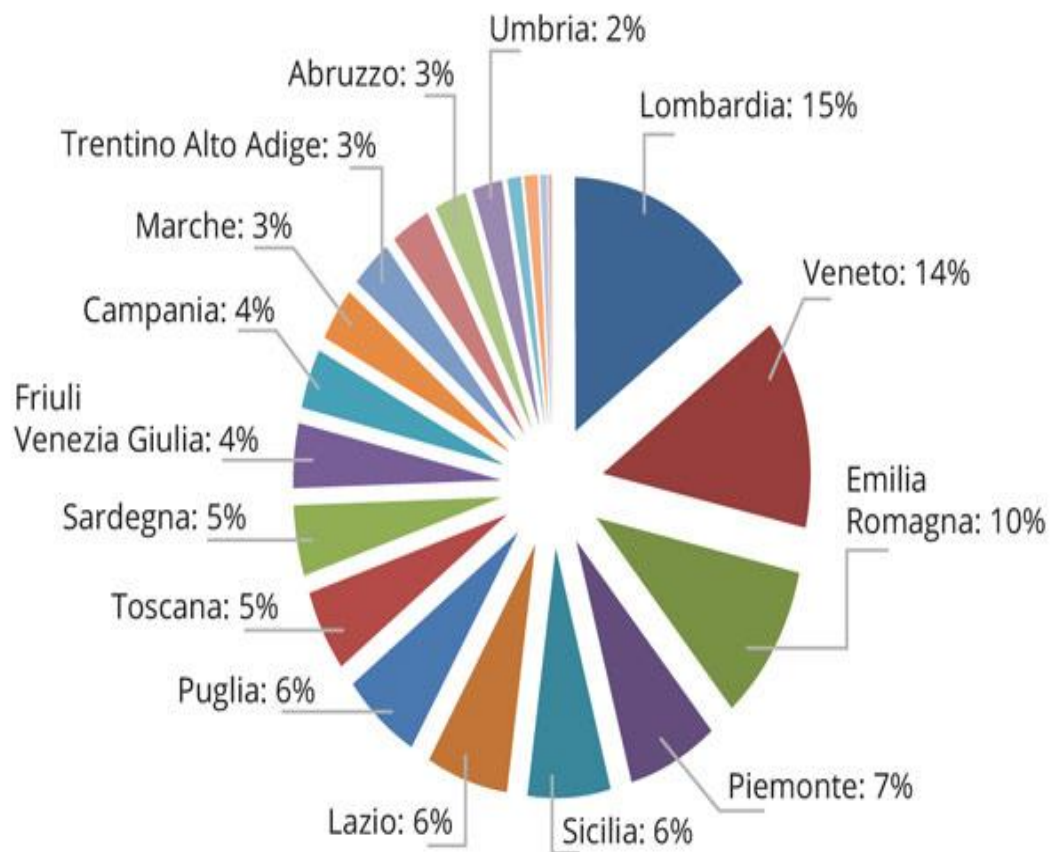
FV per l'auto elettrica ... un po' di conti

In Italia a fine 2018, secondo i dati GSE, ci sono circa 820.000 IFV per una potenza totale disponibile di 20 GW.

La distribuzione % per regione indica chiaramente che già si dispone di una forma di energia rinnovabile pulita molto distribuita sul territorio.

Di questi IFV circa 750.000 sono quelli nella fascia di potenza fino a 20 kWp

Gli IFV nella fascia di potenza domestica allargata possono essere facilmente potenziati con sistemi di accumulo a batterie che faciliterebbero le esigenze di fabbisogno elettrico per e-mobility.



FV per l'auto elettrica ... un po' di conti

L'autoconsumo medio degli IFV è di circa il 40% senza ricorrere alla rete esterna.

Integrando IFV con la ricarica elettrica x auto si hanno due possibilità:

- disponibilità potenziale di una buona % d'energia solare rinnovabile per la ricarica di auto elettrica. → supponiamo il 25%
- Possibilità di riversare l'energia elettrica non consumata dall'auto, nel sistema di accumulo dell'IFV.

Un esempio indicativo ci può chiarire :

- IFV da 4 kWp nell'area milanese → energia annua prodotta $4 \times 1.100 = 4.400$ kWh
- disponibilità annua di circa $4.400 \times 0,25 = 1.100$ kWh .
- auto elettrica city car con consumo medio di circa 16 kWh/100Km
- percorrenza annua in elettrico “solare” $1.100 / 16 \times 100 = 6.875$ Km a zero emissioni.

Quale futuro per il FV nella e-mobility ?

A conclusione riporto un altro stralcio “virgolettato” dell’articolo della **Europea Commission JRC** del dicembre 2018 in merito al FV in Europa e nel Mondo

... “ there are huge (immense) opportunities for PV in the future if the right policy measures are taken... European Union needs to increase its capacity from 115 GW at the end of 2018 to more than 631 GW by 2025.

In case of a transition to a sustainable transport sector, i.e. electrification and synthetic fuels, these numbers would increase by a factor of two “ ...

UTE San Donato 2019 – 2020

waitingman@libero.it

Grazie per la partecipazione

