

Fotovoltaico

LIUC – 7 Ottobre 2009
Paolo Torri

Cos'è

FOTOVOLTAICO

L'effetto fotovoltaico si realizza quando un elettrone contenuto in un semiconduttore, assorbendo un fotone, inizia a condurre.

EFFETTO FOTOELETTRICO: Quando una radiazione elettromagnetica investe un materiale può, in certe condizioni, cedere energia agli elettroni più esterni degli atomi del materiale e, se questa è sufficiente, l'elettrone risulta libero di allontanarsi dall'atomo di origine.

L'energia minima necessaria all'elettrone per allontanarsi dall'atomo (passare quindi dalla banda di valenza che corrisponde allo stato legato più esterno alla banda di conduzione ove non è più legato) deve essere superiore alla banda proibita del materiale.

Storia

Fotovoltaico

1839: Edmond Becquerel, scopre l'effetto fotovoltaico durante alcuni esperimenti con celle elettrolitiche, osservando il formarsi di una d.d.p. tra due elettrodi identici di platino, uno illuminato e l'altro al buio; la d.d.p. dipendeva dall'intensità e dal colore della luce.

1873: Willoughby Smith scopre la fotoconducibilità del selenio.

1876: Due scienziati britannici, Adams e Day, osservano il selenio convertire la luce del sole direttamente in elettricità, senza riscaldare un fluido e senza utilizzare parti mobili.

1883: Fritts descrive il funzionamento di una cella fotovoltaica nel tentativo di simulare l'occhio umano.

1904: Hallwachs scopre l'effetto fotovoltaico in un dispositivo a base di rame.

1905: Einstein descrive l'effetto fotoelettrico

Storia

1914: Il rendimento delle celle al selenio si aggira intorno all'1%.

1917: Kennard e Dieterich usano il concetto di barriera di potenziale per spiegare l'effetto fotoelettrico.

1940: Primi dispositivi al Silicio

1953: Gerald Pearson, prima cella al silicio

1960: prime celle con deposizione di Silicio e Solfuro di Cadmio su supporti flessibili

1973: Carson: silicio amorfo in film sottile

Applicazioni

Anni '50: Satelliti Artificiali

Anni '60: utilizzo in siti senza rete elettrica per illuminazione di emergenza

Anni '70: Ripetitori radio e telefonici

Boe di segnalazione

Cartelli ferroviari e sistemi di comunicazione per ferrovie

Pompe fotovoltaiche per estrazione acqua (Africa)

Anni '80: prime installazioni domestiche (oltre 300 impianti da 3 kW a Zurigo)

ITALIA

1979: primo impianto da 1 kW

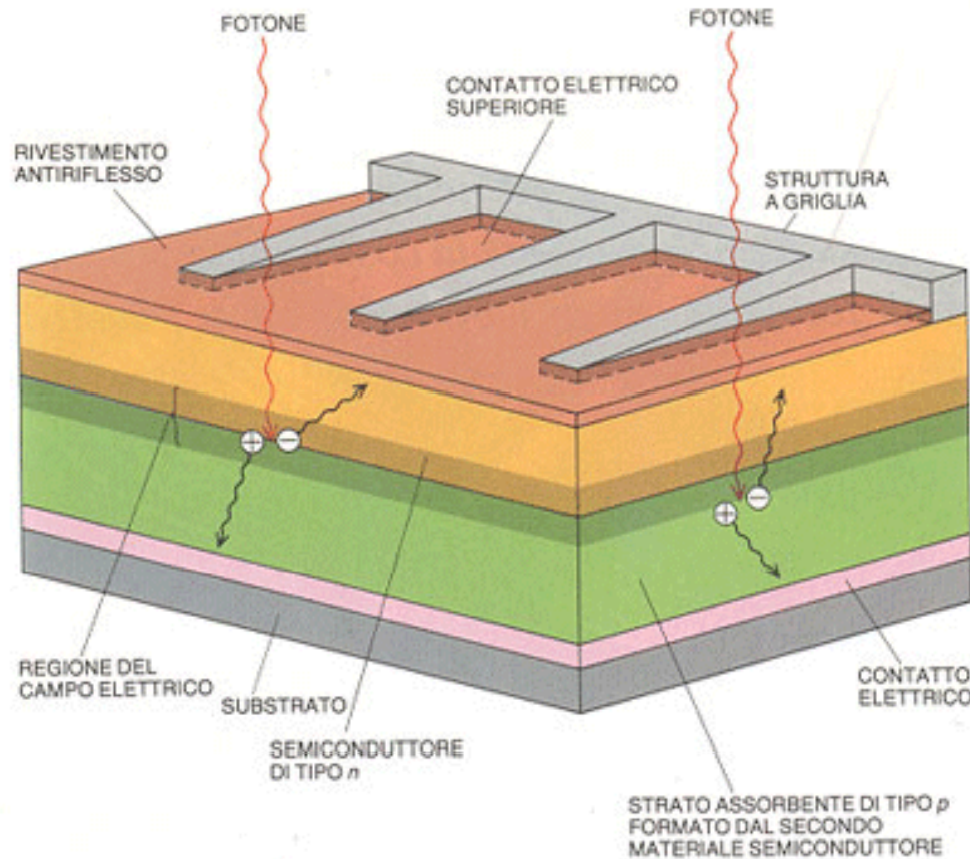
Anni '90 : al primo posto in Europa per potenza installata (25 MW)

2002: Programma "10.000 Tetti Fotovoltaici"

2006: Primo Conto Energia

2007: Nuovo Conto Energia

Come Funziona



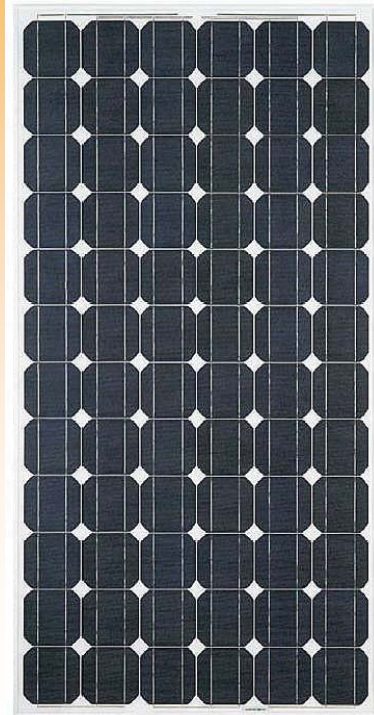
Cella costituita da uno strato sottile (< 0,3 mm) di materiale semiconduttore opportunamente “drogato” con atomi di fosforo e boro per ottenere correnti elettriche stabili

Contatti Elettrici applicati allo strato di silicio (serigrafia) alle estremità della cella per assorbire il flusso elettrico.

Rivestimento antiriflesso : strato sottile normalmente di Ossido di Titanio con superficie sagomata

A.Magrini, D.Ena

Tipologia Cella



SILICIO MONOCRISTALLINO

- realizzati nella maggior parte dei casi da wafer di “lingotti” con struttura a mono cristallo di Silicio
- rendimenti elevati compresi tra il 12% e il 18%
- perdita di efficienza ridotta nel tempo: <10% a 10 anni e <20% a 20 anni
- potenza specifica superficiale elevata ~ 8 m²/kW
- costo elevato
- struttura di sostegno rigida
- peso elevato 100 kg/kW (~ 12 kg/m²)
- elevata sperimentazione

Tipologia Celle

SILICIO POLICRISTALLINO



- realizzati da wafer di silicio con struttura multicristallina (vengono spesso utilizzati gli scarti dell'industria elettronica)
- rendimenti compresi tra l'10% e il 14%
- perdita di efficienza elevata nei primi anni di vita ~10% nei primi 2/4 anni – resa abbastanza costante negli anni successivi
- potenza specifica superficiale elevata ~ 10 m²/kW
- struttura di sostegno rigida
- peso elevato 100 kg/kW (~ 13 kg/m²)
- elevata sperimentazione

Tipologia “Celle”

SILICIO AMORFO E FILM SOTTILE



- realizzati con “deposizione” di Silicio su supporti anche flessibili
- rendimenti compresi tra il 4% e il 7% (in alcuni casi fino al 10% con sfruttamento di una più larga banda dello spettro solare utile)
- perdita di efficienza elevata nei primi anni di vita ~20% nei primi 2 anni – resa abbastanza costante negli anni successivi
- potenza specifica superficiale ridotta ~ 20 m²/kW
- strutture di sostegno anche flessibili (ottima integrazione anche su coperture curve)
- peso ridotto 50 kg/kW (~ 3,5 kg/m²)
- minor sensibilità in condizioni atmosferiche estreme
- miglior sfruttamento dello spettro solare e della luce diffusa

Tipologia Impianti

Sistemi a “inseguimento” biassiale



GSE -Roccastrada Grosseto



Tipologia Impianti

Sistemi a "inseguimento" mono assiale



Tipologia Impianti

Sistemi fissi



Tipologia Impianti

Applicazioni particolari



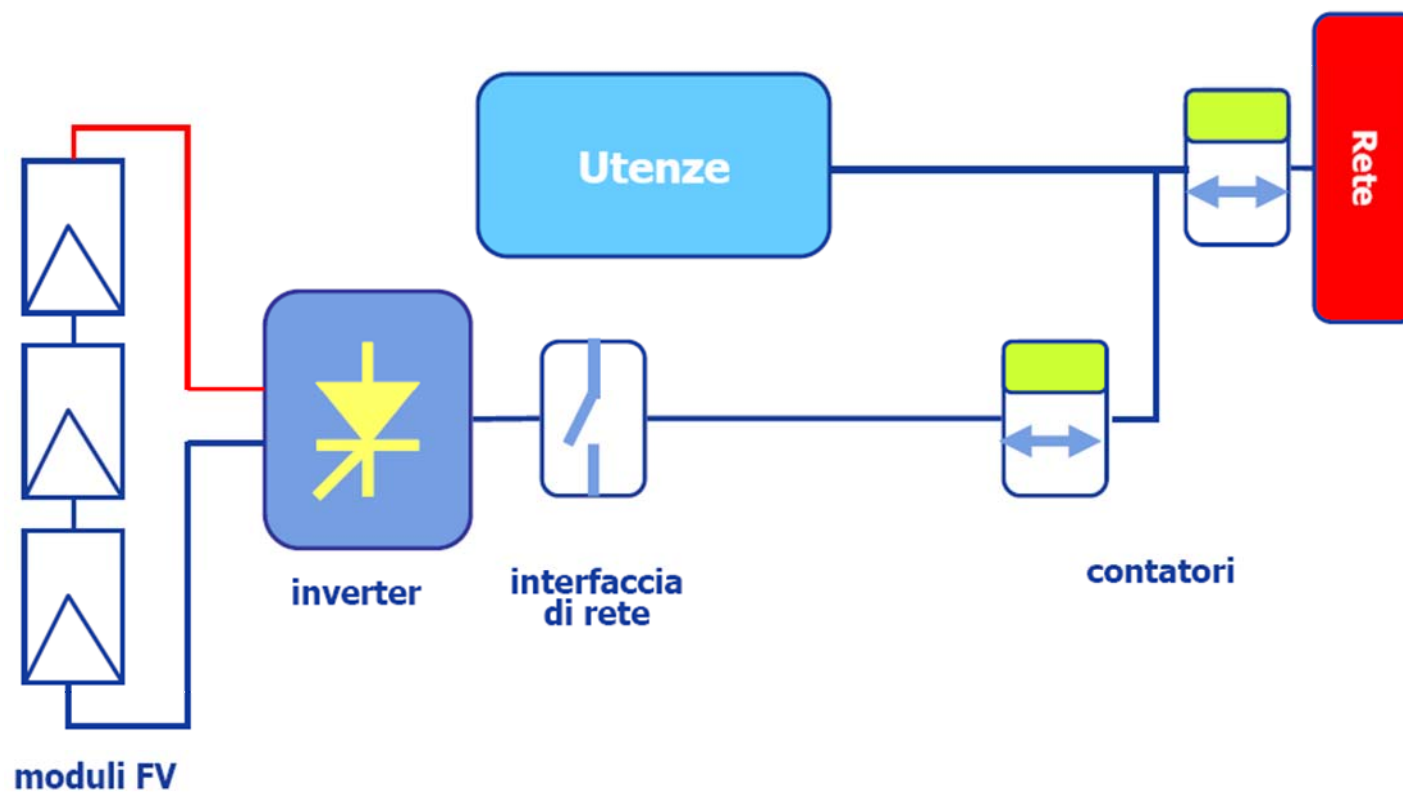
Serra fotovoltaica



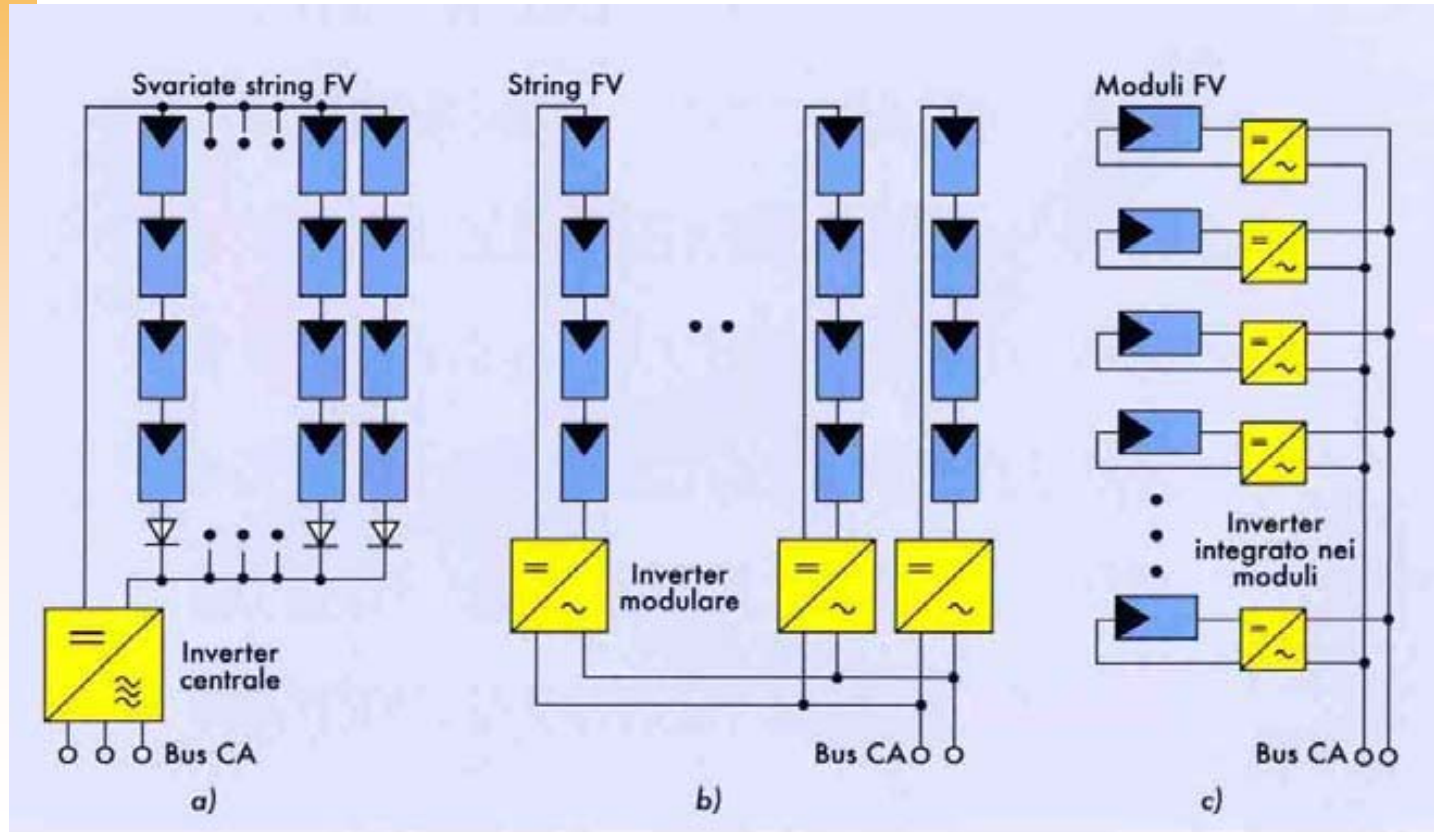
Pensiline
fotovoltaiche



Schema di Funzionamento



Tipologie di collegamento



Tipologie di collegamento

Inverter di Stringa o Multi stringa

Pro

- Alta flessibilità di gestione del campo fotovoltaico, ottimale in caso di ombreggiamenti e in caso le stringhe siano orientate e inclinate diversamente.
- Semplificazione dell'impianto sul lato in c.c., se installati correttamente in modo decentralizzato (p.es. vicino ai moduli) consentono di fare a meno del quadro di campo.
- Elevata resa energetica, grazie alla gestione "capillare" del generatore fotovoltaico con dispositivi di inseguimento del punto di massima potenza indipendenti per ogni stringa.
- Elevata immunità dell'impianto al singolo guasto. Intervento di ripristino del guasto più rapido e semplice.

Contro:

- Più alto costo della parte inverter;
- maggior numerosità
- maggiore complessità del lato AC dell'impianto.

Tipologie di collegamento

Inverter Centralizzato

Pro:

- *Ridotto costo specifico per kWp dell'inverter, perché tutta l'elettronica viene condensata in un unico sistema dove al crescere della potenza hanno minor peso i "costi fissi" delle parti meccaniche e della circuiteria di controllo e protezione.*
- Minor numerosità delle apparecchiature

Contro:

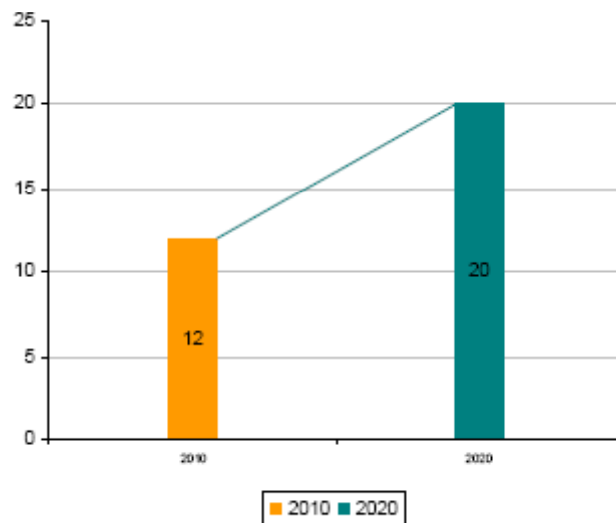
- *Pesante impatto sulla funzionalità di impianto al primo guasto dell'inverter. Tutto il processo di conversione ed immissione in rete è concentrato su un unico apparato che in caso di guasto si interrompe completamente.*
- *Gestione rigida del campo fotovoltaico. Si richiede una esposizione e configurazione omogenea di tutte le stringhe del campo fotovoltaico.*
- *Aumenta il costo del cablaggio e protezione sul lato DC dell'impianto. Peggiora anche la capacità di controllo del campo fotovoltaico che si traduce in costi addizionali per quadri di campo con funzione di protezione e misura dei parametri di stringa.*

Conto Energia

Direttiva 2001/77/CE, per la promozione delle FER: target al 2010 non vincolanti: **12%** di energia da FER

Nuovo pacchetto di misure per l'energia adottato dal Consiglio UE (marzo 2007): target nazionali al 2020 vincolanti: **20%** di energia da FER

Percentuale di energia rinnovabile rapportata al consumo totale di energia



Conto Energia

La Tariffa Incentivante

	Potenza nominale dell'impianto (kW)	TIPOLOGIA IMPIANTO		
		1 Non integrato	2 Parzialmente integrato	3 Integrato
A	$1 \leq P \leq 3$	0,392	0,431	0,480
B	$3 < P \leq 20$	0,372	0,412	0,451
C	$P > 20$	0,353	0,392	0,431

Il valore della tariffa è costante per 20 anni e non include il valore dell'energia.

Sono previsti inoltre un premio ulteriore del 5% per particolari categorie di impianti ed un premio (max 30%) per impianti fino a 200 kW con scambio sul posto per interventi di efficienza energetica nell'unità immobiliare o edificio annesso.

Conto Energia

Integrato Architettonicamente

I moduli fotovoltaici sostituiscono un materiale da costruzione tradizionale, diventando un componente attivo dell'involucro edilizio.

L'obiettivo è riuscire ad equilibrare gli aspetti tecnici ed estetici dei componenti della tecnologia fotovoltaica con quelli dell'involucro edilizio, senza compromettere le caratteristiche funzionali di entrambi.



GSE

Conto Energia

Integrato Architettonicamente



GSE

Conto Energia

Integrato Architettonicamente

Alcune definizioni

Pergola fotovoltaica: struttura di pertinenza di unità a carattere residenziale, atta a consentire il sostegno di verde rampicante su terrazzi, cortili o giardini, con una ridotta superficie di copertura in pianta.

Pensilina fotovoltaica: struttura accessoria posta a copertura di parcheggi o percorsi pedonali.

Tettoia fotovoltaica: struttura posta a copertura di ambienti esterni agli edifici formata da spioventi che poggiano sul muro degli edifici stessi.

Serre fotovoltaiche: rientrano in questa tipologia le installazioni nelle quali i moduli fotovoltaici costituiscono gli elementi costruttivi della copertura o delle pareti di manufatti adibiti, permanentemente per tutta la durata degli incentivi, a serre dedicate alle coltivazioni agricole o alla floricoltura. La struttura della serra, in metallo, legno o muratura, deve essere chiusa (la chiusura può eventualmente essere stagionalmente rimovibile), fissa ed ancorata al terreno.

Conto Energia

Parzialmente Integrato Architettonicamente

I moduli fotovoltaici sono installati su edifici o elementi di arredo urbano, come chioschi, pensiline, barriere acustiche, ecc., senza sostituire il materiale da costruzione delle stesse strutture.



Conto Energia

Parzialmente Integrato Architettonicamente



Conto Energia

Non Integrato Architettonicamente



Conto Energia

Premio per impianti fotovoltaici abbinati a un uso efficiente dell'energia

Le condizioni per l'accessibilità al premio abbinato a un uso efficiente dell'energia sono:

- Il regime di scambio sul posto per l'impianto FV (potenza fino a 200 kW);
- L'impianto FV deve alimentare, anche parzialmente, utenze ubicate all'interno o asservite ad unità immobiliari o edifici.

Il premio è previsto per:

- Edifici esistenti, dove devono essere effettuati interventi che migliorino **l'indice di prestazione energetica di almeno il 10%** dell'edificio annesso (fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria) al netto del contributo dell'impianto FV. Il premio consiste in una maggiorazione percentuale della tariffa riconosciuta pari alla metà della riduzione di tale indice, fino ad una maggiorazione del 30% della tariffa incentivante.
- Nuovi edifici, completati successivamente alla data in vigore del decreto, che conseguano un indice di prestazione energetica dell'edificio o unità immobiliare (fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale), al netto del contributo dell'impianto FV, inferiore di almeno il 50% rispetto ai valori riportati nel D.Lgs 192/2005. Il premio consiste nella maggiorazione del 30% della tariffa incentivante riconosciuta.

Conto Energia

Le tariffe a confronto: l'Italia e l'Europa

Paese	Durata	€/kWh		Revisione
		Non Integrato	Integrato	
Italia	20 anni	0,45-0,49	0,53-0,58 0,68-0,75*	2% riduzione al 2010
Germania	20 anni	0,32	0,33-0,43	Riduzione in relazione alla crescita effettiva e alla tipologia d'impianto (8-25%)
Francia	20 anni	0,32	0,57	Riduzione secondo l'inflazione
Spagna	25 anni	0,32	0,32-0,34	Riduzione secondo l'inflazione

* con ulteriori premi

I meccanismi in tabella sono dei *feed-in* eccetto l'Italia (*feed in premium*). I valori riportati comprendono sia l'incentivo che il valore dell'energia e sono riferiti all'anno 2009 (2008 per la Francia).

Per l'Italia, a solo scopo di confronto, si è ipotizzato un prezzo di vendita dell'energia pari a 0,10 €/kWh.

Fonte: EPIA Overview of European PV support schemes (Dec. 2008)

GSE

Conto Energia

Stato di avanzamento delle iniziative relative al primo Conto Energia al 1° maggio 2009

Classe di potenza	NUMEROSITA'			
	Domande Ammesse	Inizio lavori	Di cui Fine lavori	Di cui In esercizio
1 <= P <= 20	7.176	5.042 →	4.066 →	3.970
20 < P <= 50	5.105	3.168 →	1.621 →	1.256
50 < P <= 1000	152	127 →	115 →	103
Totale	12.433	8.337 →	5.802 →	5.329

Classe di potenza	POTENZA (MW)			
	Domande Ammesse	Inizio lavori	Di cui Fine lavori	Di cui In esercizio
1 <= P <= 20	51,400	34,59 →	26,04 →	25,39
20 < P <= 50	237,200	147,98 →	72,89 →	55,29
50 < P <= 1000	99,100	76,40 →	65,74 →	58,53
Totale	387,700	258,96 →	164,67 →	139,21

GSE

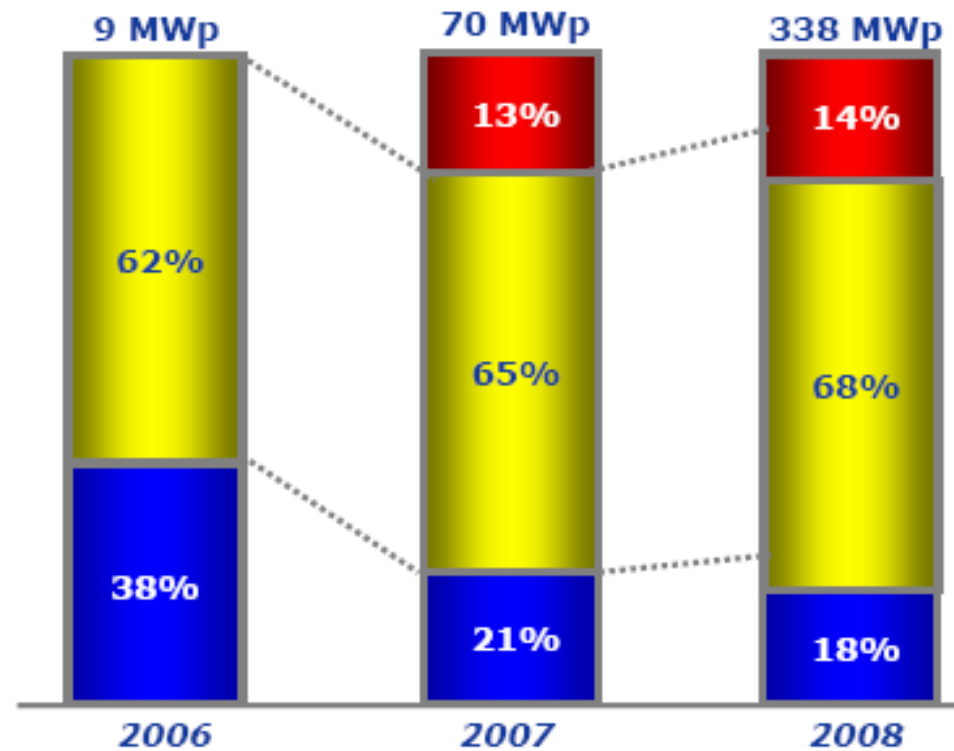
Conto Energia

Stato di avanzamento delle iniziative relative al nuovo Conto Energia al
1° maggio 2009

Classi di potenza (kW)	Richieste	
	Numero	Potenza (MW)
$1 \leq P \leq 3$	15.963	41,9
$3 < P \leq 20$	13.264	104,6
$P > 20$	1.251	172,0
TOTALE	30.478	318,5

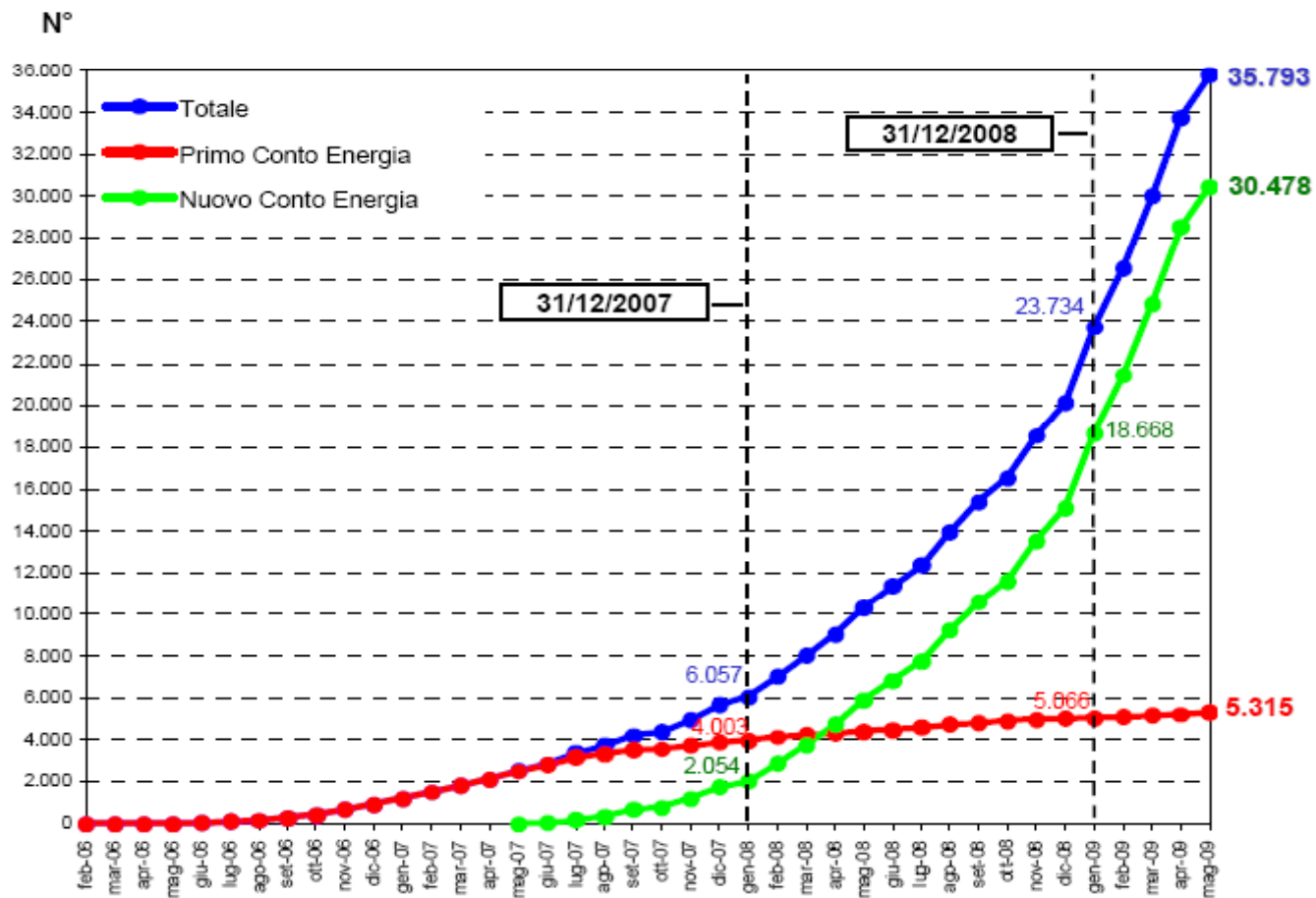
Conto Energia

Potenza installata (MWp/v)
(update 30 apr '09)



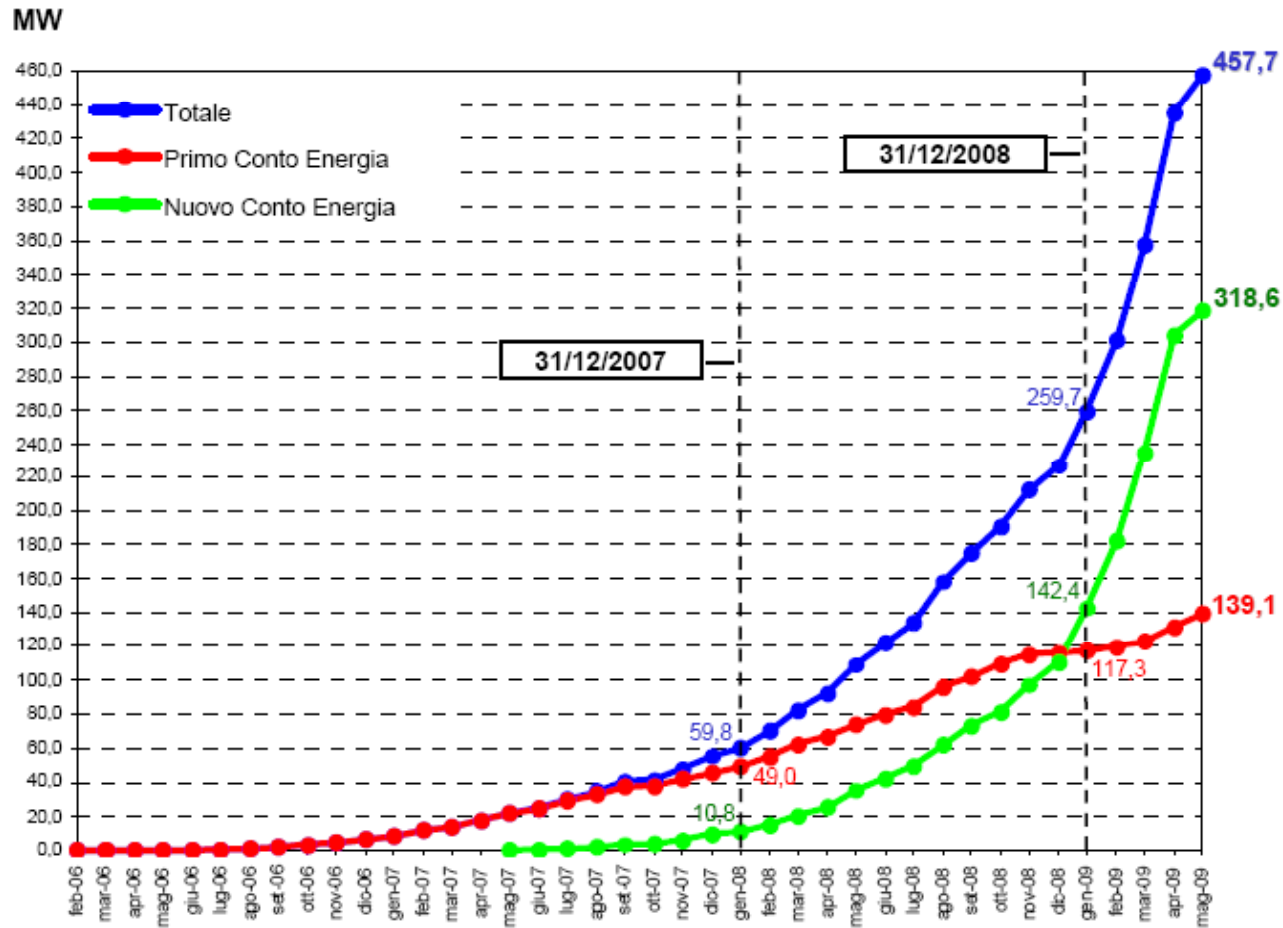
Conto Energia

Impianti che hanno richiesto gli incentivi al 1° maggio 2009



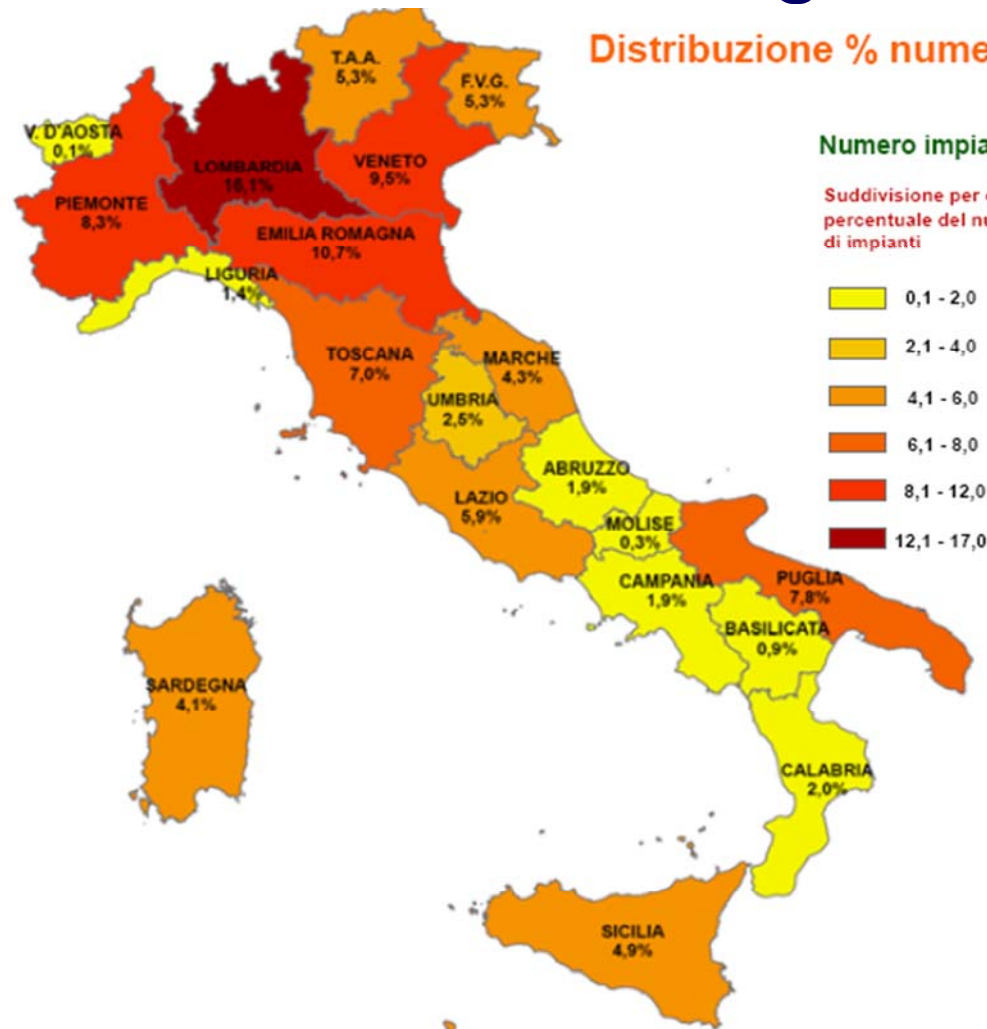
Conto Energia

Impianti che hanno richiesto gli incentivi al 1° maggio 2009



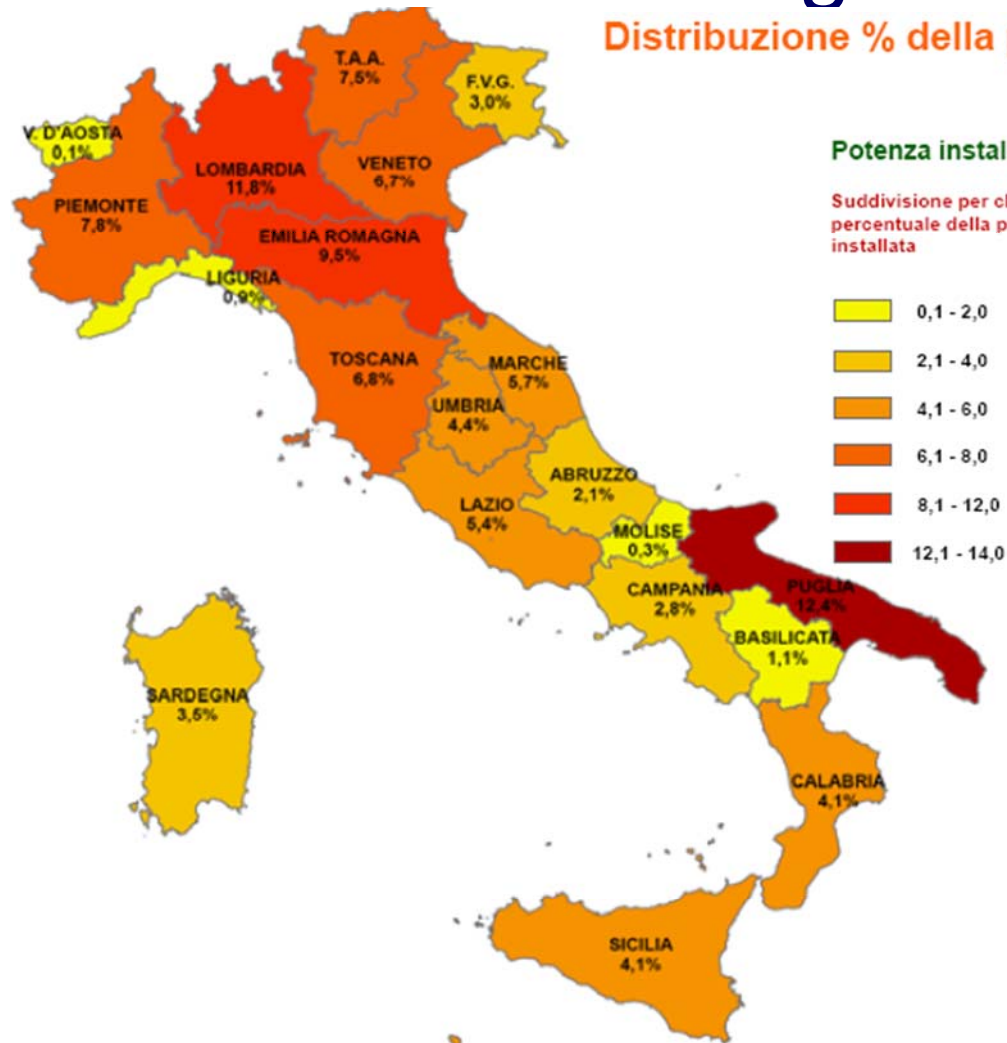
Conto Energia

Distribuzione % numero impianti al 2008



Conto Energia

Distribuzione % della potenza al 2008



Energia in esubero

La commercializzazione dell'energia elettrica

L'energia elettrica prodotta dall'impianto e non contestualmente consumata in sito (energia immessa in rete) - **in aggiunta agli eventuali incentivi percepiti (conto energia, CV) - può essere commercializzata dal** produttore/soggetto responsabile dell'impianto attraverso lo scambio sul posto o alternativamente attraverso la vendita (ritiro dedicato, borsa elettrica)

Il Gestore dei Servizi Elettrici – GSE SpA regola con il produttore l'energia elettrica immessa in rete in attuazione del:

- Ritiro Dedicato (*delibera AEEG n. 280/07*)
- Scambio sul Posto (*delibera AEEG / ARG/elt 74/08*)
- *E' possibile passare da un meccanismo di commercializzazione dell'energia elettrica ad un altro (ad esempio è possibile recedere la convenzione del ritiro dedicato e sottoscrivere quella relativa allo scambio sul posto)*

Energia in esubero

Ritiro dedicato

Il regime di ritiro dedicato nasce come alternativa al mercato (contrattazione bilaterali e borsa elettrica) per la vendita dell'energia elettrica prodotta e immessa in rete attraverso delle modalità semplificate.

Il ritiro dedicato consiste nella cessione al GSE - e nella conseguente remunerazione - dell'energia elettrica immessa in rete e dei relativi corrispettivi per l'utilizzo della rete (dispacciamento, trasporto) a condizioni definite dall'AEEG.

- **Impianti di potenza < 10 MVA o di potenza qualsiasi se alimentati da fonti rinnovabili non programmabili**
- **Prezzo orario zonale di mercato**
- **Prezzo minimo garantito per impianti a FR fino a 1 MW (per i primi 2.000.000 di kWh immessi in rete nell'anno)**

Energia in esubero

Scambio sul posto

Lo scambio sul posto consiste nel realizzare una particolare forma di autoconsumo in sito consentendo che l'energia elettrica prodotta e immessa in rete possa essere prelevata in un tempo differente dal quale si realizza la produzione; Il GSE è il soggetto erogatore del *"contributo in conto scambio"*

Impianto con $P < 200$ kW

Modalità di Finanziamento

Suddivisione in funzione della dimensione dell'impianto

0 – 3 milioni di euro: Mutui o leasing

3 -10 : prestiti, mini project finance, leasing

10 – 20 : Credito industriale, Project Finance Leasing

> 20 : Project Finance

ESCO

Finanziamento Tramite Terzi (pubblica amministrazione)

Modalità di Finanziamento

Caratteristiche generali medie dei finanziamenti per aziende

Finanziabilità: sino al 100% della spesa complessiva; ricomprende le spese di manutenzione pluriennali e le spese comunque relative all'investimento (ad es. acquisto terreno, opere edili ed infrastrutturali)

Durata max: in media 18-20 anni

Tassi: fisso a variabile con spread molto ridotti

Obblighi: Cessione crediti derivanti dall'assegnazione delle tariffe incentivanti sulla base dell'Accordo quadro sottoscritto dalle singole Banche con il GSE;

Polizza danni a garanzia dell'indennizzo dei danni materiali e diretti causati all'impianto fotovoltaico da un qualunque evento accidentale non espressamente escluso

Modalità di Finanziamento

Caratteristiche generali medie dei Leasing per aziende

Finanziabilità: di norma fino all'80% della spesa complessiva; ricomprende le spese di manutenzione pluriennali e le spese comunque relative all'investimento (ad es. acquisto terreno, opere edili ed infrastrutturali)

Tassi: variabile con spread molto ridotti / fisso modulare

Obblighi:

- privilegio speciale sulle attrezzature;
- cessione (notarile) dei crediti derivanti dalla tariffa incentivante GSE e dalla vendita di energia elettrica
- fideiussione dei soci fino all'attivazione dell'intero impianto

Polizza danni a garanzia dell'indennizzo dei danni materiali e diretti causati all'impianto fotovoltaico da un qualunque evento accidentale non espressamente escluso

Modalità di Finanziamento

Caratteristiche generali medie dei Leasing per aziende

Durata max:

- **impianti totalmente integrati** (solo se si è già proprietari dell'immobile), classificati come leasing strumentale - durata max 15 anni, oppure finanziati assieme all'immobile tramite leasing imm.re in costruendo (18 anni).
- **Impianti parzialmente integrati a “tetto” classificati come leasing strumentale** – durata max 15 anni, per quelli di “piccole entità”, si richiede la sola autorizzazione del proprietario dell'immobile all'installazione, per quelli più “importanti dal punto di vista dimensionale”, l'acquisizione tramite atto pubblico del diritto di superficie su lastrico solare
- **Impianti non integrati “parco fotovoltaico”** (recente risoluzione dell'Agenzia del Territorio n.3 del 6/11/2008), per i quali i pannelli posizionati permanentemente al suolo, vengono a qualificarsi come opifici “cat. D/1”; pertanto è indispensabile acquisire la proprietà del terreno o diritto di superficie – quindi leasing immobiliare - durata 18 anni

Modalità di Finanziamento

Caratteristiche generali medie del Project Financing

- **Durata** nell'ordine di 18 anni (incluso il periodo di costruzione);
- **Profilo di rimborso** al 100% del debito, entro il periodo di ammortamento, commisurato al periodo di durata dell'incentivazione del "Conto Energia";
- **Leva finanziaria** con concorso di mezzi propri tale da generare ratios finanziari che consentano un sufficiente margine di rimborso;
- **Pricing**: tasso di interesse parametrato sull'Euribor + spread; commissione di sottoscrizione; commissioni di mancato utilizzo; commissioni di agenzia;
- Definizione dei **Contratti Commerciali** (utilizzo terreni, Contratti di esercizio e manutenzione ; contratti di cessione dell'energia elettrica, Convenzione con il GSE);
- Perfezionamento delle **Due Diligence** tecnica, legale e assicurativa;
- Definizione delle **garanzie** (ipoteca, privilegio, cessione crediti, pegno su azioni/quote, garanzie degli Sponsor ecc.);

Modalità di Finanziamento

Caratteristiche generali medie del Project Financing

Garanzie

- Cessione dei crediti derivanti dalla tariffa incentivante (“Conto Energia”);
- Cessione dei crediti derivanti dalla vendita di energia elettrica;
- Polizze assicurative;
- Garanzie del fornitore degli impianti (*performance bond*);
- Garanzie sul contratto di manutenzione;
- Privilegio speciale sugli impianti;
- Ipoteca sul diritto di superficie relativo al terreno occupato dall'impianto;
- Eventuali fideiussioni dei promotori (almeno nella fase di realizzazione).

Modalità di Finanziamento

ESCO

- Azienda dà in concessione terreno/immobile ad Esco
- Azienda affida ad Esco l'incarico di realizzare e gestire l'impianto fotovoltaico
- Banca finanzia la Esco
- Azienda cede ad Esco il credito nei confronti del GSE
- Esco, a sua volta, cede tale credito alla Banca
- Esco subentra nel pagamento della bolletta energetica
- Azienda si impegna a corrispondere ad ESCO un canone pari all'ultima bolletta ante investimento pagata al fornitore di energia per il *pay back period*
- ESCO, con la differenza positiva fra il canone percepito e la bolletta pagata, salda le rate del mutuo e si assicura un adeguato ritorno economico

Assicurazioni

ASSICURAZIONI

- **Rischi fisici** : I rischi cui è maggiormente esposto un impianto fotovoltaico sono quelli legati a eventi naturali come la grandine, le trombe d'aria e, in misura minore quelli legati a fulminazione diretta.
- **Rischi Economici**: I rischi di carattere economico sono legati alla Perdita di Profitto ed agli eventuali risarcimenti dovuti a terzi per danni causati dall'impianto stesso

Danno	Garanzia	
Danni ai beni	Polizza generale	obbligatoria
	Guasti macchine e fenomeni elettrici	facoltativa
Responsabilità Civile	In conseguenza di un sinistro verificatosi in relazione alla proprietà dell'impianto	facoltativa
Danni Indiretti	Perdita di Profitto derivante da interruzione o diminuzione di produzione di energia.	facoltativa

Dimensionamento

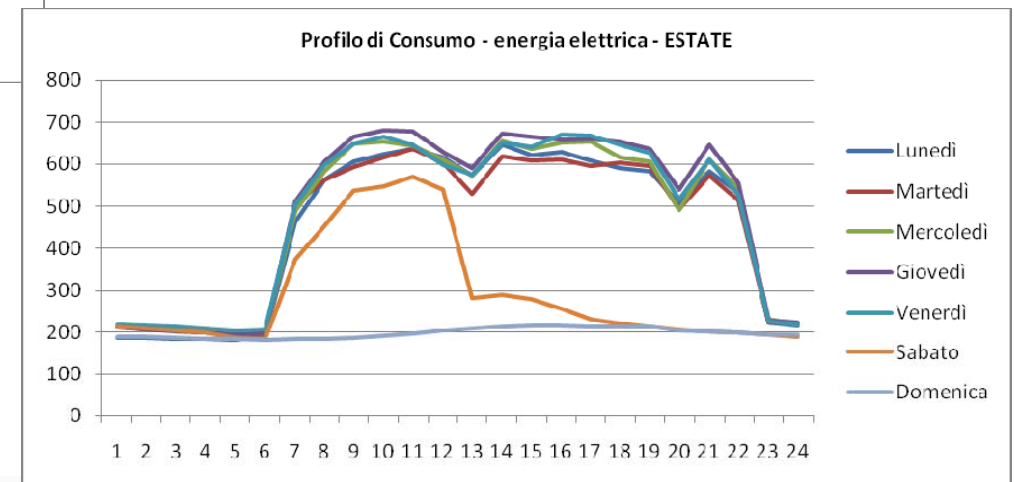
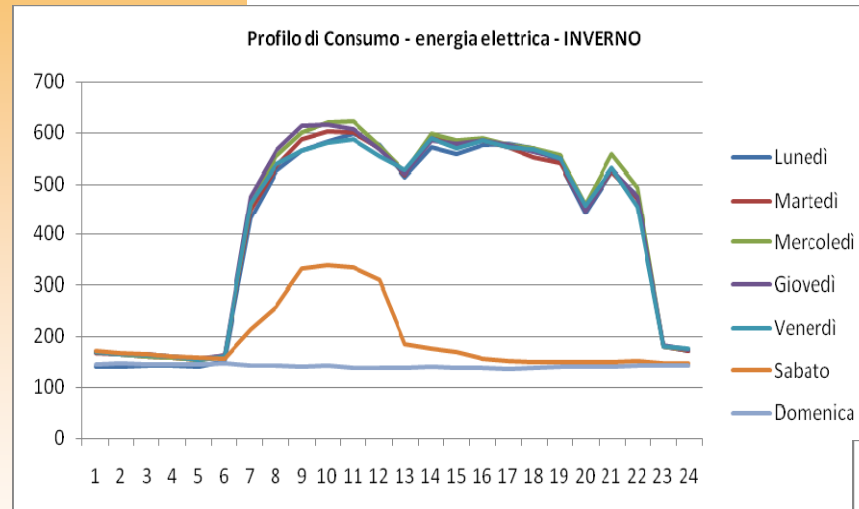
1. *Determinazione del consumo*
2. *Calcolo delle producibilità dell'impianto*
3. *Valutazioni economiche*

Dimensionamento

1. *Determinazione del consumo*
2. *Calcolo delle producibilità dell'impianto*
3. *Valutazioni economiche*

Dimensionamento

1. Determinazione del consumo – profili orari



Dimensionamento

1. *Determinazione del consumo – profili mensili*

Consumi Mensili	
gennaio	220.000
febbraio	228.000
marzo	263.000
aprile	250.000
maggio	284.000
giugno	289.000
luglio	285.000
agosto	186.000
settembre	262.000
ottobre	263.000
novembre	242.000
dicembre	194.000
totale	2.966.000

Dimensionamento

1. *Determinazione del consumo*
2. *Calcolo delle producibilità dell'impianto*
3. *Valutazioni economiche*

Dimensionamento

2. Calcolo delle producibilità dell'impianto



Reparto 1:	2.000 m ²
Reparto 2:	2.400 m ²
Reparto 3:	420 m ²
Reparto 4:	1.200 m ²
Reparto 5:	4.600 m ²

Dimensionamento

2. *Calcolo delle producibilità dell'impianto*



Dimensionamento

2. *Calcolo delle producibilità dell'impianto*

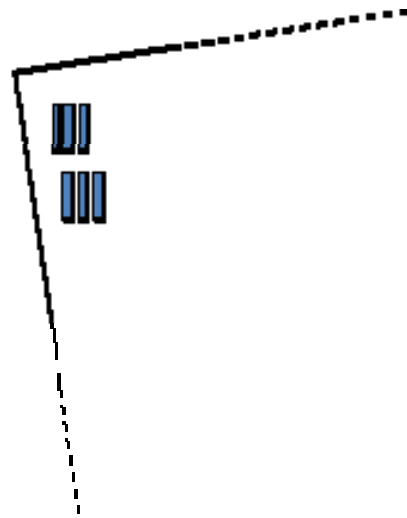


Dimensionamento

2. Calcolo delle producibilità dell'impianto

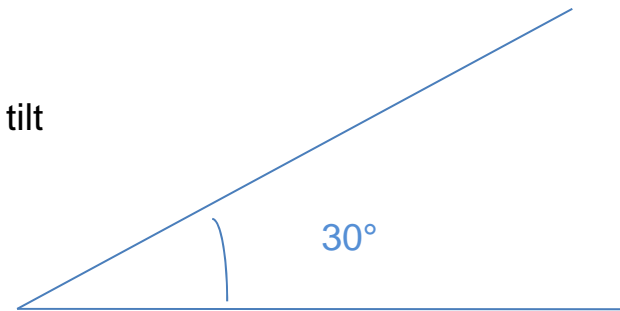
azimut

N



tilt

30°



ombreggiamento

Dimensionamento

2. Calcolo delle producibilità dell'impianto

	m ² /kW	
	solo pannelli	tetto piano
mono	8	16
poli	10	20
film	20	45

1.700 m² tetto piano →

100 kW Monocristallino

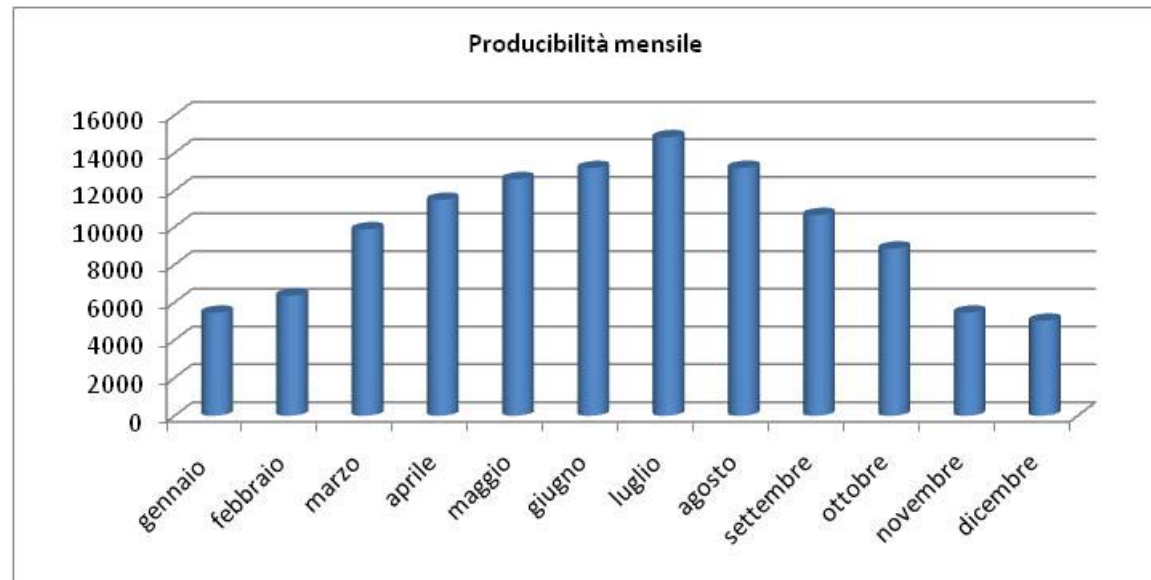
80 kW Policristallino

35 kW Film Sottile / amorfo

Dimensionamento

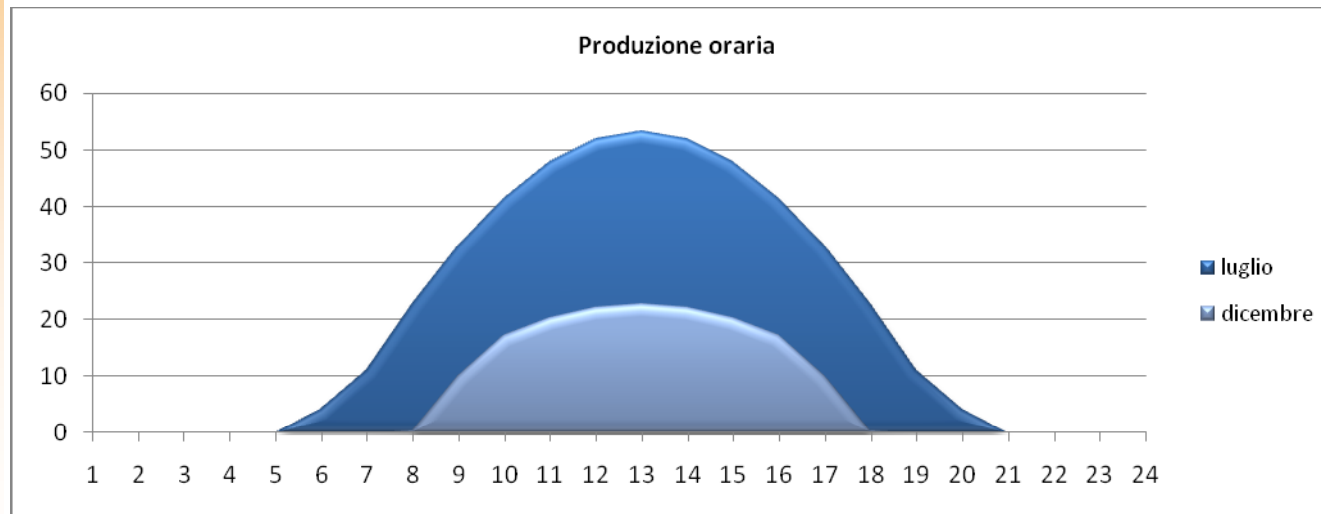
2. Calcolo delle producibilità dell'impianto

Producibilità Impianto	
Località	Lecco
Latitudine	45,48° Nord
Dati Irraggiamento	UNI 10349
Azimut [gradi]	0° SUD
Tilt [gradi]	30° sull'orizzontale
Producibilità annua [kWh/kWp]	1.169



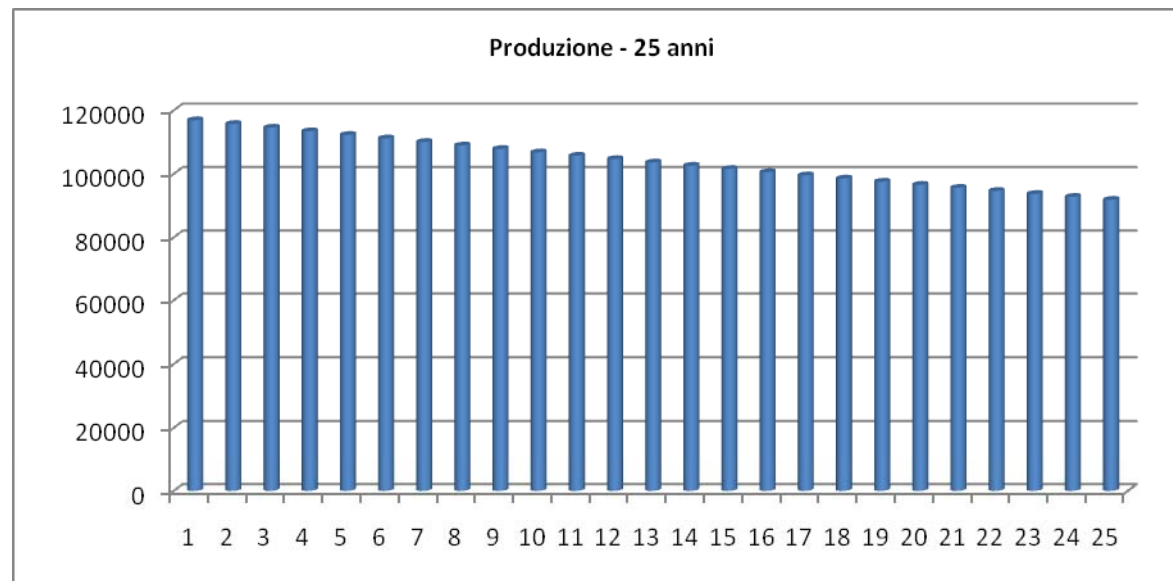
Dimensionamento

2. Calcolo delle producibilità dell'impianto



Dimensionamento

2. *Calcolo delle producibilità dell'impianto*



Dimensionamento

1. *Determinazione del consumo*
2. *Calcolo delle producibilità dell'impianto*
3. *Valutazioni economiche*

Dimensionamento

3. Valutazioni economiche

Impianto 100 kW su tetto piano	
Pannelli Silicio	€ 250.000
Sistema di fissaggio	€ 40.000
Inverter	€ 34.000
Quadri Elettrici di campo per connessione stringhe	€ 18.000
Quadro elettrico generale	€ 15.000
Linee elettriche in cavo per impianto fotovoltaico	€ 8.000
Accessori per collegamento	€ 12.000
Linee elettriche per connessione alla rete	€ 9.000
manodopera	€ 25.000
Direzione di cantiere, collaudi, disegni,...	€ 17.000
Attività per autorizzazioni e pratiche Enel, GSE, ...	€ 12.000
	€ 440.000

Dimensionamento

3. *Valutazioni economiche*

Costi di esercizio

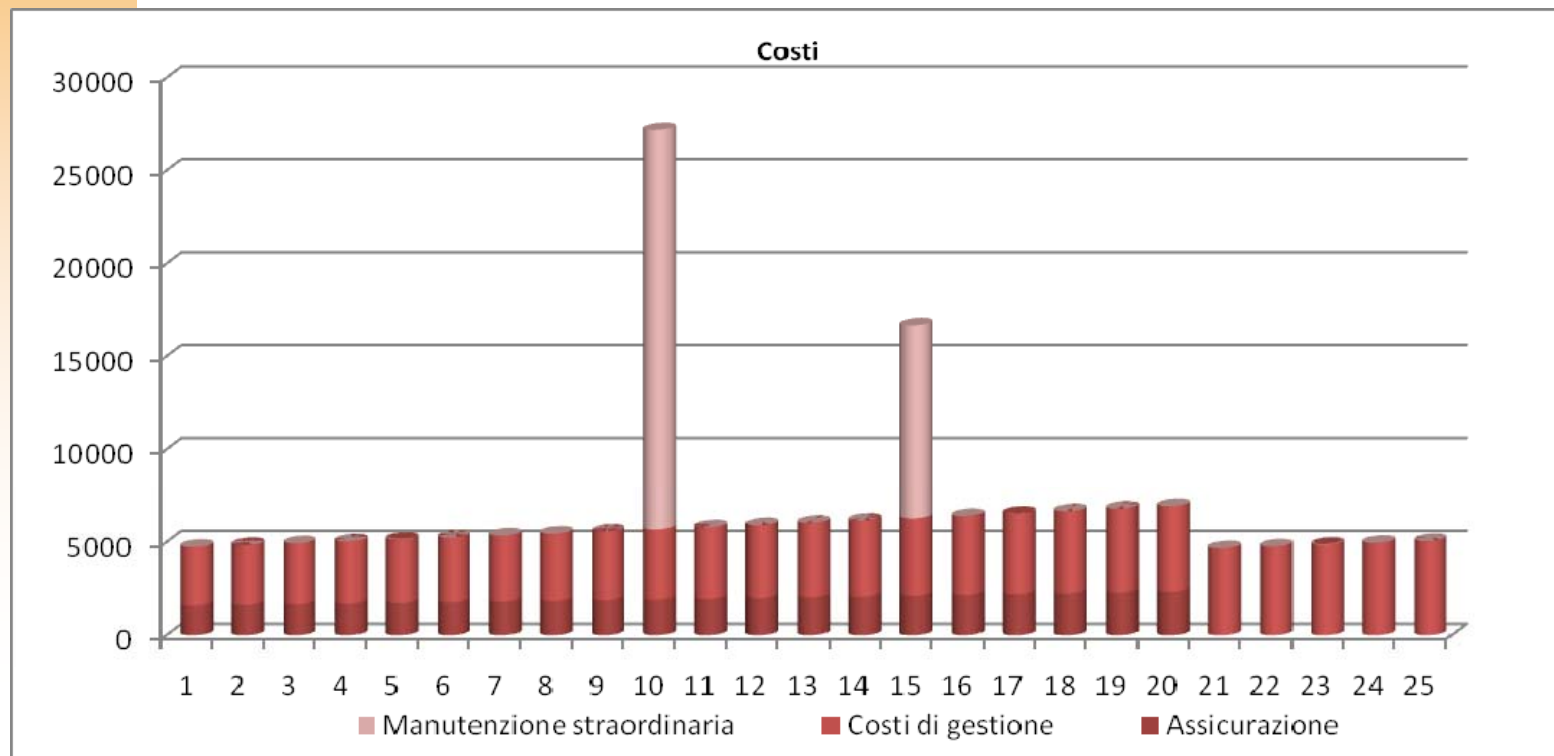
Manutenzione Ordinaria: (0,7 – 1% annuo sul totale dell'investimento)

Manutenzione Straordinaria:(5% dopo 10 anni
2,5 % dopo 15 anni)

Assicurazione: (15-20 €/kWp)

Dimensionamento

3. Valutazioni economiche



Dimensionamento

3. *Valutazioni economiche*

Ricavi

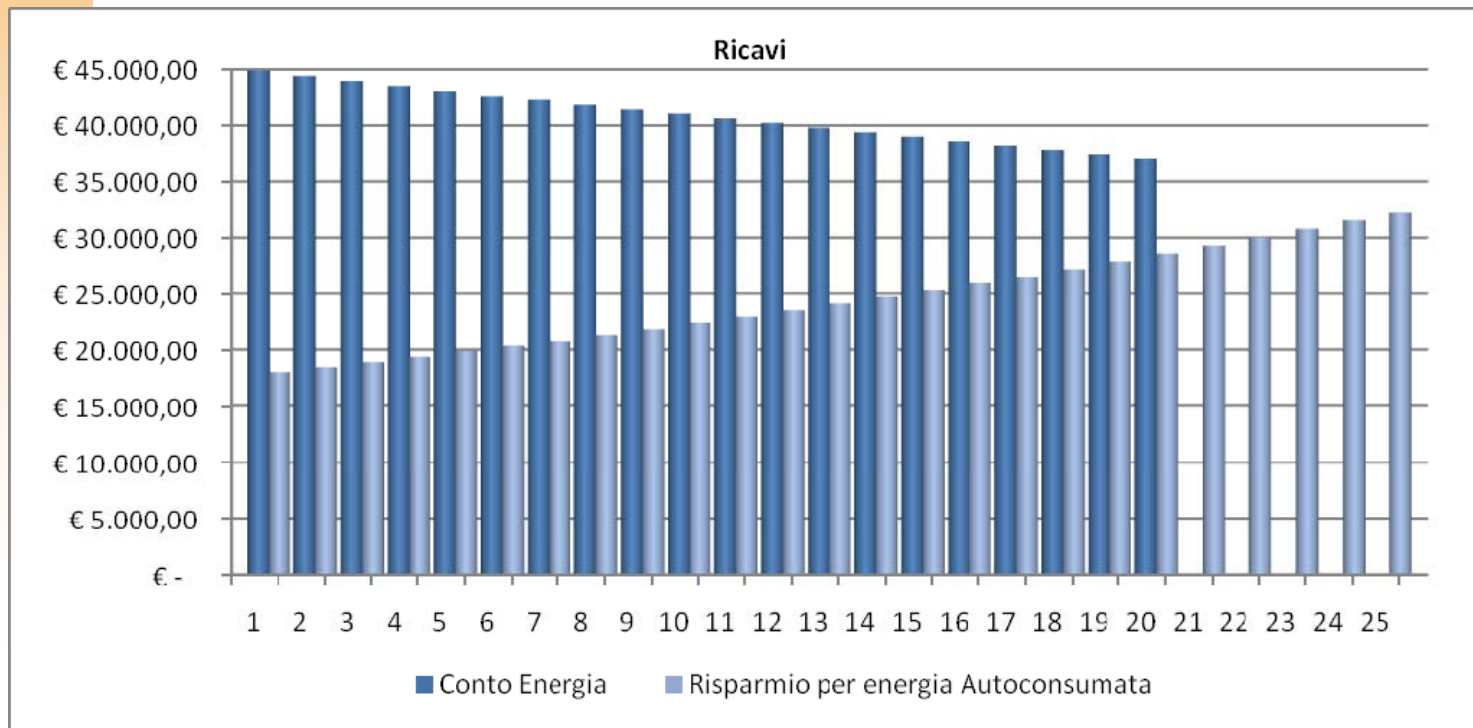
Energia auto – consumata (150 €/MWh)

Energia ceduta / scambiata

Conto Energia: (350 – 480 ... €/MWh)

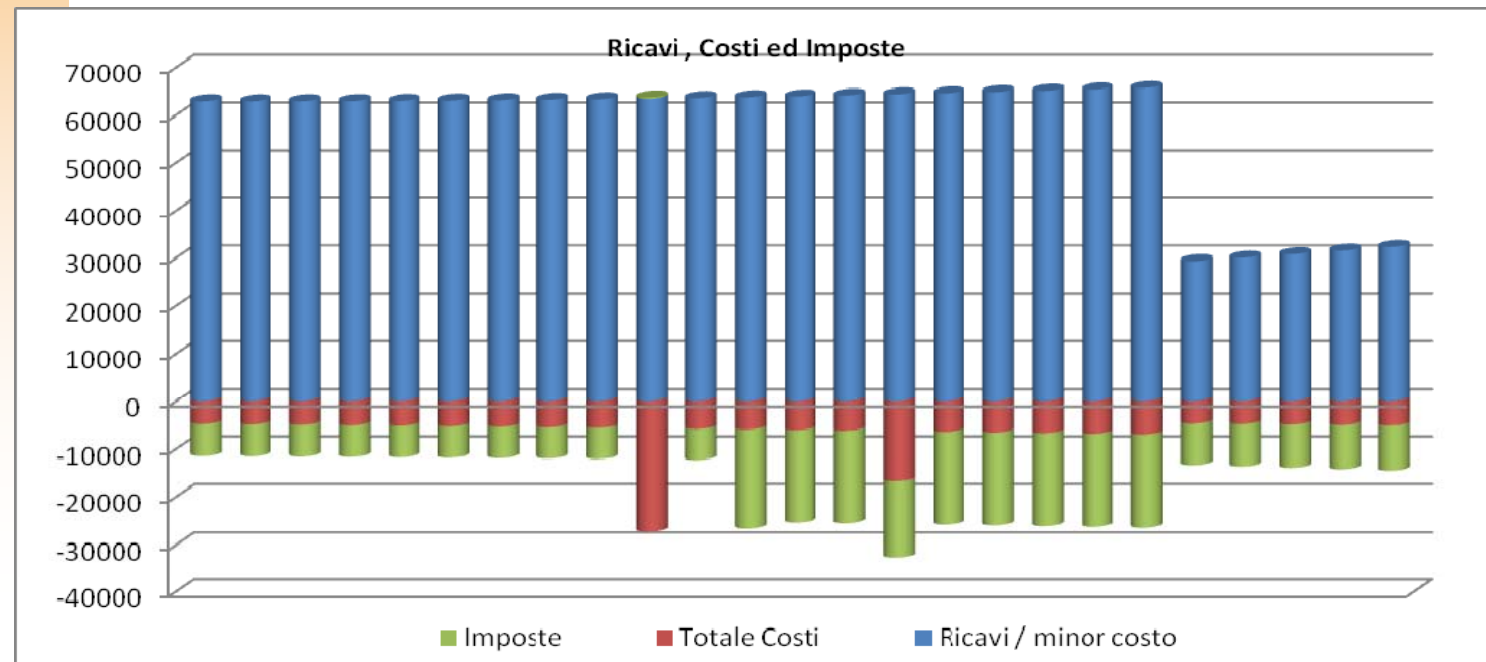
Dimensionamento

3. Valutazioni economiche



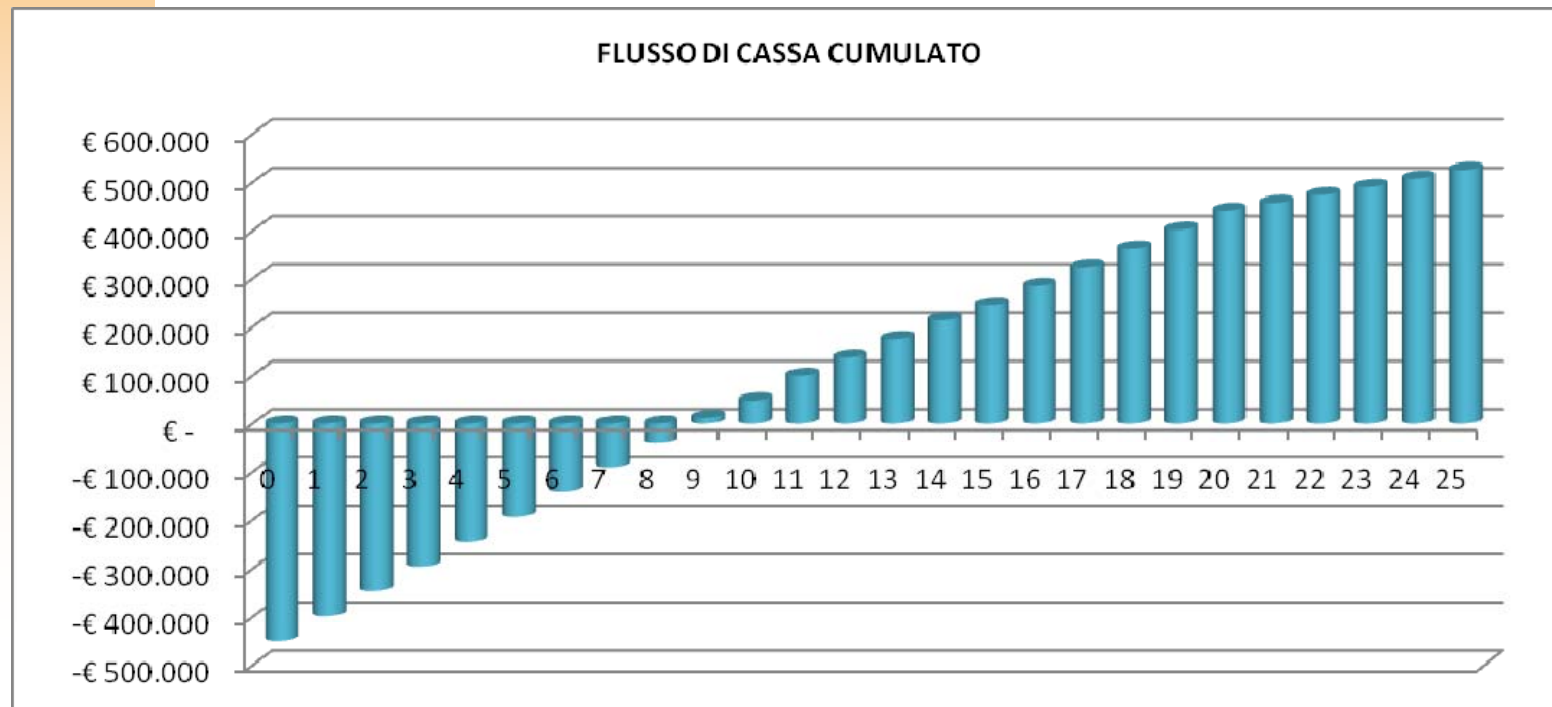
Dimensionamento

3. Valutazioni economiche



Dimensionamento

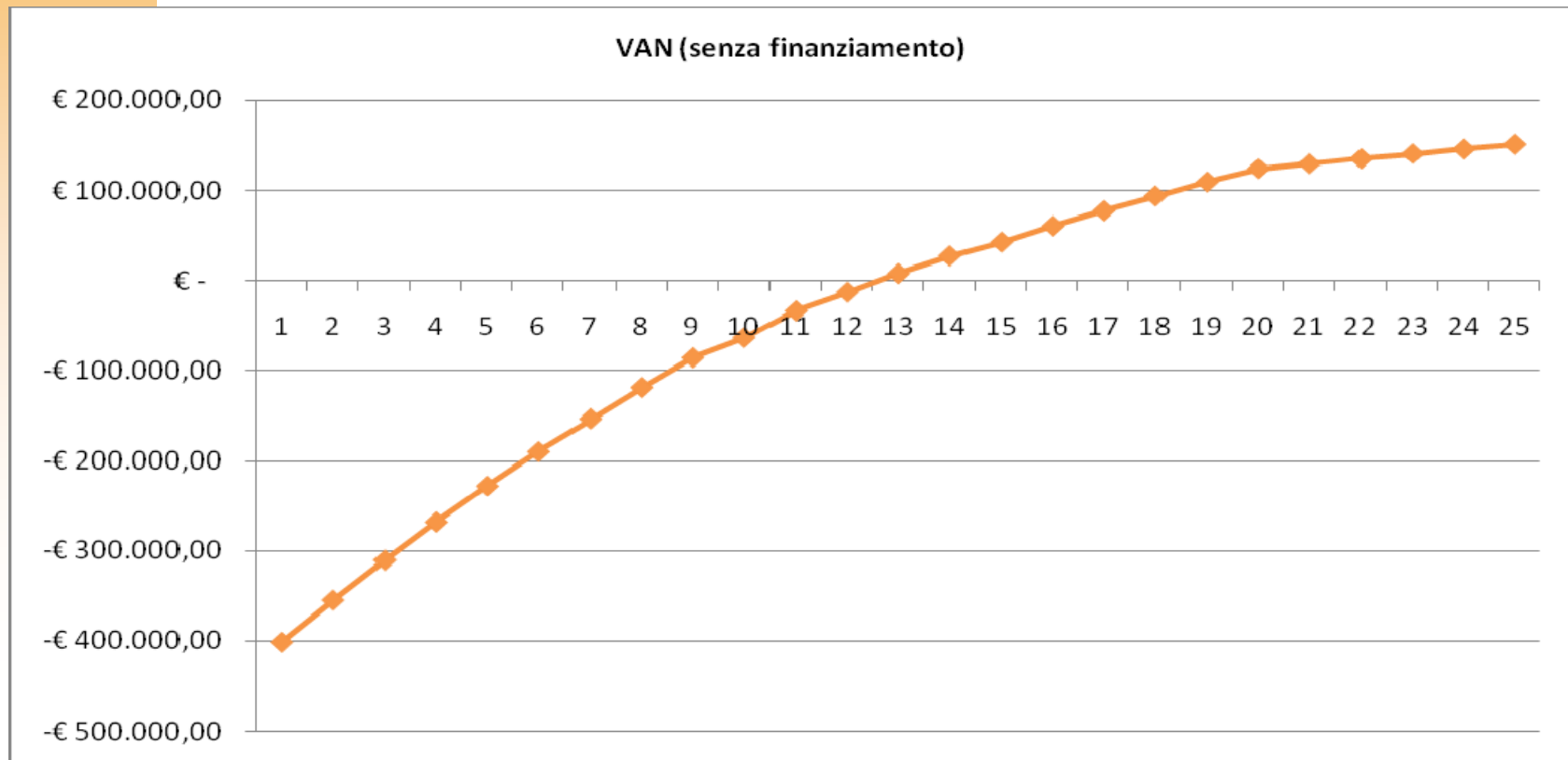
3. Valutazioni economiche



8% < IRR < 9%

Dimensionamento

3. Valutazioni economiche



WACC 5%

Dimensionamento

3. *Valutazioni economiche*

Impianti chiavi in mano

Scadenza Conto Energia

Finanziamenti – ESCO - Project Financing