



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE E AZIENDALI**  
**"MARCO FANNO"**

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN ECONOMIA INTERNAZIONALE**  
***LM-56 Classe delle lauree magistrali in SCIENZE DELL'ECONOMIA***

Tesi di laurea

**Evoluzione del mercato fotovoltaico italiano e tedesco.**

**Confronto in termini di efficacia, efficienza e profittabilità**

**Italian and German Photovoltaic market evolution.**

**Comparison form an effectiveness, efficiency and profitability point of view**

Relatore:

Prof. Fontini Fulvio

Laureando:

Dalla Costa Alessandro

Matricola N.1082182

Anno Accademico 2015-2016

Il candidato dichiara che il presente lavoro è originale e non è già stato sottoposto, in tutto o in parte, per il conseguimento di un titolo accademico in altre Università italiane o straniere.

Il candidato dichiara altresì che tutti i materiali utilizzati durante la preparazione dell'elaborato sono stati indicati nel testo e nella sezione "Riferimenti bibliografici" e che le eventuali citazioni testuali sono individuabili attraverso l'esplicito richiamo alla pubblicazione originale.

---



## Indice

Introduzione	5
1) Fonti energetiche rinnovabili	
1.1 Importanza delle fonti rinnovabili	7
1.2 Potenziale dell'energia rinnovabile in Europa	9
1.3 Tipologie di fonti rinnovabili in Europa	16
1.4 Pacchetto 20/20/20	21
2) Energia elettrica da fonte fotovoltaica	
2.1 La tecnologia fotovoltaica	25
2.2 Impatto ambientale dell'energia elettrica fotovoltaica	26
2.3 Filiera produttiva del fotovoltaico	26
2.4 Fotovoltaico in Europa	29
3) Mercato fotovoltaico Italiano	
3.1 Evoluzione delle tariffe di incentivazione e altri meccanismi di supporto per il fotovoltaico	35
3.2 Evoluzione della profittabilità nell'investimento sugli impianti fotovoltaici italiani	45
3.3 Sviluppo del mercato fotovoltaico italiano	55
3.4 Relazione tra i MW installati e profittabilità dell'investimento	61
3.5 Distribuzione degli impianti per potenza e produzione dell'energia nel settore fotovoltaico italiano	66
4) Mercato fotovoltaico tedesco	
4.1 Evoluzione delle tariffe di incentivazione e altri meccanismi di supporto per il fotovoltaico	68
4.2 Evoluzione della profittabilità nell'investimento sugli impianti fotovoltaici tedeschi	73
4.3 Sviluppo delle installazioni fotovoltaiche tedesche	75
4.4 Relazione tra i MW installati e profittabilità dell'investimento	78
4.5 Produzione elettrica derivante da fotovoltaico in Germania	81

5) Comparazioni in termini di efficacia, efficienza e profittabilità del mercato fotovoltaico italiano e tedesco	
5.1 Criteri di efficacia, efficienza e metodologia di sviluppo dei dati	83
5.2 Comparazione dell'efficacia tra le installazioni di fotovoltaico in Italia e Germania	84
5.3 Comparazione dell'efficienza allocativa e efficienza sociale tra le installazioni di fotovoltaico in Italia e Germania	84
5.4 Comparazione tra l'evoluzione della profittabilità dell'investimento tra il mercato fotovoltaico italiano e tedesco	88
5.5 Conclusioni finali sulle comparazioni	90

## Introduzione

Attualmente l'Europa è leader nella produzione elettrica derivante da fonti rinnovabili. Il raggiungimento di un risultato così importante è dovuto anche all'impiego dell'energia elettrica da fonte solare convertita tramite tecnologia fotovoltaica, la cosiddetta "energia fotovoltaica". L'Europa infatti è il continente con più MW installati di energia con 88360 MW dei 180396 MW mondiali (Bp, 2015). Gli stati Europei che contribuiscono maggiormente alla produzione di energia fotovoltaica sono la Germania con 38200 MW installati e l'Italia con 18460 MW installati (Bp, 2015). Lo scopo principale di questo lavoro è analizzare l'evoluzione del mercato fotovoltaico in questi due stati, comparandoli dal punto di vista dell'efficacia, efficienza e profittabilità. La tesi è divisa in cinque capitoli.

Il primo capitolo vuole dare una panoramica generale sulle fonti rinnovabili in Europa. Nella prima parte viene spiegata l'importanza nell'utilizzo di energia elettrica derivante da fonti rinnovabili per la salvaguardia dell'ambiente. Nella seconda parte viene mostrata la potenzialità delle fonti energetiche rinnovabili in Europa analizzandola secondo tre criteri: potenziale tecnico, modelli predittivi e potenziale economico. La terza parte mostra la diffusione delle fonti energetiche rinnovabili in Europa. La quarta e ultima parte del capitolo spiega gli obiettivi principali per la tutela dell'ambiente introdotti in Europa con il pacchetto 20/20/20.

Il secondo capitolo parla in maniera più dettagliata della fonte energetica rinnovabile oggetto di questa tesi, ovvero il fotovoltaico, dando nella prima parte del capitolo alcune informazioni tecniche sul funzionamento di un impianto fotovoltaico. Nella seconda parte del capitolo è spiegata la filiera produttiva del fotovoltaico, analizzando nel dettaglio l'evoluzione dell'industria cinese produttrice di celle fotovoltaiche. La terza e ultima parte del capitolo invece mostra la diffusione del fotovoltaico in Europa.

Il terzo capitolo parla del mercato fotovoltaico italiano. Prima di tutto viene spiegata nel dettaglio l'evoluzione delle tariffe incentivanti per la produzione di energia fotovoltaica con l'analisi dei cinque Conti Energia introdotti in Italia dal 2005 al 2013. Successivamente sono stati calcolati i tassi interni di rendimento (TIR) in riferimento a diverse categorie di impianti fotovoltaici, per valutare l'evoluzione della profittabilità dell'investimento nel tempo. La terza parte descrive e analizza l'evoluzione del mercato fotovoltaico italiano dividendo i MW installati ogni anno per le diverse categorie di impianti prese in considerazione.

Il quarto capitolo parla del mercato fotovoltaico tedesco. Prima di tutto è spiegata nel dettaglio l'evoluzione delle tariffe incentivanti per la produzione di energia fotovoltaica con

l'analisi delle differenti versioni dell'EEG introdotte in Germania dal 2000 fino ad oggi. Successivamente sono stati calcolati i tassi interni di rendimento (TIR) in riferimento a diverse categorie di impianti fotovoltaici, per valutare l'evoluzione della profittabilità dell'investimento nel tempo. La terza parte poi descrive e analizza l'evoluzione del mercato fotovoltaico tedesco dividendo i MW installati ogni anno per le diverse categorie di impianti prese in considerazione.

Il quinto capitolo ha lo scopo di confrontare il mercato fotovoltaico italiano e tedesco dal punto di vista dell'efficacia, efficienza e profittabilità. Prima di tutto è presa in analisi l'efficacia dei due mercati. Successivamente verrà confrontata la profittabilità delle diverse categorie di impianti fotovoltaici in Italia e Germania. Nella penultima parte del capitolo i due stati saranno paragonati dal punto di vista dell'efficienza allocativa, efficienza sociale ed efficienza tecnica. Il paragrafo finale presenterà le considerazioni conclusive sulla comparazione.

# Fonti rinnovabili

## L'importanza delle fonti rinnovabili

Il nostro tempo è caratterizzato da fenomeni sociali complessi che cambiano molto rapidamente. La globalizzazione, l'aumento della popolazione mondiale e il continuo sviluppo di nuove tecnologie stanno accelerando il processo di integrazione di un unico paradigma economico mondiale.

Il benessere che abbiamo raggiunto ai giorni nostri è figlio di un vecchio modello industriale che nel passato lavorò abbastanza bene ma che adesso non è più sostenibile. Il punto principale del vecchio modello industriale era la continua ricerca della forma di energia più economica per ridurre conseguentemente i costi di produzione, senza preoccuparsi delle conseguenze ambientali di tale comportamento.

Dopo la crisi petrolifera del 1973 è diventato evidente che le fonti fossili usate per la produzione di energia non sono inesauribili e che nel lungo periodo il modello industriale doveva essere rivisto. Adesso nel 2016 le economie avanzate prosperano ancora su un modello di sviluppo basato sulla prima e seconda rivoluzione industriale legato principalmente allo sfruttamento efficiente di tutte le risorse e in primis quella energetica.

Se non ci sarà un cambio nel modello di sviluppo economico nel prossimo futuro saranno numerose le sfide che i governi delle economie avanzate dovranno fronteggiare per garantirsi una crescita stabile. La scarsità di risorse, degli approvvigionamenti e i cambiamenti climatici saranno i principali ostacoli che la politica energetica dovrà vincere per donare competitività al sistema economico.

Un altro fattore che potrebbe generare instabilità per lo sviluppo di un nuovo modello sono i mercati finanziari. Infatti, fonte di grande preoccupazione è la valutazione economica che le borse dei capitali internazionali danno alle riserve di idrocarburi detenute dalle compagnie di estrazione. L'elevato valore di borsa di circa 4000 miliardi di dollari per le 200 maggiori compagnie di carbone, petrolio e energia è un segnale molto preoccupante per l'economia mondiale (Carbon Tracker, 2013). Un valore di borsa così elevato presuppone che il mercato si aspetti che tutto lo stock di risorse energetiche fossili possedute dalle aziende quotate venga effettivamente utilizzato. Questa analisi ci pone dunque davanti a un duplice scenario. Siamo in presenza di un bolla finanziaria in cui gli investitori e le aziende stanno speculando sul valore di riserve che non verranno mai utilizzate oppure tutti gli attori dei mercati internazionali sono convinti che il mondo non rispetterà mai le misure imposte per fermare il

riscaldamento globale. Secondo la mia opinione mi sembra più probabile la seconda ipotesi in quanto secondo le analisi proposte da HSBC uno scenario nel quale vengono rispettate le misure del riscaldamento globale potrebbe ridurre il valore delle azioni delle principali compagnie di carbone, petrolio e energia dal 40 al 60 % (Carbon Tracker, 2013 ). Le recenti diminuzioni avvenute nel prezzo del petrolio non devono a mio avviso trarre in inganno perché sono da attribuire principalmente a tre fattori: prima di tutto la Cina (grande consumatore di barili essendo la prima economia al mondo) sta dando segnali di rallentamento, la seconda è da attribuire alla decisione dei paesi membri dell'OPEC di non ridurre l'offerta e la terza è il rafforzamento del dollaro, dovuto al che fatto che gli USA sono stati i primi ad avviare un percorso di rialzo dei tassi di interesse (Il Sole 24 Ore, 2015).

In particolare la seconda ragione credo sia la più determinate per far andare in bancarotta le imprese americane produttrici di shale oil (come per la Continental Resources la quale ha ridotto il proprio Capex del 66% nel 2016 (Il Sole 24 Ore, 2015) che hanno maggiori costi estrattivi. Una volta ottenuto il controllo del mercato le imprese dell'OPEC, a mio avviso alzeranno nuovamente il prezzo di vendita.

Il benessere creato dalle fonti fossili ha un costo che non è immediatamente visibile e tangibile, mi riferisco in questo caso ai danni ambientali provocati dall'uso di queste risorse. Le concentrazioni atmosferiche di anidride carbonica, metano e protossido di azoto sono aumentate a livelli senza precedenti almeno rispetto agli ultimi 800.000 anni. La concentrazione di anidride carbonica è aumentata del 40% dall'età pre-industriale, in primo luogo a causa delle emissioni legate all'uso dei combustibili fossili. È molto probabile che questo causerà ondate di calore che si verificheranno con una maggior frequenza e durata ed occasionali eventi estremi di freddo in inverno. Se a ciò aggiungiamo i disastrosi effetti devianti dallo scioglimento dei ghiacciai e del permafrost nessun modello climatico predittivo sarà abbastanza complesso per descrivere gli effetti catastrofici di tale avvenimento. (Ipcc, 2013).

In questo difficile contesto di cambiamento climatico è importante che ciascun stato faccia la sua parte per la salvaguarda del pianeta.

Per le ragioni che ho elencato prima la transizione energetica dalle fonti fossili alle fonti rinnovabili deve essere obbligatoria per garantire un futuro al pianeta. La transizione energetica necessita di essere supportata con incentivi governativi perché le fonti energetiche

rinnovabili sono più costose rispetto a quelle fossili. Penso che essa sia la maniera più importante per conservare le limitate risorse che il nostro pianeta possiede.

## Potenziale dell'energia rinnovabile in Europa

Dopo il protocollo di Kyoto del 1997 l'Europa è stato il continente che maggiormente si è preso cura dell'ambiente ed ha sostenuto nel miglior modo possibile il concetto di sviluppo sostenibile. Con il pacchetto 20/20/20 il quale infatti si indica che entro il 2020 l'Europa ha stabilito di raggiungere i seguenti obiettivi: (Commissione Europea, 2008)

- Riduzione del 20 % delle emissioni di CO2 rispetto ai livelli del 1990
- Raggiungere il 20 % di energia consumata da fonti rinnovabili
- Aumentare del 20 % l'efficienza energetica

In seguito con l'accordo del 23 ottobre 2014 questi accordi sono stati aggiornati. Ora entro il 2030 l'Europa deve raggiungere i seguenti obiettivi: (Commissione Europea, 2014)

- Riduzione del 40 % delle emissioni di CO2 rispetto ai livelli del 1990
- Raggiungere il 27 % di energia consumata da fonti rinnovabili
- Aumentare del 27 % l'efficienza energetica

Fino ad oggi l'Europa ha fatto molto per la promozione di energia pulita, ma non è certo sufficiente. Per capire quale potrebbe essere l'effetto di una transizione energetica nel futuro è necessario prima comprendere le potenzialità dell'energia rinnovabile. Ho diviso le potenzialità dell'energia rinnovabile in Europa in tre categorie: Potenziale tecnico, modelli predittivi e potenziale economico. Le seguenti misure del potenziale prendono spunto nella loro esposizione da: (*Felix Creutzig, Jan Christoph Goldschmidt, Paul Lehmann, Eva Schmid, Felix von Blucher, Christian Breyer, Blanca Fernandez, Michael Jakob, Brigitte Knopf, Steffen Lohrey, Tiziana Susca, Konstantin Wiegandt, 2014, pag 1015-1028* )

Il potenziale tecnico è l'ammontare teorico di energia rinnovabile che può essere ottenuto usando la miglior tecnologia, con le miglior condizioni naturali possibili e usando il massimo della terra a disposizione.

I modelli predittivi sono previsioni del ruolo che le energie rinnovabili andranno ad assumere in Europa nel futuro.

Il potenziale economico è definibile come l'effetto netto in un'economia di una transizione energetica quando tutti i costi e benefici sociali (incluse le esternalità negative) sono presi in considerazione.

### Potenziale tecnico

Le più importanti tecnologie per la generazione di energia elettrica derivante da fonti rinnovabili in Europa sono basate sull'irraggiamento solare (impianti fotovoltaici e impianti solari termici) e sull'energia eolica. La biomassa, l'idroelettrico e il geotermico limitano il loro uso solo a particolari condizioni, nello specifico la biomassa molte volte è soggetta ad una competizione per la terra con le coltivazioni destinate all'alimentazione degli allevamenti o all'alimentazione umana. Da un punto di vista delle risorse, un sistema elettrico totalmente basato sull'energia rinnovabile in Europa è possibile, in quanto il potenziale tecnico della stessa è abbondante (Erich Schmidt Verlag GmbH & C, 2011). Come mostra la figura 1b le ore per sfruttare l'energia fotovoltaica in Europa sono molte, specialmente nella parte sud del continente. Ciononostante questa energia è usata in maniera significativa solamente da due stati europei, rispettivamente Italia e Germania. In riferimento a quest'ultima (che è anche il primo stato produttore di energia fotovoltaica al mondo) è facilmente notabile (fig 1b) quanto poche siano le ore di sfruttamento della stessa se confrontata ad altri stati Europei.

Per avere una visione completa del potenziale tecnico dell'energia fotovoltaica riporto una citazione di essa:

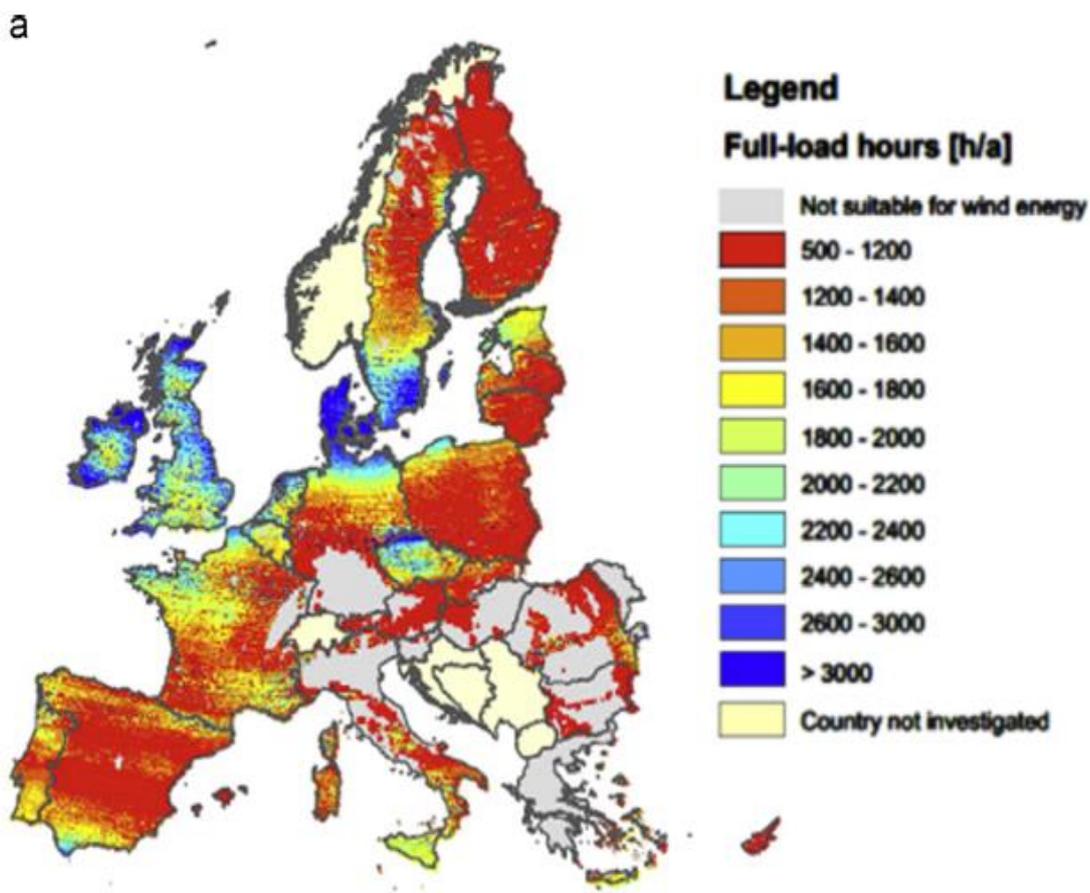
*“Il potenziale tecnico di generazione di energia elettrica basata sulla fonte solare appare senza limitazioni pratiche per una transizione energetica in Europa. In UE basterebbe lo 0,6 % dell'area del continente per coprire il totale dei consumi energetici”* (Suri M, Huld TA, Dunlop ED, Ossenbrink HA. Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. Sol Energy 2007;81: 1295-305).

Come mostra la figura 1a anche l'uso di energia eolica ha un potenziale importante per l'Europa, specialmente nella periferia nord del continente. Essa è in molti casi (a seconda degli spazi per l'utilizzazione dell'energia idroelettrica), la fonte rinnovabile più competitiva nel mercato elettrico europeo (Lanz E, Wiser R, Hand M. 2012).

Anche la biomassa ha il suo ruolo da giocare nel paniere del rinnovabile europeo ma, come ho già indicato precedentemente, è molto meno significativo rispetto all'energia fotovoltaica ed eolica.

*“Il potenziale tecnico per la bioenergia in Europa è significativamente più basso rispetto all'energia eolica ma potenzialmente alto in riferimento a future forniture di energia ...., Il costo della biomassa varia tra i diversi stati europei a seconda delle condizioni climatiche, della materia prima e posizione geografica .... Con circostanze ideali l'elettricità per la biomassa è competitiva comparata alle fonti fossili, ma i prezzi rimangono sopra i 0,20 €/Kwh nel 2012.”* (European Commission. Quartely report on European electricity markets, 2012).

Ciononostante rimane ancora incerto l'impatto che l'uso di bioenergia ha sull'ambiente.



b

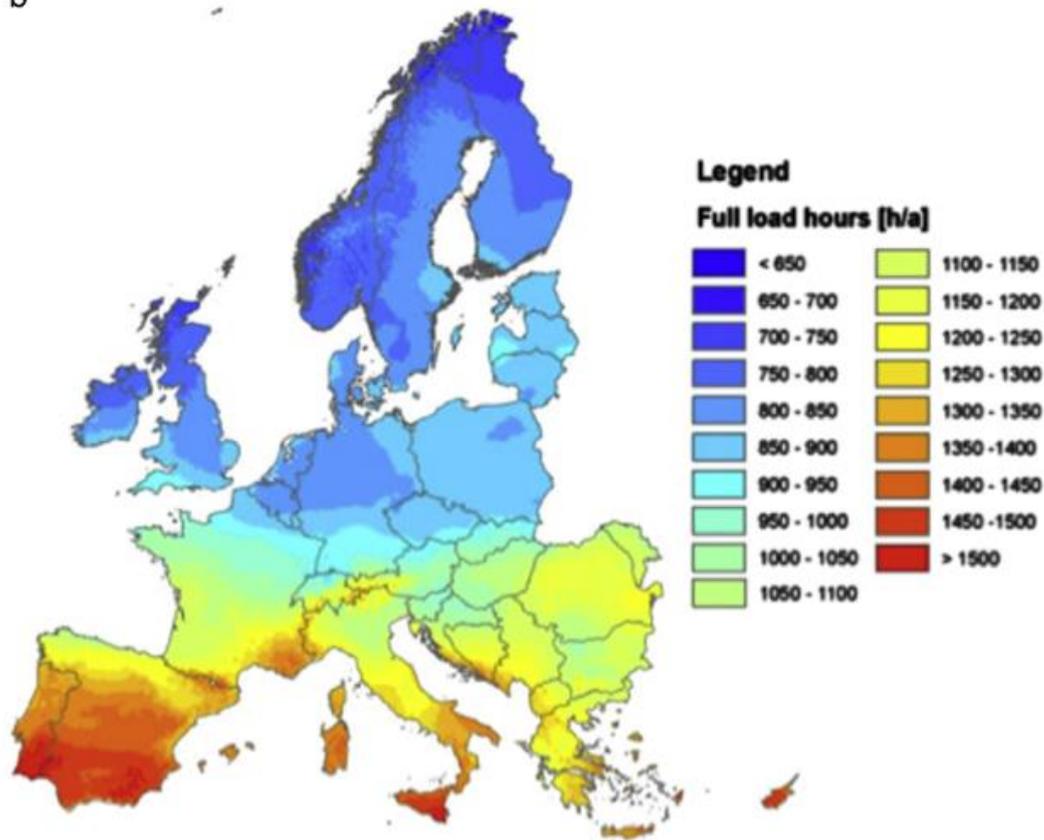


Fig 1a Ore annuali di utilizzo delle turbine eoliche in Europa, Fig 1b ore annuali di utilizzo degli impianti fotovoltaici in Europa. Fonte (Held AM ,2010)

### Modelli predittivi

Le previsioni utilizzate nei modelli predittivi sono calcolate utilizzando modelli su larga scala dei sistemi energetici europei e macro economici. All'Energy Modelling Forum 28 (EMF 28) sono stati utilizzati 13 diversi tipi di modelli per il calcolo di scenari che ridurrebbero le emissioni di gas serra dell'80% (relativamente ai livelli del 1990) entro il 2050. L'unico problema relativo a questi modelli predittivi è che non considerano le infrastrutture necessarie per l'utilizzo e la trasmissione dell'energia rinnovabile (Knopf B, Bakken B, Carrara S, Kanudia A, Keppo I, Koljonen T, 2013). Per infrastrutture, in questo caso si intendono 50000 km di linee elettriche di trasmissione europee necessarie per raggiungere, dal punto di vista dei costi, un sistema efficiente (Holz F, von Hirschhausen, 2013-14). L'integrazione di un sistema elettrico di trasmissione europeo, secondo alcuni scenari predittivi, porterebbe ad una riduzione dei costi di sistema pari al 2-3% nel periodo che va dal 2010 al 2050 (Schmid E, Knopf B. 2013).

La difficoltà per il futuro sarà quella di sviluppare infrastrutture non solo per la generazione ma anche per la trasmissione dell'energia. La figura 2 rappresenta due possibili scenari futuri

di generazione e trasmissione dell'energia fotovoltaica ed eolica nel 2050 tra stati dell'ENTSO-E<sup>1</sup>. Nella figura 2a l'evoluzione dei costi di investimento per il fotovoltaico e l'eolico sono assunti secondo una scala di valori media. Nella figura 2b si assumono invece ipotesi ottimistiche per l'evoluzione dei costi di investimento dell'energia fotovoltaica e ipotesi pessimistiche per l'evoluzione dei costi dell'energia eolica. (Schmid E, Knopf B, 2013).

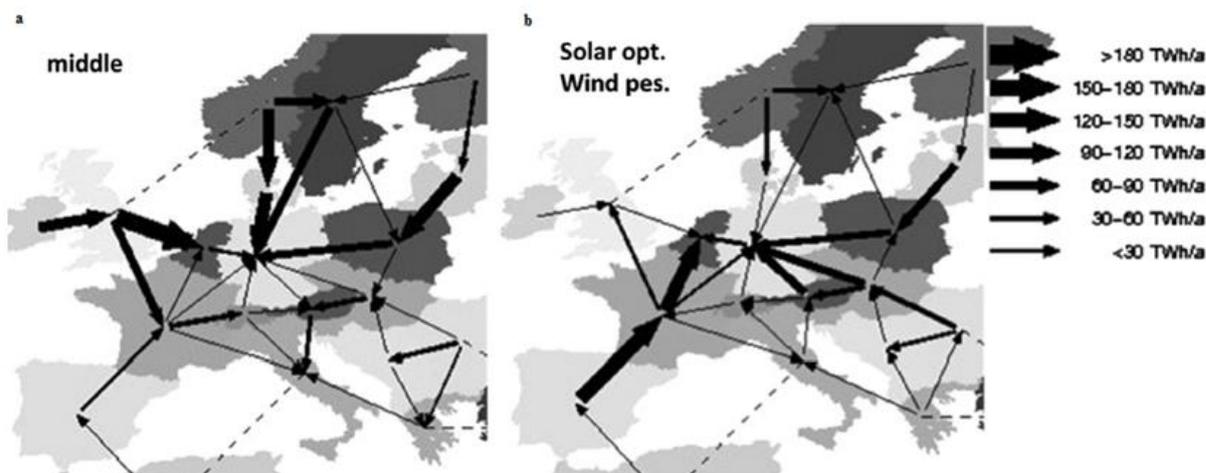


Fig 2 Previsione della media annua di trasmissione e generazione dell'energia fotovoltaica ed eolica tra paesi ENTSO-E nell'anno 2050 secondo due possibili scenari. Fonte: (Schmid E, Knopf B;2013 )

Nella figura 2a possiamo vedere come la maggior parte dell'energia sia prodotta con l'utilizzo della fonte eolica e dagli stati collocati nel nord dell'Europa per essere successivamente importata nel centro del continente (specialmente in Germania). Nella figura 2b invece lo scenario cambia drasticamente, poiché l'irraggiamento solare del sud dell'Europa è pienamente sfruttato grazie ad un uso massiccio del fotovoltaico, mentre ciò che non cambia è la destinazione dei flussi energetici che, anche in questo caso, si dirigono tutti al centro del continente e specialmente in Germania. A mio avviso se sul piano tecnico e teorico questi modelli possono funzionare, la cosa importante di cui non tengono conto è la disarmonia delle politiche energetiche europee sviluppate singolarmente da ogni singolo stato senza tener conto di un'integrazione futura.

### Potenziale Economico

La spesa pubblica indirizzata all'aumento della produzione elettrica derivante da fonti rinnovabili è sempre un buon investimento se considerata in termini di sviluppo sostenibile ed effetti positivi sull'ambiente (riduzione dei gas serra) e con una corretta politica energetica può essere molto utile anche come stimolo economico. Ai giorni nostri, dove la crisi finanziaria ha rallentato la domanda aggregata di molti stati d'Europa un'espansione della

<sup>1</sup> European network of transmission system operators for electricity

spesa pubblica nel settore delle rinnovabili associata con una corretta politica energetica può essere considerata come uno stimolo importante per l'economia. Facendo riferimento al moltiplicatore fiscale Keynesiano<sup>2</sup> ricordo come esso produca effetti migliori nell'economia quando i tassi di interesse sono bassi e in presenza di una crisi finanziaria. (Christiano L, Eichenbaum M, Rebelo S, 2011). In riferimento a ciò il fondo monetario internazionale ha ammesso degli errori nella stima dei moltiplicatori fiscali nella proiezione del PIL di 28 delle economie prese in analisi. Queste analisi sono proiezioni di crescita economia di diversi stati che stanno portando avanti una politica di austerità fiscale. Inizialmente le previsioni prevedevano un moltiplicatore fiscale pari allo 0,5 e in questo caso i tagli della spesa pubblica erano teoricamente compensati dal settore privato rendendo sensate le politiche di austerità imposte dagli stati. (Borsa Italiana che cita il report Global Prospects and Policies, IMF, October 2012)

In pratica le misurazioni successive hanno corretto le precedenti misurazioni del moltiplicatore indicando valori tra lo 0,9 e 1,7, quindi in molti casi maggiori di quelli che Keynes suggerisce nelle sue teorie (Borsa Italiana, 2013). In altre parole le politiche di austerità applicate nell'Eurozona hanno avuto un impatto terribile nella crescita del PIL di molte economie prese in analisi.

Le cause di questi errori di stima del moltiplicatore sono da ricercare nel fatto che durante una crisi finanziaria il moltiplicatore fiscale può variare parecchio. Le stime mostrano come componenti del PIL legate alla disoccupazione, alla diminuzione nei consumi ed investimenti privati sono state sottostimate e gli interventi hanno causato più danni che benefici. (Oliver Blanchard and Daniel Leigh, 2012).

Per queste ragioni la spesa pubblica nell'incentivazione nella produzione da fonti rinnovabili può essere considerata non solo una necessità per la salvaguardia ambientale ma anche una opportunità di crescita con effetti diretti sull'economia, assumendo una corretta e pianificata politica energetica che diminuisca progressivamente l'incentivazione alla diminuzione dei costi per la generazione di energia rinnovabile.

Altro fatto importante relativo al potenziale economico delle rinnovabili è quello legato agli effetti sull'occupazione. Da questo punto di vista è importante considerare gli effetti netti sull'occupazione che sono i nuovi posti di lavoro creati con l'aumento di energia derivante da fonti rinnovabili meno i posti di lavoro tolti ad altri settori, in primis quello delle fonti fossili.

---

<sup>2</sup> Il moltiplicatore fiscale è uno degli strumenti teorici più discussi dell'ultimo secolo e rappresenta il tentativo di indagare la relazione tra il prodotto interno lordo di un Paese e le politiche fiscali di un determinato governo. (Borsa Italiana)

Secondo lo scenario “Energy(R)evolution” (dove si assume che le emissioni di gas serra saranno ridotte del 50% nel 2050 rispetto ai livelli del 1990) sviluppato per Greenpeace si ha lo scopo di stimare tramite un modello previsionale quale sarà l’occupazione creata dalle fonti rinnovabili. Da questo lavoro emerge che 580000 posti di lavoro netti saranno creati nel settore energetico europeo. Questi posti di lavoro sono riferiti al settore di produzione dell’energia a cui vanno aggiunti quelli del settore manifatturiero (Institute for Sustainable Futures, Energy sector jobs to 2030 a global analysis, 2009).

Al fine di considerare scenari previsionali diversi sull’incremento lavorativo portato da una transizione energetica, altri economisti hanno stimato che, se gli incentivi alle rinnovabili saranno finanziati con le imposte sul lavoro, avrebbero effetti negati sull’occupazione e il benessere. (Böhringer C, Keller A, van der Werf, 2013)

L’ultimo punto che considero importante per stabilire il potenziale economico è legato alla sicurezza di fornitura energetica che le fonti rinnovabili porterebbero agli stati che decideranno di investire su di esse. Essa è, a mio avviso la cosa più importante per un’economia perché, come la storia ci insegna, nel passato è stata la causa scatenata di molte guerre.

L’Europa importa più della metà dell’energia che consuma. L’importazione riguarda in maniera particolare il petrolio greggio (88,4 % importato principalmente da Russia, Norvegia e Arabia Saudita) e il gas naturale (65,3% importato principalmente da Russia e Norvegia). (Eurostat, 2013).

Essere dipendente dal punto di vista energetico da questi stati rende l’Europa molto vulnerabile ad eventuali tensioni politiche o dispute commerciali che si possono venire a creare. Come per esempio la crisi del gas tra Ucraina e Russia che ha rischiato di lasciare senza risorse energetiche alcuni paesi europei tra cui anche l’Italia. Per risolvere i problemi a lungo termine legati alla sicurezza delle forniture energetiche la commissione europea ha approvato la Energy Security Strategy nel maggio del 2014. Questa strategia ha lo scopo di fornire abbondanti sicurezze energetiche all’Europa e nei suoi obiettivi a lungo periodo c’è appunto l’uso delle rinnovabili (European Commission, 2014).

L’energia netta importata è particolarmente alta negli stati nel sud dell’Europa come l’Italia che ne importa il 77%, ma anche in stati collocati nel centro come la Germania che importa il 62% dell’energia. (World Bank, 2014). L’incremento di energia derivante da fonti rinnovabili, in questo caso, risulta molto utile ad aumentare la quota di energia prodotta localmente e a ridurre conseguentemente quella importata. In Italia grazie all’incremento dell’energia

derivante da rinnovabili (tra cui soprattutto il fotovoltaico) si è passati da un'importazione netta del 84% nel 2010 a un'importazione netta del 77% nel 2014 (Word Bank, 2014).

## Tipologie di fonti rinnovabili in Europa

### Energia eolica

Come ho scritto prima l'energia eolica, con l'energia fotovoltaica, è quella che secondo il potenziale tecnico potrà maggiormente contribuire a sviluppare la produzione di energia rinnovabile in Europa. Nella tabella n1 sono indicati i nove stati europei con più MW di potenza installati. Al primo posto c'è la Germania con 40500 MW di potenza installati la quale nel 2014 ha raggiunto lo straordinario risultato di 5800 MW installati in un anno. (Bp, 2015). Nel 2013 la Germania ha creato 20000 posti di lavoro nel settore eolico portato il proprio giro d'affari in questo settore a 8470 milioni di euro (EurObserv, 2014).

	MW wind energy installed every year								
	Ger	Spa	U K	Fra	Ita	Swe	Den	Por	Aus
1997	2089	512	328	13	103	122	1116	39	20
1998	2877	723	338	21	197	176	1420	51	30
1999	4435	1408	362	25	277	220	1738	61	42
2000	6097	2358	425	63	424	265	2341	111	77
2001	8750	3522	525	115	700	318	2456	153	94
2002	11989	5033	570	183	806	372	2880	204	139
2003	14604	6185	759	274	922	428	3076	311	415
2004	16623	8462	889	386	1261	478	3083	585	607
2005	18390	10013	1336	775	1713	554	3087	1087	820
2006	20579	11595	1955	1585	2118	571	3101	1716	966
2007	22194	15155	2477	2471	2721	789	3088	2150	983
2008	23826	16699	3406	3671	3731	1024	3159	2829	997
2009	25703	19160	4424	4775	4845	1537	3408	3474	997
2010	27191	19715	5397	5940	5793	2141	3805	3837	1013
2011	29071	21160	6458	6811	6733	2904	3927	4214	1082
2012	31315	22722	8894	7626	7998	3750	4137	4363	1378
2013	34700	22898	11209	8207	8448	4474	4747	4557	1661
2014	<b>40500</b>	<b>22987</b>	<b>12809</b>	<b>9143</b>	<b>8556</b>	<b>5524</b>	<b>4778</b>	<b>4683</b>	<b>2072</b>

Tabella n 1 MW di potenza eolica installati cumulati annualmente divisi per stato europeo. Fonte: Grafico di mia elaborazioni basandomi sui dati (Bp,2015 )

La Spagna è il secondo stato in termini di MW installati e il settore dà lavoro a 20000 persone. (EurObserv, 2014). Nel 2013 l'energia eolica è stata la maggior fonte di energia in Spagna. La Red Eléctrica de España ha affermato che l'energia eolica ha sorpassato l'energia

nucleare con una copertura di più del 21% della domanda energetica, questo grazie ai 54000 GWh generati (+12% rispetto al 2012). (La Stampa, 2014). Nonostante questo negli ultimi due anni il settore si è indebolito e le installazioni sono drasticamente diminuite.

La Gran Bretagna è il secondo più grande mercato di impianti eolici a terra in Europa e il terzo a livello generale. Nel settore degli impianti eolici collocati in mare il governo del regno unito ha confermato l'ambizione di voler raggiungere i 39000 MW di potenza entro il 2030. (EurObserv, 2014). Inoltre, come la figura 1a mostra in termini di ore utili al suo funzionamento, la Gran Bretagna è uno dei siti più indicati d'Europa per l'installazione di questa forma di energia rinnovabile.

La Francia è il quarto stato in termini di MW di potenza installati. I dati socio economici in questo settore rimangono stabili con 20000 posti di lavoro nel settore e un giro d'affari di 2230 milioni di euro (EurObserv, 2014).

Al quinto posto si trova l'Italia che, come la Spagna, ha notevolmente rallentato nell'installazione dei MW negli ultimi anni. Nel 2014 infatti i MW installati risultano solamente 108 (Bp, 2015). Dal 2012 al 2013 i posti di lavoro sono diminuiti da 37000 a 34000 e dal 2013 al 2014 da 34000 a 30000 e questo trend sembra voler continuare. Un calo così importante secondo ANEV (Associazione nazionale energia del vento) è dovuto agli interventi normativi "penalizzanti" per l'industria del settore in particolare a causa del sistema delle aste a ribasso per l'assegnazione degli incentivi (Qual Energia, 21 gennaio, 2015).

Gli stati del nord come Danimarca e Svezia (anche se la Danimarca ha installato relativamente pochi MW nell'ultimo anno) stanno facendo bene. Rapportando il numero di MW installati alla popolazione, in termini di efficacia i risultati raggiunti possono definirsi più che soddisfacenti. Inoltre, come la figura 1a indica questi paesi nordici si prestano molto bene per sfruttare appieno l'energia eolica.

Agli ultimi posti per quanto riguarda i MW installati troviamo il Portogallo e l'Austria. Segnali incoraggianti provengono soprattutto da quest'ultima che nell'ultimo anno ha installato 411 MW di potenza.

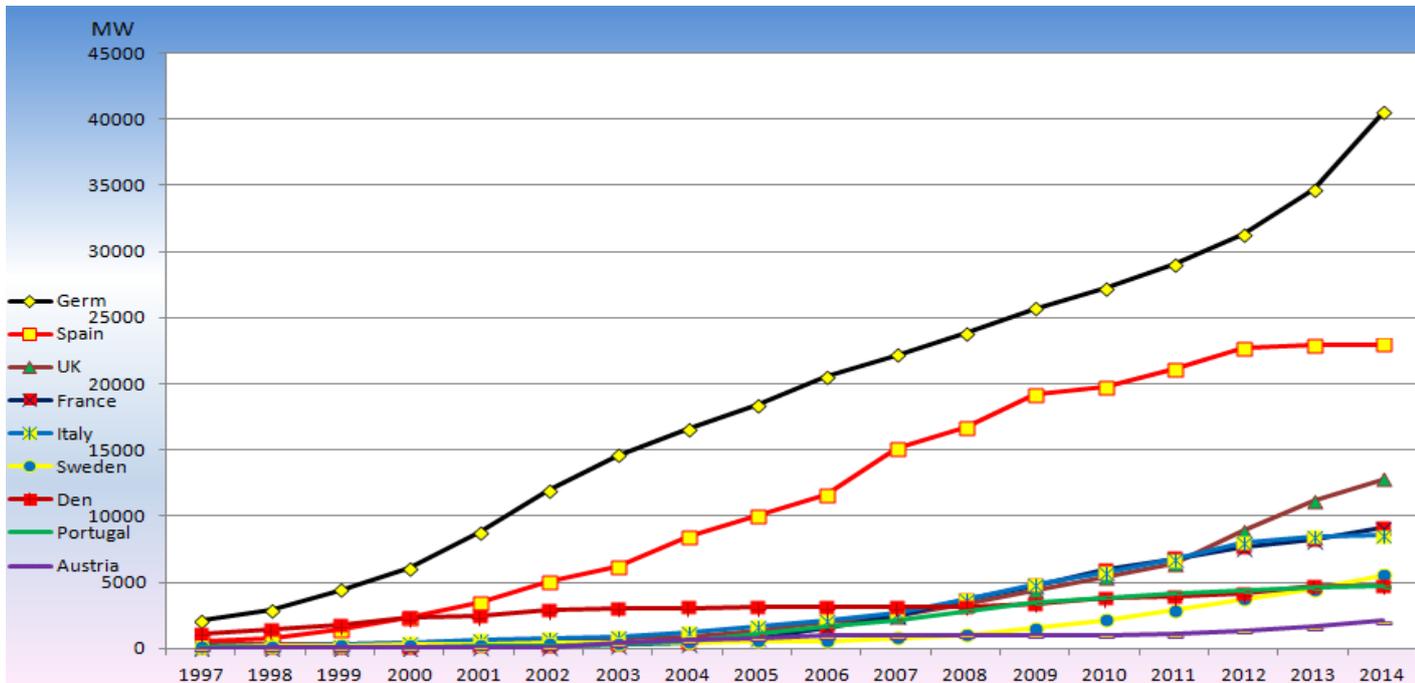


Grafico n1 MW di potenza eolica installati cumulati annualmente divisi per stato europeo. Fonte: Grafico di mia elaborazioni basandomi sui dati (Bp, 2015)

### Piccoli impianti idroelettrici

L'energia idroelettrica è la prima fonte di energia rinnovabile utilizzata in Europa in maniera significativa. Il settore dei piccoli impianti idroelettrici (impianti inferiori ai 10 MW di capacità installata) è il più statico e fermo di tutti i settori delle rinnovabili in Europa. Le ragioni di questa staticità del mercato sono da ricercarsi nel fatto che ormai la maggior parte dei siti che si prestavano all'uso di tale fonte rinnovabile sono stati utilizzati, quelli invece disponibili molte volte sono tutelati da molte leggi e regolamenti per la salvaguardia dell'ambiente (EurObserv, 2014).

Con 3000 MW di potenza installati nei piccoli impianti idroelettrici e più di 12000 GWh prodotti, l'Italia è il più grande produttore di energia idroelettrica in Europa. Più di 400 aziende sono attive nel settore con 4500 posti di lavoro (inclusendo anche i grandi impianti idroelettrici) (EurObserv, 2014).

Il secondo produttore è la Francia con un settore che conta 3850 posti di lavoro. L'obiettivo della Francia era di aggiungere 3000 MW di potenza al settore idroelettrico, anche se spesso in questo settore i siti adatti sono scarsi e soggetti a molti vincoli, specialmente per quanto riguarda la legge sui fiumi e i corsi d'acqua (EurObserv, 2014).

## Energia Geotermica

L'energia geotermica può essere convertita sia come calore sia come elettricità. L'Italia è il primo produttore di energia geotermica in Europa con 916 MW installati. Il settore dà lavoro a 5500 persone ed ha un giro d'affari di 600 milioni di euro. Altro importante produttore di energia geotermica in Europa è l'Ungheria che potrebbe arrivare a produrre 784 MWth grazie al geotermico (EurObserv ER, 2014).

## Pompe di calore

Il settore delle pompe di calore si estende sia sulle applicazioni ad aria sia a terra. I maggiori produttori europei in questo settore sono: Francia, Italia, Germania, Svezia, Finlandia e Spagna. Il settore negli ultimi anni è stato abbastanza statico specialmente per il recente crollo dei prezzi del petrolio il quale risulta un indicatore importante per la decisione di investire o meno sulla pompa di calore (EurObserv, 2014).

## Biogas

Il mercato del biogas europeo non è dinamico come altri mercati delle energie rinnovabili. In questo settore la nazione dominante è la Germania che nel 2013 contava un giro d'affari pari a 1750 milioni di euro (EurObserv BMWi, 2014). Sempre nel 2013 il settore forniva lavoro a 29000 persone per quanto riguarda le installazioni di biogas e ulteriori 20000 posti di lavoro per quanto riguarda la fornitura di biomassa. Altri importanti produttori di energia derivante da biomassa sono Francia, Italia e Regno Unito. Specialmente in Francia sta emergendo uno dei mercati del biogas più promettenti in Europa grazie all'introduzione di alcune iniziative legislative come le tariffe di incentivazione sulle iniezioni di biometano (EurObserv, 2014).

L'Italia risulta essere un altro grande mercato del biogas anche se la riduzione delle tariffe di incentivazione ha notevolmente rallentato il mercato. Ciononostante il giro d'affari stimato del settore si aggira intorno ai 2500 milioni di euro con 4500 posti di lavoro nel settore (EurObserv, 2014).

La produzione Europea di biogas sta lentamente cambiando e per la produzione di biomassa si sta passando da colture appositamente dedicate per produrla a materiali organici di scarto.

Questo è molto importante per risolvere il problema della sottrazione delle terre coltivabili creatosi all'aumentare delle colture appositamente dedicate alla biomassa (EurObserv, 2014).

### Biocarburanti

Il mercato del biocarburante ha subito un rallentamento negli ultimi anni soprattutto a causa dell'incertezza delle direttive imposte dalla commissione europea (ILUC) e per l'oscillazione del prezzo del petrolio. Conseguenza di ciò è stata la diminuzione della produzione di biocarburante in Germania e Spagna nel 2013 (9 % in Germania, 4 % in Spagna). La Francia invece è rimasta stabile sul mercato nel 2013 affermandosi come il più grande consumatore di biocarburante in Europa. La Svezia se rapportato alla sua piccola popolazione sta facendo molto bene in questo mercato con 750 milioni di euro di giro d'affari e 5000 posti di lavoro. Lo stato scandinavo punta ad avere entro il 2030 un terzo delle automobili funzionanti a biocarburante. Come per il biogas è importante fare ricerca per sviluppare una seconda generazione avanzata di biocarburanti funzionate principalmente con rifiuti organici. (EurObserv, 2014).

### Biomassa solida

Per la produzione di biogas e biocarburante è richiesta un'enorme quantità di biomassa. Quindi è importante per gli stati produrla. Il suo mercato sta seguendo il trend di quello del biogas e del biocarburante, quindi attualmente si trova in un situazione statica.

Il più grande produttore è la Francia, specialmente grazie al programma Heat Funds che aiutò molto lo sviluppo del settore (EurObserv, 2014).

L'Italia ha buon mercato, specialmente per quanto riguarda l'industria dei pellet. Si presume che nel settore della biomassa italiano ci sia un giro d'affari di 2000 milioni di euro (EurObserv, 2014).

Nonostante la produzione europea stia diminuendo, la Svezia rimane ancora uno dei più grandi produttori con un giro d'affari di 2650 milioni di euro (EurObserv, 2014).

La Germania rimane anch'essa un grande produttore anche se l'ultimo aggiornamento legislativo della EEG nell'agosto 2014 ha causato notevoli rallentamenti nel settore (EurObserv, 2014).

Come ho illustrato in questo paragrafo in Europa sono presenti diverse tipologie di fonti rinnovabili. Per il futuro, per poter rispettare quanto la strategia 20/20/20 ha stabilito (ed il suo aggiornamento avvenuto nel 2014) sarà importante, per gli stati europei, la continua

incentivazione al consumo e alla produzione di energia derivante da fonti rinnovabili. La vera sfida per il futuro sarà quella di creare una rete di connessione elettrica europea alimentata principalmente con fonti rinnovabili. Per raggiungere questo obiettivo sarà importante incrementare l'interconnessione di reti tra i diversi stati europei e rimuovere le restrizioni ai commerci di energia tra gli stati.

## Pacchetto 20/20/20

La più importante strategia per la promozione di energia rinnovabile e per la protezione dell'ambiente in Europa è quella promossa dal pacchetto 20/20/20. Alla fine del 2008 il parlamento europeo approvò il pacchetto clima-energia con lo scopo di raggiungere entro il 2020 i seguenti obiettivi: 20% di riduzione delle emissioni dei gas serra rispetto ai livelli del 1990, aumento del 20 % dell'efficienza energetica e arrivare al 20 % di energia prodotta e consumata derivate da fonti rinnovabili. I punti principali approvati nel pacchetto sono (Comunicati stampa parlamento europeo, 17/12/2008):

- Sistema di scambio delle emissioni di gas a effetto serra (EST)
- Ripartizione degli sforzi per ridurre le emissioni
- Cattura e stoccaggio geologico del biossido di carbonio
- Riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> da parte delle nuove auto
- Riduzione dei gas a effetto serra nel ciclo di vita dei combustibili
- Accordo sulle rinnovabili

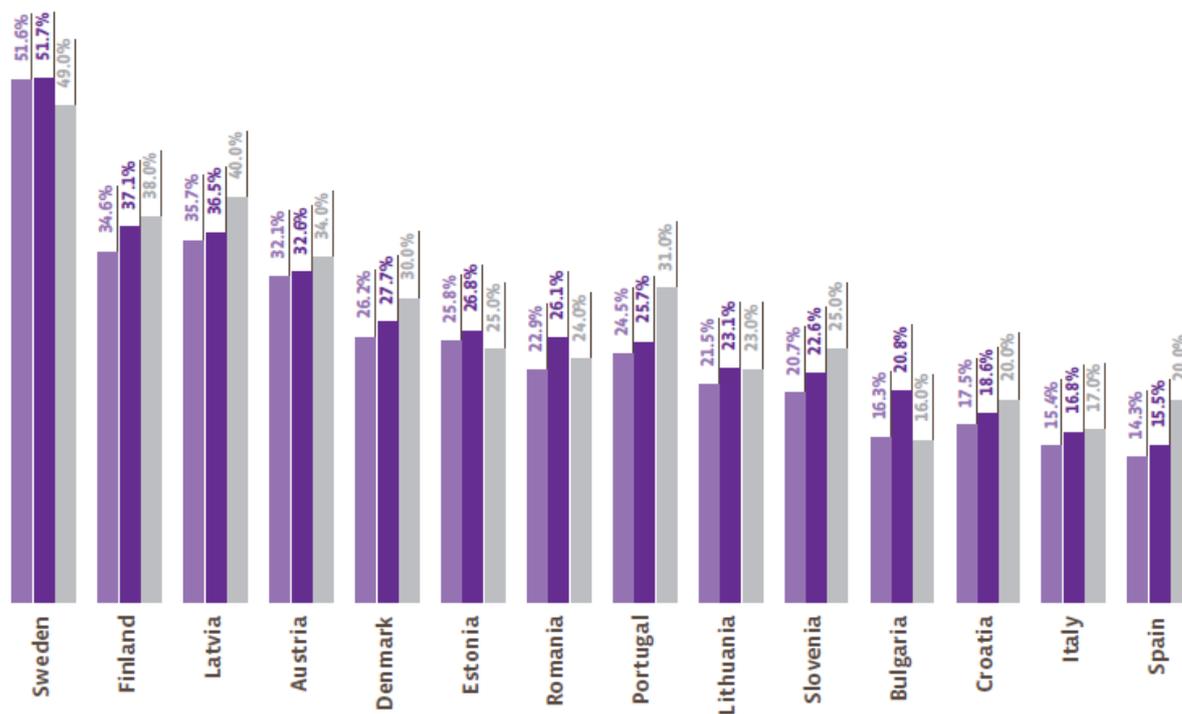
Per gli argomenti di interesse di questa tesi illustrerò nel dettaglio solamente l'ultimo punto.

### Accordo sulle rinnovabili

Il parlamento ha approvato una direttiva che stabilisce obiettivi nazionali nel consumo di energia derivante da fonti rinnovabili, con lo scopo di portare al 20 % la media europea. Per la realizzazione di questo importante obiettivo è necessario che ciascun stato contribuisca all'aumento della propria quota di energia rinnovabile consumata (grafico 2). Per il miglior raggiungimento delle obiettivi indicati nel grafico 2 ogni stato dovrà obbligatoriamente adottare un piano di azione con degli obiettivi precisi in termini di energia consumata nei seguenti settori: trasporti, elettrico, riscaldamento e raffreddamento. Il piano di azione deve essere reso noto alla commissione europea entro il 30 giugno 2010 (Comunicati stampa parlamento europeo, 17/12/2008).

La direttiva inoltre stabilisce che per il calcolo dell'energia finale consumata venga presa in considerazione (sotto determinate condizioni) anche la quota energetica importata da paesi extra Unione Europea. Ai fini della direttiva, le fonti energetiche rinnovabili sono quelle fonti non fossili, come quelle eolica, solare, geotermica, aerotermica, idrotermica, l'energia oceanica, idroelettrica, la biomassa, i gas di discarica, i gas residuati dai processi di depurazione e i biogas. E' inoltre specificato che gli stati membri dovranno adottare le misure necessarie per sviluppare una rete di distribuzione elettrica e impianti di stoccaggio elettrici. In particolare quest'ultima misura è stata presa per fronteggiare lo sviluppo futuro delle fonti rinnovabili le quali dipendono dalle condizioni naturali e conseguentemente necessitano di essere immagazzinate (Comunicati stampa parlamento europeo, 17/12/2008).

Share of energy from renewable sources in gross final energy consumption in 2012 and 2013\* and national overall targets in 2020



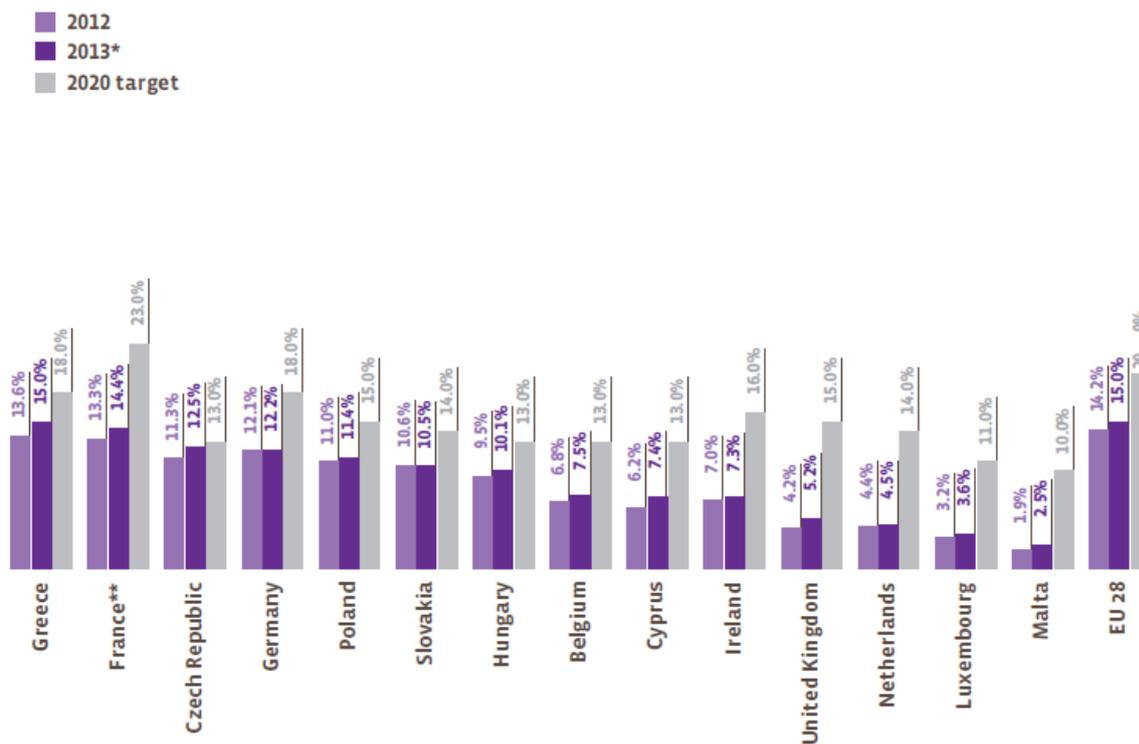


Grafico 2 obiettivi per la quota di consumo energetico rinnovabile da raggiungere per i diversi stati europei. La cosa interessante che appare nel grafico è che stati che dal punto di vista numerico assoluto non sono inclusi come grandi produttori di energia rinnovabile, come Estonia, Romania e Portogallo, in realtà consumano attualmente una quota più alta in termini percentuali rispetto ad altri grandi produttori a livello assoluto come la Germania. Fonte: (EurObserv, 2014).



# L'energia fotovoltaica

## La tecnologia fotovoltaica

Gli impianti fotovoltaici sfruttano le proprietà di alcuni materiali (specialmente il silicio) per generare elettricità tramite radiazioni luminose. L'energia è generata da una serie di moduli fotovoltaici che a sua volta sono composti da un'unione di celle fotovoltaiche. L'elemento maggiormente utilizzato per la costruzione è il silicio, che è un elemento abbastanza comune in natura. Presa separatamente ogni singola cella fotovoltaica produce una potenza pari a 1,5 watt in corrente continua che è normalmente considerata insufficiente per gli usi comuni. Tramite il cablaggio di più celle fotovoltaiche è possibile creare un pannello che produrrà una quantità di energia necessaria agli usi comuni. Tramite la connessione di più pannelli fotovoltaici è possibile creare anche grossi impianti i quali possono arrivare a produrre milioni di Kwh. Un impianto fotovoltaico produce energia per 25/30 anni, richiede una bassa manutenzione e resiste bene agli agenti atmosferici. Il suo smaltimento a fine vita non crea particolari problemi in quanto può essere riciclato per circa il 90% del suo peso. Silicene, alluminio e vetro possono essere riutilizzati per la produzione di nuovi moduli, riducendo l'uso di nuovi materiali (GSE, 2013).

In dettaglio un impianto fotovoltaico è composto da: Generatore, inverter, staffe di ancoraggio, contatore e in alcuni casi batterie per l'accumulo di energia. Il generatore è il modulo o pannello fotovoltaico dove l'energia è prodotta e dove le radiazioni luminose sono convertite in corrente continua. Successivamente l'inverter converte la corrente continua prodotta dal generatore in corrente alternata utilizzabile. Il contatore misura la quantità di energia prodotta giornalmente (GSE, 2013). Logicamente un impianto fotovoltaico produce energia solamente durante il giorno e solitamente per gli impianti domestici l'energia prodotta di giorno è notevolmente inferiore a quella auto consumata. L'energia in eccesso è rimessa in rete, l'utente alla sera utilizzerà l'energia erogata normalmente dalla rete elettrica.

Negli ultimi anni il costo delle batterie per lo stoccaggio dell'energia fotovoltaica sta rapidamente diminuendo. Questo renderà possibile consumare una quota maggiore dell'energia prodotta durante il giorno e non auto consumata, con un conseguente abbassamento delle bollette. La Germania, in questo ambito, sta facendo molto bene e il numero degli impianti fotovoltaici che usufruiscono dell'accumulo energetico è drasticamente aumentato. Da maggio 2013 i prestiti per accedere all'acquisto delle batterie per l'accumulo sono rimborsati per il 30 % da ministero federale per l'economia tedesco. L'unica condizione per poter ottenere il rimborso è quella di non installare le batterie su un impianto superiore a 30 KW. Grazie a

questa forma di incentivazione il settore conta un totale di 15000 impianti dotati di batterie di accumulo. La Germania sta promuovendo lo stoccaggio dell'energia domestica per risolvere il problemi di eccesso di energia che si vengono a creare nella rete elettrica, specialmente nelle ore centrali della giornata. Ciononostante se confrontati con gli oltre 800.000 sistemi di piccola taglia presenti in Germania, gli impianti con batteria ammontano a meno del 2% del totale (QualEnergia, 2015).

### Impatto ambientale fotovoltaico

Per valutare l'impatto ambientale del fotovoltaico si utilizza il metodo del LCA<sup>3</sup> (Life Cycle Assessment method). Con suddetto metodo è stato dimostrato come l'energia non rinnovabile utilizzata per la produzione di un modulo fotovoltaico sia inferiore a quella prodotta da esso durante il suo ciclo di vita e come le radiazioni prodotte dall'impianto fotovoltaico non siano da considerarsi particolarmente dannose per l'uomo (Valentina Mazzarini, 2010).

### Filiera produttiva del fotovoltaico

E' possibile dividere la filiera produttiva del fotovoltaico in 3 fasi:

- Estrazione di silicio
- Produzione di celle fotovoltaici
- Produzione di moduli fotovoltaici

Il silicio, come ho illustrato prima è una delle componenti fondamentali per la costruzione del modulo fotovoltaico. Questo materiale è estratto in grosse quantità in Cina (QualEnergia, 2014 ).

La seconda fase della filiera produttiva del fotovoltaico è la produzione di celle fotovoltaiche le quali cablate tra di loro formano il modulo fotovoltaico. In questo sottosectore le maggiori aziende sono: Suntech, JA Solar (Cina), First Solar (USA), Yingli Solar, Trina Solar (Cina), Motech Solar (Taiwan), Q-Cells (Germania), Gintech (Taiwan), Sharp (Giappone), Sungen Solar (Cina). (PhotonMagazine, PVinsights, 2010).

Nel grafico n3 è illustrata la produzione annua di celle fotovoltaiche a livello mondiale. Dal grafico si nota come la Cina (incluso Taiwan) ne sia il più grande produttore al mondo, con un numero che è continuato a crescere nel tempo. Dal 2009 al 2011 infatti la Cina ne ha quadruplicato la produzione. Per questa ragione ritengo sia utile analizzare le politiche industriali ed energetiche cinesi le quali prima hanno fatto diventare la Cina il più grande

---

<sup>3</sup> Il metodo LCA è una procedura standardizzata che permette di registrare, quantificare e valutare i danni ambientali connessi con un prodotto, una procedura o un servizio, all'interno di un contesto ben preciso, che deve essere definito a priori

produttore di celle fotovoltaiche al mondo e successivamente anche un importante produttore di energia fotovoltaica. E' altrettanto importante analizzare l'industria delle celle fotovoltaiche cinesi perché l'abbassamento del prezzo di mercato di tali componenti è stato una delle cause trainanti del incremento del fotovoltaico in Europa.

Dal 2009 al 2011 la Cina ha quadruplicato la propria produzione di celle fotovoltaiche. Dal 2009 la domanda globale di pannelli fotovoltaici ha cominciato a crescere rapidamente, specialmente per le politiche incentivanti di Italia e Germania. L'incremento della domanda ha attratto molte imprese cinesi le quali hanno colto, per questo prodotto, l'opportunità di offrire un prezzo inferiore a quello delle imprese concorrenti.

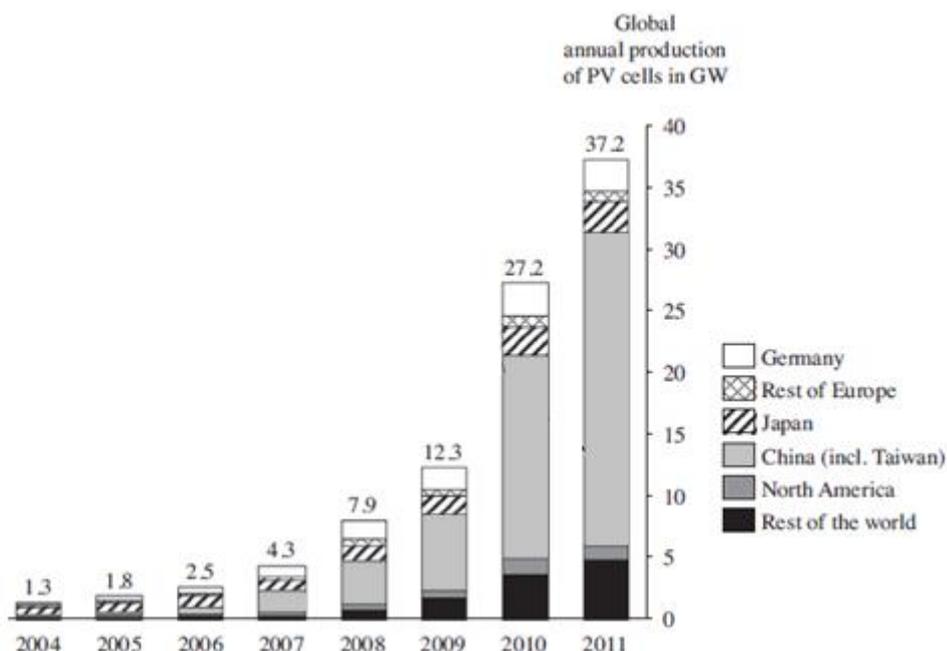


Grafico n3 Produzione di celle fotovoltaiche a livello mondiale. Fonte (Joern Hoppmann, Joern Huenteler, Bastien Girod. Compulsive policy-making-The evolution of the German feed-in tariffs for solar photovoltaic power evolution, 2014, Fig 5 pag 1431, Dati da Photon 2012)

Paragonata ad altri stati la Cina è storicamente conosciuta per essere molto competitiva a causa dei costi del lavoro relativamente bassi, nell'industria delle celle fotovoltaiche però essi incidono solamente per una piccola parte sul prezzo del prodotto finale (meno del 10 %). La Cina quindi teoricamente non avrebbe dovuto essere competitiva in questo tipo di settore. Il governo cinese riuscì però a comprendere in anticipo le potenzialità del mercato fotovoltaico e cominciò ad erogare sussidi ed a promuovere leggi antitrust nel settore. I sussidi concessi alle aziende produttrici riguardavano sconti sulle materie prime, sconti sull'elettricità e l'erogazione

di finanziamenti a tassi di interesse vantaggiosi. Attraverso queste misure le industrie cinesi aumentarono notevolmente la loro produzione e riuscirono a diminuire i costi delle celle fotovoltaiche grazie allo sfruttamento delle economie di scala, diventando in questa maniera il primo produttore al mondo (Gang Chen, 2015).

La svolta radicale avvenne nel 2013 quando la Cina introdusse per la prima volta la tariffa di incentivazione (feed-in tariff) di 0,42 yuan (0,057 €) per Kwh prodotto a tutti gli impianti fotovoltaici (Gang Chen, 2015). In questa maniera nello stesso anno la Cina installò 11300 MW di potenza che fino ad oggi rappresenta in record mondiale di installazioni per uno stato (Bp, 2015). La Cina secondo, la mia opinione ha deciso di seguire questa politica dopo il rallentamento del mercato europeo del fotovoltaico che era un grande compratore di celle cinesi. Il governo, per prevenire un rallentamento della produzione nell'industria, decise di incrementare il mercato interno. In questa maniera le imprese hanno avuto la possibilità di sfruttare anche meglio le economie di scale e come il grafico n 4 ci mostra, di diminuire ulteriormente il prezzo delle celle fotovoltaiche.

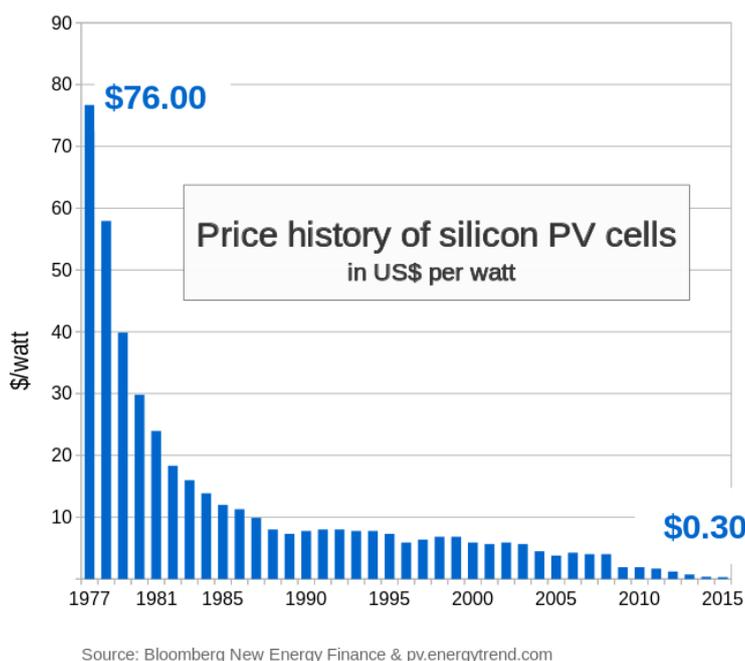


Grafico n4 evoluzione del costo delle celle fotovoltaiche. Fonte: Bloomberg New Energy Finance

Se da una parte le installazioni in Europa sono drasticamente diminuite dal 2013 in poi la stessa cosa non si può dire per altri importanti stati come gli Stati Uniti e il Giappone, che specialmente nel 2014 hanno incrementato notevolmente la quantità di MW fotovoltaici come il grafico n5 mostra. Questo fatto ha dato la possibilità di diminuire ulteriormente il prezzo delle celle fotovoltaiche, se questo trend continua la diminuzione del costo potrebbe probabilmente ridare slancio al mercato europeo.

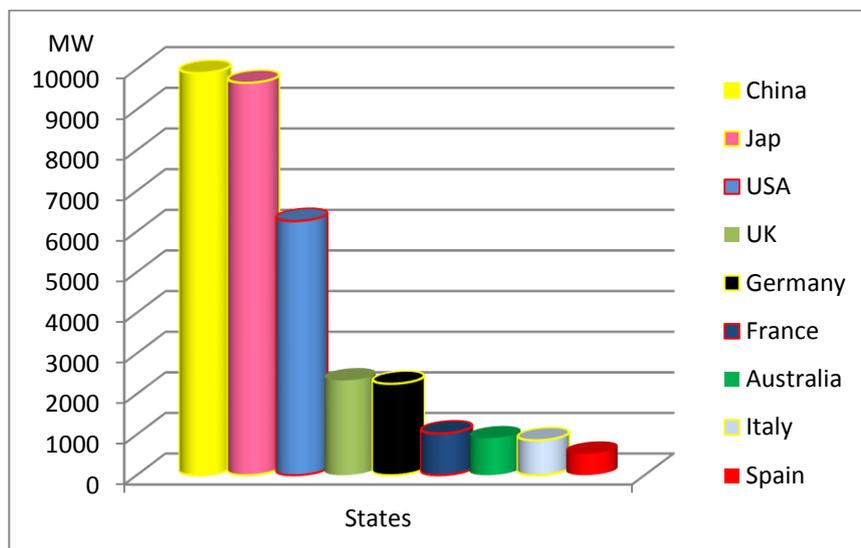


Grafico n5 MW di potenza fotovoltaica installata nell'anno 2014. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: (Bp, 2015)

La terza fase della filiera del fotovoltaico è la creazione nei moduli che avviene tramite il cablaggio delle celle fotovoltaiche. In questo sub settore le più grandi compagnie sono: Suntech (Cina), First Solar (Stati Uniti), Yingli Solar (Cina), Trina Solar (Cina), Sungen Solar (Cina), Sharp (Giappone), Sunpower (Stati Uniti) (PVinsights, Renewables, 2012).

Non direttamente collegati alla produzione del modulo, ma necessari per la composizione e funzionamento di un impianto sono gli inverter. Nonostante l'industria degli inverter sia caratterizzata da una grossa concorrenza mondiale tra le aziende del settore, il leader mondiale in questa industria rimane la Germania grazie a grosse compagnie come la SMA. Questo primato potrebbe però essere perso se la domanda e la produzione di inverter continuerà a spostarsi verso i mercati asiatici (PV Magazine, 2015).

A valle della filiera del fotovoltaico ci sono i distributori finali di impianti che spesso non hanno un lavoro facile nel presentare ai consumatori finali la convenienza dell'uso di questa forma energetica.

## Fotovoltaico in Europa

Negli ultimi due anni il mercato fotovoltaico europeo è fortemente calato, ma a dispetto di questo l'Europa rimane il continente con più della metà della capacità installata a livello mondiale con 88360 MW sui 180396 totali. Questo risultato straordinario è stato ottenuto principalmente grazie alle politiche energetiche incentivanti portate avanti da Italia e Germania. La tabella n2 mostra l'aumento dei MW installati in Europa dal 1996 fino al 2014. In seguito per rendere più chiari i risultati della tabella n2, gli stessi sono stati riportati nel grafico n6. Nel grafico n7 invece sono riportate le installazioni annue sempre in termini di MW di potenza.

Come la tabella n2 e il grafico n6 mostrano il più grande risultato nel fotovoltaico è stato ottenuto dalla Germania con lo straordinario successo di 38200 MW di potenza installata. Il settore fotovoltaico tedesco è cresciuto dal 2000 in poi grazie all'introduzione della legge per l'energia rinnovabile tedesca (Erneurbare Energien Gesetz EEG) che fissò per la prima volta le feed-in tariffs<sup>4</sup> per la produzione di energia fotovoltaica. I migliori anni per il settore sono stati 2010, 2011 e 2012 (grafico n7) (Joern Hoppmann, Joern Hunteler, Bastien Girod, 2014). Nel capitolo 4 mostrerò l'evoluzione del settore fotovoltaico tedesco nel dettaglio.

Anno	MW						
	Italia	Germania	Spagna	U K	Francia	Belgio	Grecia
1997	16,70	18,00	1,00	0,40	6,10	0,00	0,00
1998	17,70	23,00	1,00	0,50	7,60	0,00	0,00
1999	18,50	32,00	2,00	0,90	9,10	0,00	0,00
2000	19,00	76,00	2,00	1,70	11,30	0,00	0,00
2001	20,00	186,00	4,00	2,50	13,90	0,00	0,00
2002	22,00	296,00	7,00	3,90	17,20	0,00	0,00
2003	26,00	435,00	11,50	5,70	21,10	0,00	1,00
2004	30,70	1.105,00	24,10	8,00	23,00	0,00	3,00
2005	37,50	2.056,00	49,00	10,70	26,00	4,00	5,00
2006	50,00	2.899,00	148,00	14,10	36,50	4,00	7,00
2007	120,20	4.170,00	705,00	17,90	74,50	23,70	9,00
2008	458,30	6.120,00	3.463,00	23,90	178,90	108,40	20,00
2009	1.181,30	10.566,00	3.523,00	26,50	369,20	649,00	56,00
2010	3.502,30	17.900,00	4.350,00	94,51	1.204,30	1.067,20	206,00
2011	12.806,90	25.400,00	4.896,55	994,16	2.974,40	2.087,80	624,00
2012	16.454,30	33.000,00	5.216,09	1.746,77	4.089,60	2.772,40	1.536,00
2013	18.074,00	36.300,00	5.333,33	2.779,80	4.732,70	3.009,00	2.579,00
2014	18.460,00	38.200,00	5.358,00	5.228,08	5.660,00	3.074,00	2.595,00

Tabella n 2. MW di potenza fotovoltaica cumulati divisi per stati Europei. Tabella di mia elaborazione. Fonte dati: (Bp, 2015)

<sup>4</sup> Tariffe per la promozione dell'energia derivante da fonti rinnovabili. Lo stato decide di pagare per un lungo periodo una tariffa in incentivazione fissa ai produttori privati di energia derivante da fonti rinnovabili. La durata della tariffa dipende dal tipo di fonte energetica, per il fotovoltaico solitamente la durata va dai 20 ai 25 anni.

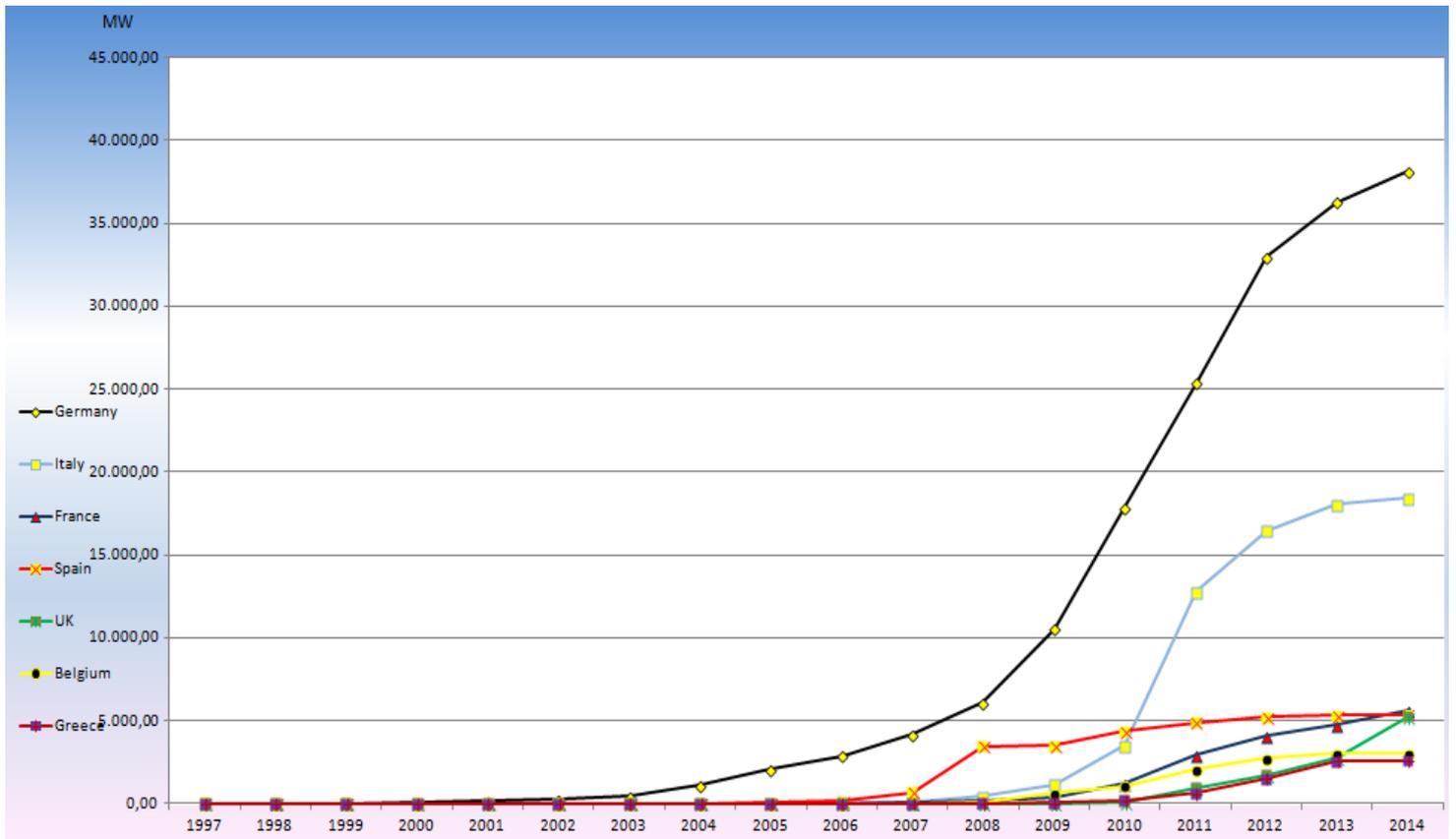


Grafico n 6. MW di potenza fotovoltaica cumulati divisi per stati Europei. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: (Bp, 2015)

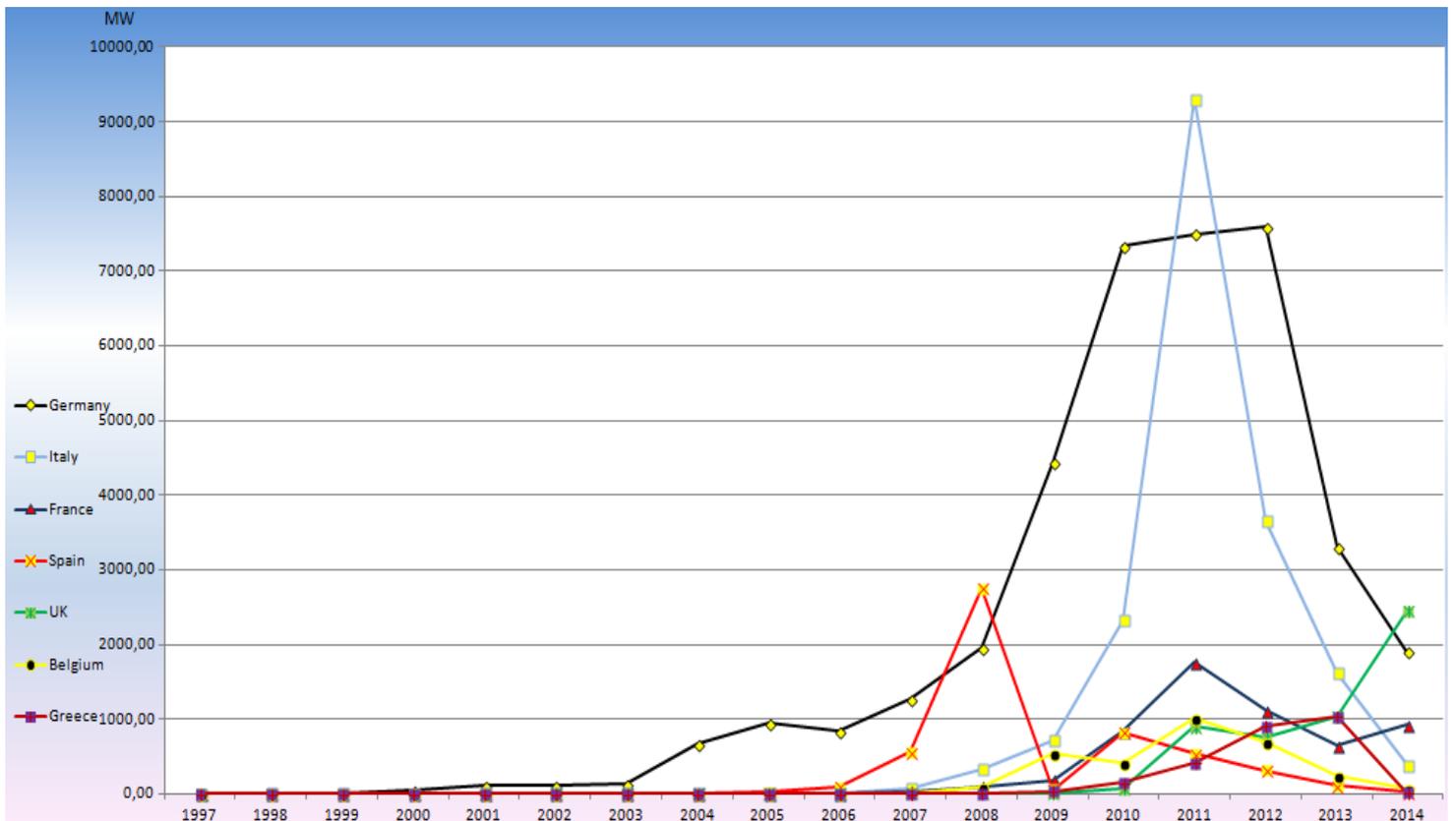


Grafico n 7. MW di potenza fotovoltaica annualmente installati divisi per stati Europei. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: (Bp, 2015)

Il secondo stato europeo per potenza installata è l'Italia che fino al 2014 conta un totale di 18460 MW installati. Dal 2006 al 2013 l'Italia ha introdotto cinque diverse tipologie di incentivazione del fotovoltaico denominati nello specifico Conto Energia (V Di Dio, S.Favuzza, D.La Cascia, F.Massarò, G.Zizzo, 2014). Il settore inizia a crescere dal 2007 e fa registrare un anno importante nel 2011 con 9300 MW installati per quell'anno. Dal 2012 il settore comincia rapidamente a calare, il trend di decrescita aumenta ulteriormente negli anni 2013 e 2014. Nel capitolo 3 mostrerò nel dettaglio l'evoluzione del mercato fotovoltaico Italiano. La Francia si trova al terzo posto con un totale di 5660 MW installati a fine 2014. Il mercato fotovoltaico francese è in forte crescita e nel 2014 ha aumentato le proprie installazioni del 44%. L'annuncio del ministro dell'energia Sègolène Royal di voler portare le installazioni fotovoltaiche a 8000 MW entro il 2020, dà speranza al mercato per il futuro. Le feed-in tariffs sono state drasticamente tagliate del 24% nel 2010 per evitare speculazioni dovute al notevole abbassamento del costo degli impianti. Le nuove misure approvate nel 2015 per l'assegnazione dei bandi d'asta per gli impianti da 100 a 250 Kw (mercato non residenziale) daranno la spinta necessaria per raggiungere l'obiettivo prefissato entro il 2020 (The Milk Sun, 2015). Al quarto posto si trova la Spagna con 5358 MW. Dal 2003 al 2007 la crescita del settore è stata relativamente bassa. La svolta avviene nel 2008 quando il costo degli impianti comincia a diminuire più della diminuzione delle feed-in tariffs. Questo causa un'esplosione delle installazioni nel 2008 perché la profittabilità nell'investimento degli impianti era molto alta. Dopo la crisi economica del 2009 la Spagna decide di tagliare drasticamente gli incentivi per il fotovoltaico, come il grafico n8 mostra (International Institute for sustainable development, 2014).

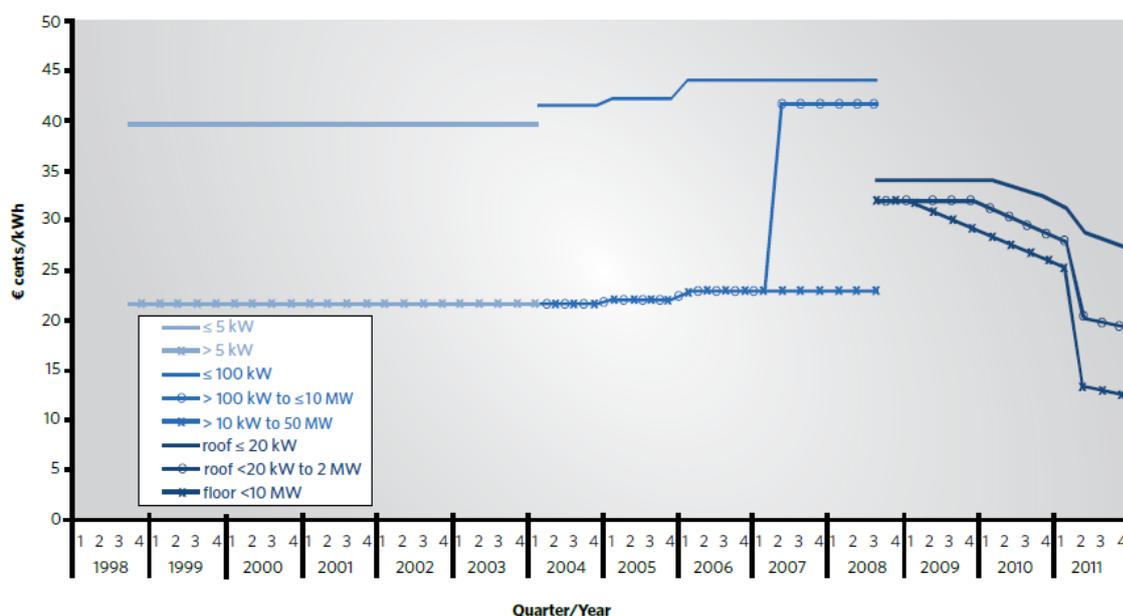


Grafico n8 Feed-in tariffs in Spagna dal 1998 al 2011. Fonte: International Institute for sustainable development., pag 12 Fig n6

Nel 2010 con il Royal Decree 1565/2010 il governo spagnolo decise di rendere la diminuzione delle feed-in tariffs retroattiva. Questo causò una destabilizzazione tra i proprietari degli impianti fotovoltaici. Dopo la regolamentazione del 2010 il settore ricomincia a crescere, anche se non ai livelli del 2008 e l'aumento di 561 MW del 2014 dà comunque fiducia per la ripresa nel prossimo futuro del mercato. Ho deciso di analizzare con maggiore attenzione l'evoluzione del fotovoltaico spagnolo perché credo che rappresenti il perfetto esempio di una politica energetica sbagliata che mira a una forte crescita in un breve periodo (International Institute for sustainable development, 2014).

Un altro stato che come la Francia sta crescendo rapidamente nel fotovoltaico è il Regno Unito. La Gran Bretagna ha installato nel solo 2014 2337MW che risulta il valore più alto mai installato annualmente in questo stato.

Rapportato alla sua popolazione il Belgio ha raggiunto notevoli traguardi per quanto riguarda l'installazione di MW. Commettendo lo stesso errore di Italia e Spagna anche qui le feed-in tariffs concesse si sono rilevate troppo alte, specialmente per l'anno 2011. Il ministro dell'energia Freya van Bessche ammise che nel 2011 le feed-in tariffs erano troppo alte, specialmente per i grandi impianti. Successivamente le feed-in tariffs sono diminuite nel 2012 e nel 2013. Nel 2014 le installazioni sono drasticamente diminuite a 64 MW (Dossier zonnepanelen, 2014).

All'ultimo posto dei grandi installatori di fotovoltaico europeo si trova la Grecia. Il settore fotovoltaico greco ha avuto una crescita importante nel 2012 e 2013 anche se secondo molti investitori la profittabilità per gli investimenti nel fotovoltaico era troppo alta. Nel 2014 il governo ellenico impose il taglio delle feed-in tariffs anche da punto di vista retroattivo. Questo causò un collasso del settore che nel 2014 ha fatto registrare un incremento di soli 14 MW (PV Magazine, 2014).



# Mercato fotovoltaico italiano

## Evoluzione delle feed-in tariffs e altri meccanismi di supporto.

Il primo meccanismo di supporto per il fotovoltaico in Italia è stato il programma 10000 tetti fotovoltaici. Operativo dal 2001, ebbe lo scopo di promuovere gli impianti fotovoltaici da 1 a 20 KW di potenza attraverso la concessione di sussidi uguali al 60/70 % del totale dei costi di acquisto, installazione e progettazione dell'impianto. I sussidi furono erogati dopo aver superato un processo di selezione regionale operato da tecnici esperti del settore i quali basavano la loro analisi sui documenti preliminari di progettazione e altri documenti amministrativi (V Di Dio, S.Favuzza, D.La Cascia, F.Massarò, G.Zizzo, 2014).

Questo meccanismo di supporto per il fotovoltaico fu una sorta di test. Infatti i MW installati con questo programma non sono particolarmente significativi dal punto di vista numerico. Successivamente il meccanismo che lanciò il mercato fotovoltaico italiano furono le feed-in tariffs.

Le feed-in tariffs, per il supporto al fotovoltaico in Italia, erano regolate attraverso un meccanismo incentivante denominato Conto Energia. Il Conto Energia garantiva l'erogazione di un incentivo monetario per venti anni pagato in base ai Kwh prodotti dall'impianto fotovoltaico, mentre la spesa iniziale per l'impianto doveva essere sostenuta dalla persona fisica o giuridica possessore di esso. Dal 2005 al 2013 l'Italia cambiò cinque diversi tipi di Conti Energia con differenti regole e feed-in tariffs. Questo meccanismo di incentivazione, già previsto dal decreto legislativo n 387 del 29 dicembre 2003, è diventato operativo in seguito all'entrata in vigore dei decreti ministeriali del 28 luglio del 2005 e del 6 febbraio 2006. Condizione necessaria per ottenere le feed-in tariffs era la connessione alla rete elettrica dell'impianto. Da questo punto di vista quindi i cosiddetti impianti da "isola" non potevano accedere alle tariffe incentivanti. Inoltre anche per i condomini non era possibile accedere alla tariffe incentivanti. (GSE<sup>5</sup>, 2014)

### Primo Conto Energia

I decreti ministeriali sopra citati hanno attivato il primo Conto Energia in Italia. I due decreti hanno delineato un quadro normativo che ha determinato una gestione complessa e articolata, cessata al raggiungimento dei limiti di potenza incentivata preventivamente fissati per l'anno 2006. Le feed-in tariffs furono divise per tre classi di potenza ed erano le seguenti:

---

<sup>5</sup> Gestore dei Servizi Energetici GSE S.p.A. è una società per azioni italiana, controllata dal Ministero dell'Economia e delle Finanze, che eroga incentivi economici per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e svolge attività di informazione per promuovere la cultura dell'uso dell'energia compatibile e sostenibile con le esigenze dell'ambiente.

Impianto FV	Potenza (KW)	Tariffe incentivanti (€/Kwh)
Classe 1	$1 \leq P \leq 20$	0,445 (scambio sul posto) 0,460 (cessione dell'energia)
Classe 2	$20 \leq P \leq 50$	0,460
Classe 3	$50 \leq P \leq 1000$	0,490 (valore massimo soggetto a gara)

Tabella n8 Feed-in tariffs primo Conto Energia. Fonte: (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici, 2014 tabella 2.1)

Il primo Conto Energia introduce anche l'importante meccanismo di scambio sul posto che permette di recuperare parte del costo della bolletta per l'elettricità utilizzata nelle ore di non funzionamento dell'impianto. Il rimborso sul costo della bolletta dipende dalla quantità di Kwh che sono stati messi in rete dall'impianto fotovoltaico. Per il primo Conto Energia lo scambio sul posto è applicabile solamente per gli impianti non superiori ai 20 KW di potenza e non è cumulabile con le feed-in tariffs (GSE, 2014).

#### Secondo Conto Energia

Con il decreto ministeriale del 23/02/2007 è stato introdotto il secondo Conto Energia che ha cambiato radicalmente il settore fotovoltaico italiano introducendo importanti novità.

- Le procedure burocratiche per accedere al Conto Energia sono notevolmente diminuite
- L'abolizione del limite annuo di potenza incentivabile, sostituito da un limite cumulato della potenza incentivabile pari a 1200 MW
- La differenziazione delle tariffe sulla base dell'integrazione architettonica oltre che della taglia dell'impianto
- L'introduzione di un premio per gli impianti abbinati all'uso efficiente dell'energia
- L'abolizione del limite di 1000 KW, quale potenza massima incentivabile per un singolo impianto
- Le feed-in tariffs e lo scambio sul posto sono ora cumulabili.
- Lo scambio su posto è applicabile per gli impianti fino a 200 KW di potenza

Nella tabella n9 sono riportate le feed-in tariffs del secondo Conto Energia. Esse sono cambiate se confrontate al primo anche se non in maniera così significativa. L'altra cosa che è notevole è la differenziazione delle tariffe in base al tipo di integrazione architettonica dell'impianto. Essa è divisa in: impianti parzialmente integrati, impianti integrati ed impianti non integrati. L'impianto parzialmente integrato si appoggia su una superficie di tetto utilizzando uno scheletro di metallo che va a ricoprire le tegole del tetto. L'impianto completamente integrato,

sostituisce la copertura del tetto diventando esso stesso la copertura. Gli impianti non integrati sono tutti gli impianti non rientranti nelle prime 2 categorie o in altri termini tutti gli impianti collocati a terra (GSE, 2014). L'idea del legislatore era quella di promuovere gli impianti fotovoltaici nelle case di nuova costruzione con tariffe incentivanti più alte per gli impianti totalmente integrati dal punto di vista architettonico. Nella tabella n9 sono riportate le feed-in tariffs del secondo Conto Energia. Poterono usufruire di queste tariffe, per un periodo di 20 anni, tutti gli impianti entrati in funzione dal 13 Aprile 2007 fino al 31 Dicembre 2008. Gli impianti che entrarono in funzione dopo il 2008 subirono una diminuzione delle feed-in tariffs riportate nella tabella n9 del 2% nel 2009 e del 4% nel 2010.

Potenza impianto (KW)	Impianto non integrato(€/KWh)	Impianto parzialmente integrato(€/KWh)	Impianto integrato(€/KWh)
$1 \leq P \leq 3$	0,40	0,44	0,49
$3 \leq P \leq 20$	0,38	0,42	0,46
$P \geq 20$	0,36	0,40	0,44

Tabella n 9 Feed-in tariffs secondo Conto Energia. Fonte: (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici, 2014 tabella 2.2)

### Terzo Conto Energia

Con il decreto ministeriale del 6 agosto 2010, il primo gennaio 2011 diventa operativo il terzo Conto Energia. Le feed-in tariffs e la differenziazione degli impianti cambia ancora ed è divisa come segue (GSE, 2014):

- Impianti solari fotovoltaici (con tariffe differenziate tra impianti “su edifici” e altri impianti)
- Impianti fotovoltaici integrati con caratteristiche innovative
- Impianti a concentrazione

Come il secondo Conto Energia anche nel terzo sono stati stabiliti dei limiti per la potenza massima cumulata incentivabile. I limiti sono i seguenti (GSE, 2014):

- 3000 MW per gli impianti fotovoltaici
- 300 MW per gli impianti fotovoltaici integrati con caratteristiche innovative
- 200 MW per gli impianti a concentrazione

La tabella n10 riporta le feed-in tariffs relative al terzo Conto Energia, nella tabella n11 sono riportate le feed-in tariffs per gli impianti con caratteristiche innovative, mentre nella tabella n12 sono riportate le feed-in tariffs per gli impianti a concentrazione

KW	A) (€/Kwh) Impianti entrati in esercizio in data successiva al 31 dicembre 2010 ed entro il 30 aprile 2011		B) (€/Kwh) Impianti entrati in esercizio in data successiva al 30 aprile 2011 ed entro il 31 agosto 2011		C) (€/Kwh) Impianti entrati in esercizio in data successiva al 31 agosto 2011 ed entro il 31 dicembre 2011	
	Impianti su edifici	Altri impianti	Impianti su edifici	Altri impianti	Impianti su edifici	Altri impianti
$1 \leq P \leq 3$	0,402	0,362	0,391	0,347	0,380	0,333
$3 \leq P \leq 20$	0,377	0,339	0,360	0,322	0,342	0,304
$20 \leq P \leq 200$	0,358	0,321	0,341	0,309	0,323	0,285
$200 \leq P \leq 1000$	0,355	0,314	0,335	0,303	0,314	0,266
$1000 \leq P \leq 5000$	0,351	0,313	0,327	0,289	0,302	0,264
$P > 5000$	0,333	0,297	0,311	0,275	0,287	0,251

Tabella n10 Feed-in tariffs terzo Conto Energia. Fonte: (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici 2013 tabella 2.4)

KW	€/Kwh
$1 \leq P \leq 20$	0,44
$20 \leq P \leq 200$	0,40
$200 \leq P \leq 5000$	0,37

Tabella n 11 feed- tariffs per impianti fotovoltaici con caratteristiche innovative: (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici 2013 tabella 2.5)

KW	€/Kwh
$1 \leq P \leq 20$	0,37
$20 \leq P \leq 200$	0,32
$200 \leq P \leq 5000$	0,28

Tabella n 12 feed-in tariffs per impianti fotovoltaici a concentrazione (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici 2013 tabella 2.6).

## Quarto Conto Energia

Il decreto ministeriale del 5 maggio 2011 ha introdotto il quarto Conto Energia che è diventato operativo il 31 maggio del 2011. Esso ha cambiato ancora le feed-in tariffs e la divisione delle tipologie degli impianti incentivabili. Che sono state differenziate nel seguente modo:

- Impianti solari fotovoltaici, suddivisi in “piccoli impianti<sup>6</sup>” e “grandi impianti”, con tariffe differenziate tra impianti “su edifici” e “altro impianto”
- Impianti fotovoltaici con caratteristiche innovative
- Impianti a concentrazione

<sup>6</sup> Sono considerati piccoli impianti quelli realizzati su edifici che hanno una potenza non superiore a 1000 KW, gli altri impianti fotovoltaici con potenza superiore a 200KW operanti in regime di scambio sul posto.

Le feed-in tariffs, per il quarto Conto Energia, sono suddivise per mese nel 2011, per quanto riguarda gli impianti solari fotovoltaici (tabella n14). Sono valide dal 01/06/2011 fino al 31/12/2011 le feed-in tariffs riportate in tabella n15 per gli impianti fotovoltaici integrati con caratteristiche innovative. Stesso discorso vale per la tabella n 16 per gli impianti fotovoltaici a concentrazione.

KW	Giugno 2011		Luglio 2011		Agosto 2011	
	Impianti su edifici €/Kwh	Altri impianti €/Kwh	Impianti su edifici €/Kwh	Altri impianti €/Kwh	Impianti su edifici €/Kwh	Altri impianti €/Kwh
$1 \leq P \leq 3$	0,387	0,334	0,379	0,337	0,368	0,327
$3 \leq P \leq 20$	0,356	0,319	0,349	0,312	0,339	0,303
$20 \leq P \leq 200$	0,338	0,306	0,331	0,300	0,321	0,291
$200 \leq P \leq 1000$	0,325	0,291	0,315	0,276	0,303	0,263
$1000 \leq P \leq 5000$	0,314	0,277	0,298	0,264	0,280	0,250
$P > 5000$	0,299	0,264	0,284	0,251	0,269	0,238

Tabella n14 Feed-in tariffs quarto Conto Energia 2011 per impianti solari fotovoltaici Fonte (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici, 2011 tabella 2.10).

Settembre 2011		Ottobre 2011		Novembre 2011		Dicembre 2011	
Impianti su edifici €/Kwh	Altri impianti €/Kwh	Impianti su edifici €/Kwh	Altri impianti €/Kwh	Impianti su edifici €/Kwh	Altri impianti €/Kwh	Impianti su edifici €/Kwh	Altri impianti €/Kwh
0,361	0,316	0,345	0,302	0,320	0,281	0,298	0,261
0,325	0,298	0,310	0,276	0,288	0,256	0,268	0,238
0,307	0,271	0,293	0,258	0,272	0,240	0,253	0,224
0,298	0,245	0,285	0,233	0,265	0,210	0,246	0,189
0,278	0,243	0,256	0,223	0,233	0,201	0,212	0,181
0,264	0,231	0,243	0,212	0,221	0,191	0,199	0,172

Tabella n14 Feed-in tariffs quarto Conto Energia 2011 per impianti solari fotovoltaici Fonte (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici, 2011 tabella 2.11).

KW	€/KWh
$1 \leq P \leq 20$	0,427
$20 \leq P \leq 200$	0,388
$200 \leq P \leq 5000$	0,359

Tabella n 15 Feed-in tariffs per impianti fotovoltaici con caratteristiche innovative quarto Conto Energia 2011 Fonte (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici, 2011 tabella 2.12).

KW	€/KWh
$1 \leq P \leq 20$	0,359
$20 \leq P \leq 200$	0,310
$200 \leq P \leq 5000$	0,272

Tabella n 16 Feed-in tariffs per impianti fotovoltaici a concentrazione quarto Conto Energia 2011 Fonte (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici, 2011 tabella 2.13).

I “grandi impianti” che sono entrati in esercizio entro il 31 agosto 2011 hanno avuto accesso diretto alle tariffe incentivanti. Dopo questa data però, per accedere alle tariffe incentivanti, hanno avuto l’obbligo di risultare iscritti in posizione utile a uno dei registri predisposti con bandi periodici da GSE e certificare la fine lavori dell’impianto.

KW	1° Semestre 2012		2 ° Semestre 2012	
	Impianti su edifici €/Kwh	Altri impianti €/Kwh	Impianti su edifici €/Kwh	Altri impianti €/Kwh
$1 \leq P \leq 3$	0,274	0,240	0,252	0,221
$3 \leq P \leq 20$	0,247	0,219	0,227	0,202
$20 \leq P \leq 200$	0,233	0,206	0,214	0,189
$200 \leq P \leq 1000$	0,224	0,172	0,202	0,155
$1000 \leq P \leq 5000$	0,182	0,156	0,164	0,140
$P > 5000$	0,171	0,148	0,154	0,133

Tabella n 17 Feed-in tariffs quarto Conto Energia per impianti solari fotovoltaici 2012 Fonte (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici, 2012 tabella 2.8).

KW	€/KWh
$1 \leq P \leq 20$	0,427
$20 \leq P \leq 200$	0,388
$200 \leq P \leq 5000$	0,359

Tabella n 18 Feed-in tariffs per impianti fotovoltaici con caratteristiche innovative quarto Conto Energia 2012 Fonte (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici, 2012 tabella 2.9).

KW	€/KWh
$1 \leq P \leq 20$	0,359
$20 \leq P \leq 200$	0,310
$200 \leq P \leq 5000$	0,272

Tabella n 19 Feed-in tariffs per impianti fotovoltaici a concentrazione quarto Conto Energia 2012 Fonte (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici, 2012 tabella 2.10).

## Quinto Conto Energia

Con il decreto ministeriale del 5 luglio 2012 è stato introdotto il quinto ed ultimo Conto Energia. Ne poterono usufruire tutti gli impianti entrati in funzione dal 27 agosto 2012. La suddivisione per categorie rimane la stessa del quarto Conto Energia, ma cambia il metodo di conteggio dei Kwh tramite le feed-in tariffs. Che vengono divise in due categorie. La prima è legata all'energia fotovoltaica prodotta e messa nella rete elettrica (tariffa omnicomprensiva), la seconda è invece riferita all'energia auto consumata dall'utente (tariffa premio sull'energia consumata). Inoltre anche in questo Conto Energia la limitazione per l'installazione dei "grandi impianti" è ulteriormente estesa.

*"Hanno avuto accesso diretto alle tariffe del quinto Conto Energia gli impianti fotovoltaici:*

*a) di potenza fino a 50 KW realizzati su edifici con moduli installati in sostituzione di coperture su cui è operata la completa rimozione dell'eternit o dell'amianto;*

*b) di potenza non superiore a 12 KW, ivi inclusi gli impianti realizzati a seguito di rifacimento, nonché i potenziamenti che comportano un incremento della potenza dell'impianto non superiore a 12 KW;*

*c) integrati con caratteristiche innovative fino al raggiungimento di un costo indicativo cumulato degli incentivi degli incentivi di 50 ML€;*

*d) a concentrazione fino al raggiungimento di un costo indicativo cumulato degli incentivi di 50 ML€;*

*e) realizzati da Amministrazioni pubbliche mediante svolgimento di procedure di pubblica evidenza, fino al raggiungimento di un costo indicativo cumulato degli incentivi di 50 ML€;*

*f) di potenza superiore a 12 kW e non superiore a 20 kW, ivi inclusi gli impianti realizzati a seguito di rifacimento, nonché i potenziamenti che comportano un incremento della potenza dell'impianto non superiore a 20 kW, che richiedono una tariffa ridotta del 20% rispetto a quella spettante ai pari impianti iscritti al registro.*

*Tutti gli impianti che non sono rientrati nelle succitate casistiche, per accedere alle tariffe incentivanti, hanno dovuto necessariamente risultare iscritti in posizione utile a uno dei registri, predisposti con bandi periodici dal GSE" (Incentivazione degli impianti fotovoltaici. Relazione attività 2013, GSE, 2014, pag 13).*

Il quinto Conto Energia non ha previsto un obiettivo indicato di potenza installata e ha cessato di applicarsi il 6 luglio 2013, ovvero trenta giorni dopo il raggiungimento del costo

indicativo cumulato annuo degli incentivi di 6,7 miliardi di euro. Le feed-in tariffs relative al quinto Conto Energia sono le seguenti:

KW	Impianti su edifici		Altri impianti	
	Tariffa omnicomprensiva (€/Kwh)	Tariffa premio sull'energia consumata (€/Kwh)	Tariffa omnicomprensiva (€/Kwh)	Tariffa premio sull'energia consumata (€/Kwh)
1 ≤ P ≤ 3	0,208	0,126	0,201	0,119
3 ≤ P ≤ 20	0,196	0,114	0,189	0,107
20 ≤ P ≤ 200	0,175	0,093	0,168	0,086
200 ≤ P ≤ 1000	0,142	0,060	0,135	0,053
1000 ≤ P ≤ 5000	0,126	0,044	0,120	0,038
P > 5000	0,119	0,037	0,113	0,031

Tabella n20 feed-in tariffs quinto Conto Energia per impianti solari fotovoltaici 2012. Fonte: (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici, 2012, tabella 2.11)

KW	Tariffa omnicomprensiva (€/Kwh)	Tariffa premio sull'energia consumata (€/Kwh)
1 ≤ P ≤ 3	0,288	0,186
3 ≤ P ≤ 20	0,276	0,174
P > 200	0,255	0,153

Tabella n 21 feed-in tariffs quinto Conto Energia per impianti fotovoltaici con caratteristiche innovative 2012. Fonte: (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici 2012, tabella 2.12 ).

KW	Tariffa omnicomprensiva (€/Kwh)	Tariffa premio sull'energia consumata (€/Kwh)
1 ≤ P ≤ 3	0,259	0,157
3 ≤ P ≤ 20	0,238	0,136
P > 200	0,205	0,103

Tabella n 22 feed-in tariffs quinto Conto Energia per impianti fotovoltaici a concentrazione 2012. Fonte: (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici 2012, tabella 2.13).

KW	Impianti su edifici		Altri impianti	
	Tariffa omnicomprensiva (€/Kwh)	Tariffa premio sull'energia consumata (€/Kwh)	Tariffa omnicomprensiva (€/Kwh)	Tariffa premio sull'energia consumata (€/Kwh)
1 ≤ P ≤ 3	0,182	0,100	0,176	0,094
3 ≤ P ≤ 20	0,171	0,089	0,165	0,083
20 ≤ P ≤ 200	0,157	0,075	0,151	0,069
200 ≤ P ≤ 1000	0,130	0,048	0,124	0,042
1000 ≤ P ≤ 5000	0,118	0,036	0,113	0,031
P > 5000	0,112	0,030	0,106	0,024

Tabella n23 feed-in tariffs quinto Conto Energia per impianti solari fotovoltaici 2013. Fonte: (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici, 2013, tabella 2.11)

KW	Tariffa omnicomprensiva (€/Kwh)	Tariffa premio sull'energia consumata (€/Kwh)
1 ≤ P ≤ 3	0,242	0,160
3 ≤ P ≤ 20	0,231	0,149
P > 200	0,217	0,135

Tabella n 24 feed-in tariffs quinto Conto Energia per impianti fotovoltaici con caratteristiche innovative 2013. Fonte: (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici, 2013 tabella 2.12).

KW	Tariffa omnicomprensiva (€/Kwh)	Tariffa premio sull'energia consumata (€/Kwh)
1 ≤ P ≤ 3	0,215	0,133
3 ≤ P ≤ 20	0,201	0,119
P > 200	0,174	0,092

Tabella n 25 feed-in tariffs quinto Conto Energia per impianti fotovoltaici a concentrazione 2013. Fonte: (GSE Incentivazione degli impianti fotovoltaici 2014, tabella 2.13).

I Conti Energia, come ho mostrato in questo paragrafo, hanno cambiato spesso modi e tariffe di incentivazione, creando molte volte confusione nel settore fotovoltaico italiano. Il disordine dell'entrata in vigore delle politiche incentivanti ha causato lo sfruttamento in particolare di due Conti Energia il secondo e il quarto che hanno contribuito al 78,6% del totale dei MW di potenza installati in Italia. Il totale dei MW installati per ciascun Conto Energia sono riportati nel grafico n9.

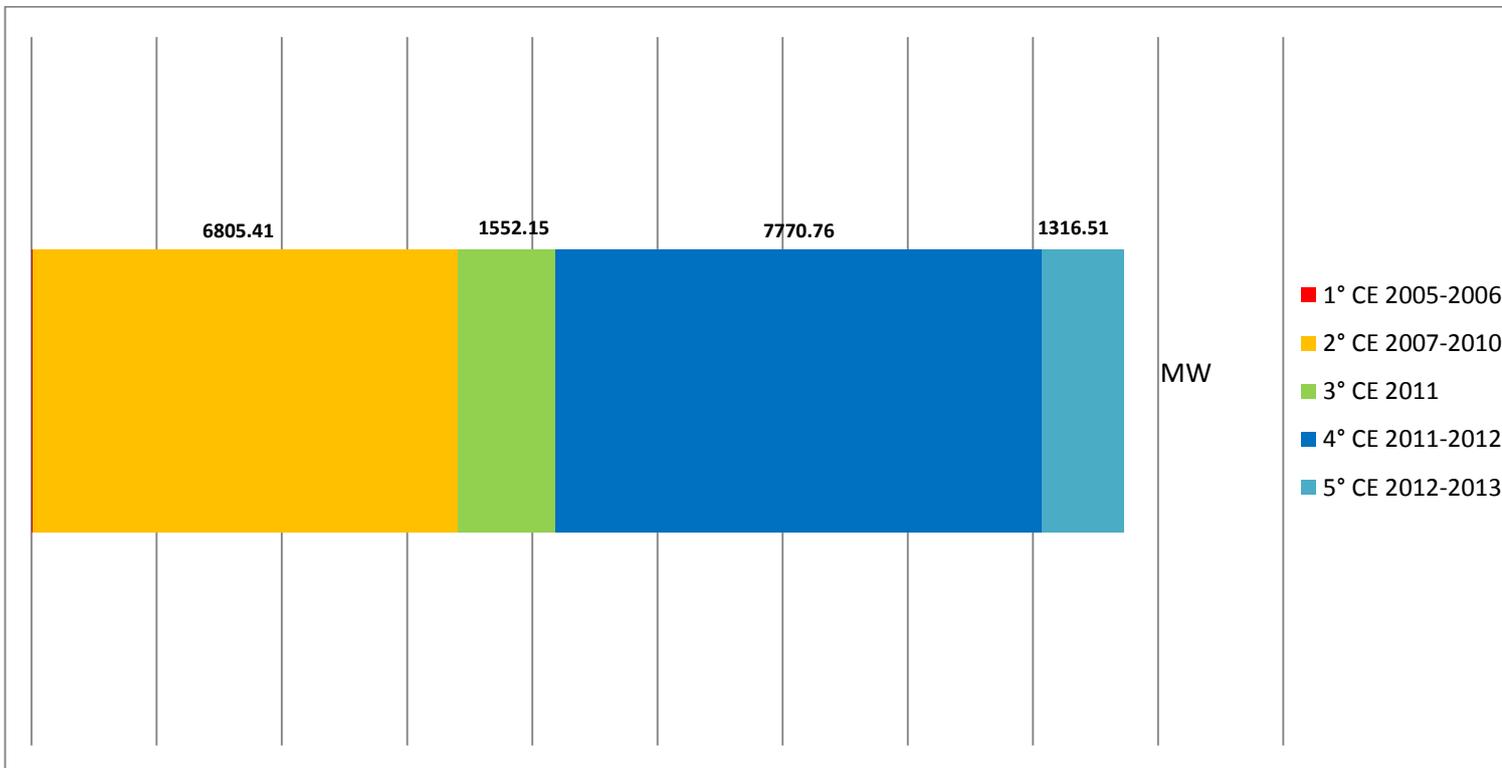


Grafico n 9 MW installati durante ciascun Conto Energia. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: Atlasole GSE

Il 24 giugno 2014 il governo italiano ha emanato il decreto legislativo numero 91 che ha lo scopo di “spalmare” gli incentivi per il fotovoltaico. Come la Grecia e la Spagna, quindi anche l’Italia ha deciso di diminuire gli incentivi anche con effetto retroattivo. Dal primo gennaio 2015 per gli impianti con potenza superiore a 200 KW, gli incentivi verranno ricalibrati per un periodo di 24 anni invece che 20. Per esempio un impianto fotovoltaico di sei anni riceverà incentivi per i prossimi 18 anni invece che i 14 anni teoricamente rimanenti (V Di Dio, S.Favuzza, D.La Cascia, F.Massaro, G.Zizzo, 2014).

Oggi chi vuole installare un impianto fotovoltaico in Italia può beneficiare della deduzione fiscale sull’IRPEF (Imposta sul reddito persone fisiche). In altri termini possono usufruire di questa deduzione le persone fisiche o le ditte individuali. La deduzione fiscale è uguale al 50% del costo dell’impianto, sia per il 2014 sia per il 2015, ed ha un limite massimo di 96000€. Essa si divide in dieci anni nei quali viene dedotto sempre lo stesso importo. Per esempio un impianto fotovoltaico con un costo di 20000€, dedurrà 10000€ in 10 anni con una rata di 1000€ ogni anno) (V Di Dio, S.Favuzza, D.La Cascia, F.Massaro, G.Zizzo, 2014).

## Evoluzione della profittabilità nell'investimento sugli impianti fotovoltaici italiani

Per capire la profittabilità nell'investimento dei diversi impianti fotovoltaici in Italia ho deciso di fare alcune simulazioni di investimento per 5 differenti categorie di impianti. Le categorie suddivise per potenza degli impianti presi in considerazione sono le seguenti:

- 3 KW considerato come un impianto fotovoltaico standard su tetto per una famiglia di 4 persone
- 10 KW considerato come un impianto fotovoltaico su tetto per una casa grande e una famiglia di 8 persone
- 100 KW considerato come un impianto fotovoltaico su tetto di una fabbrica
- 500 KW considerato come un impianto a terra che ha il solo scopo di produrre e vendere energia
- 2000 KW considerato come un impianto a terra che ha il solo scopo di produrre e vendere energia

Per paragonare la convenienza di un investimento per un impianto fotovoltaico con altri tipi di investimento i metodi convenzionali sono: net present value (valore attuale netto) e l'interest rate of return (il tasso interno di rendimento). (Valeria Concetta Cocina, 2014)

Per lo scopo di questa parte della tesi, nell'analisi della profittabilità verrà considerato solamente il TIR.

*“Il TIR è un indicatore dell'efficienza finanziaria e rappresenta la redditività di un investimento. Il TIR è un tasso composto annuale del rendimento reale dell'investimento. In generale un investimento dovrebbe essere perseguito quando il TIR è superiore al Minimum Attractive Rate of Return (Tasso attraente minimo per il ritorno di investimento), che solitamente coincide con il normale TIR di un investitore o di una società. Matematicamente il TIR è definito come il tasso di interesse che rende il valore attuale uguale a zero. In riferimento a questi criteri un investimento è conveniente quando il TIR è migliore di un altro tasso di riferimento. Il più comune tasso di riferimento è il Weighted Average Cost of Capital (costo medio ponderato del capitale). Esso è calcolato considerando parametri oggettivi quali il tasso di rendimento privo di rischio (titoli di stato a lungo termine, come i “bunds” tedeschi) o il premio di mercato tra il rendimento di un portafoglio di titoli azionari e il tasso di rendimento senza rischio.”* (Valeria Concetta Cocina., pag 25).

$$\sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} = 0$$

IRR formula

Le simulazioni di investimento partono dal 2008 e arrivano fino al 2013, nel 2011 e 2012 sono stati calcolati due diversi TIR in riferimento al cambio del Conto Energia durante l'anno.

I parametri che influenzano il TIR sono i seguenti:

- I costo iniziale dell'impianto fotovoltaico è ricavato dal grafico n10 sviluppato da GSE.

$C_p = \text{Costo iniziale dell'investimento}$

## Cost data analysis and results: PV



### Evolution of PV costs: investment (€/W)

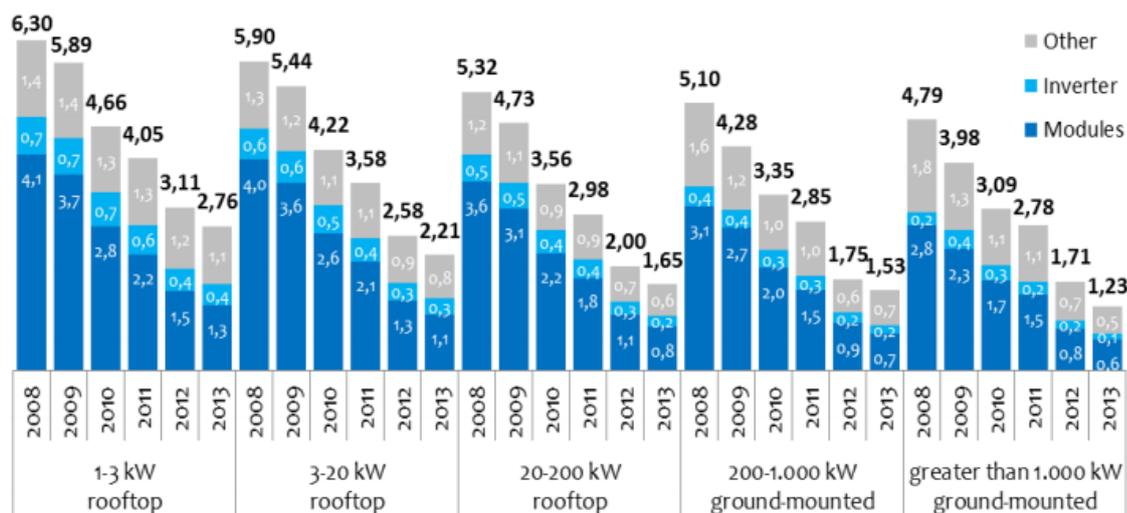


Grafico n10, evoluzione del costo degli impianti fotovoltaici in Italia. Fonte: Studi GSE 2014

- I kwh prodotti dall'impianto sono stati calcolati con il programma online "Photovoltaic Geographical information System" sviluppato dalla Joint Research Center. Per le categorie di impianti che vanno da 3 fino a 100 KW è stata ipotizzata la locazione di essi nella zona di Milano, per le categorie che invece vanno da 500 a 2000 KW è stata ipotizzata invece la zona di Bari. Tali locazioni sono state decise in riferimento alla distribuzione di potenza nazionale degli impianti.

$EP_M = \text{Kwh annualmente prodotti dagli impianti in zona Milano}$

$EP_B = \text{Kwh annualmente prodotti dagli impianti in zona Bari}$

- Per gli impianti che vanno da 3 a 100 KW è differenziata l'elettricità immessa in rete e quella auto consumata. Per gli impianti che vanno da 500 a 2000 KW questa differenziazione non è necessaria in quanto tutta l'energia prodotta è messa direttamente in rete.

$E_n = \text{Energia messa nella rete elettrica}$

$E_s = \text{Energia autoconsumata}$

- Le feed-in tariffs sono calcolate in riferimento alla potenza dell'impianto e alla sua data di collegamento alla rete. Dal 2008 al 2010 sono state considerate le feed-in tariffs del secondo Conto Energia per tutti gli impianti. Successivamente nel 2011 e 2012 ogni anno è diviso in due semestri a causa del cambiamento del Conto Energia durante l'anno. Per la prima parte del 2011 si considerano le feed-in tariffs del terzo Conto Energia, mentre per la seconda parte dello stesso anno si considerano le feed-in tariffs del quarto Conto Energia. Per la prima parte del 2012 si considerano le tariffe del quarto Conto Energia mentre per la seconda parte dello stesso anno vengono considerate le tariffe del quinto Conto Energia. Per il 2013 infine vengono considerate le feed-in tariffs del quinto Conto Energia. Per esso le feed-in tariffs sono divise in tariffa onnicomprensiva per l'energia messa nella rete elettrica dall'impianto e tariffa sull'autoconsumo per l'energia auto consumata.

$F_p = \text{Tariffa sui Kwh prodotti}$

$F_n = \text{Tariffa onnicomprensiva}$

$F_s = \text{Tariffa sull'energia autoconsumata}$

- Per gli impianti che vanno da 3 a 100 KW è considerato anche il calcolo dello scambio sul posto, che secondo GSE risulta pari al 60/70 % del costo della bolletta elettrica (Studi GSE, 2014). A partire dal secondo semestre del 2012 tale contributo non è considerato in quanto non cumulabile con le feed.in tariffs del quinto Conto Energia (GSE, 2012).

$N = \text{Contributo Scambio sul Posto}$

- Per gli impianti che vanno da 500 a 2000 KW è considerato inoltre il prezzo di vendita dell'energia che è stato calcolato, facendo una media aritmetica dei prezzi minimi garantiti per la vendita dell'energia fotovoltaica dal 2008 al 2013 (Sito GSE). Il prezzo di vendita dell'energia è differenziato per l'impianto da 500 KW e l'impianto da 2000 KW. A partire dal secondo semestre 2012 tale contributo non è considerato in quanto non cumulabile con le feed-in tariffs (Sito GSE).

$P_{ss} = \text{Prezzo vendita energia impianto 500 KW}$

$P_{sb} = \text{Prezzo vendita energia impianto 2000 KW}$

- Per il calcolo del risparmio in bolletta dopo l'attivazione dell'impianto fotovoltaico è stato ipotizzato un 30% di energia auto consumata (Studi GSE, 2014) per gli impianti domestici. Per il calcolo del risparmio monetario in base ai Kwh prodotti dall'impianto è stata fatta una media dei prezzi dell'elettricità domestica e industriale presenti su EuroStat.

$P_d = \text{Prezzo elettricità domestica}$

$P_i = \text{Prezzo elettricità industriale}$

- Per ciascun impianto fotovoltaico sono stati ipotizzati costi di manutenzione e riparazione in base alla potenza dell'impianto. I costi sono stati ipotizzati considerando un cambio annuale dell'inverter dopo 10 anni (Studi GSE, 2014).

$C_{o\&m} = \text{Costi di manutenzione e riparazione}$

- In queste simulazioni di investimento non sono stati considerati i costi burocratici relativi a GSE ed ENEL. Altra importante assunzione per il calcolo del TIR è il possesso iniziale del fabbricato o terreno dove verrà collocato l'impianto.

La tabella n 26 riepiloga le variabili utilizzate.

$C_p$	<i>Costo iniziale dell'investimento</i>
$EP_M$	<i>Kwh annualmente prodotti dagli impianti in zona Milano</i>
$EP_B$	<i>Kwh annualmente prodotti dagli impianti in zona Bari</i>
$E_n$	<i>Energia messa nella rete elettrica</i>
$E_s$	<i>Energia autoconsumata</i>
$F_p$	<i>Tariffa sui Kwh prodotti</i>
$F_n$	<i>Tariffa onnicomprensiva</i>
$F_s$	<i>Tariffa sull'energia autoconsumata</i>
$N$	<i>Contributo Scambio sul Posto</i>
$P_{Ss}$	<i>Prezzo vendita energia impianto 500 KW</i>
$P_{Sb}$	<i>Prezzo vendita energia impianto 2000 KW</i>
$P_d$	<i>Prezzo elettricità domestica</i>
$P_i$	<i>Prezzo elettricità industriale</i>
$C_{o\&m}$	<i>Costi di manutenzione e riparazione</i>

Tabella n 26 riepilogo variabili per il calcolo del TIR

### 3 KW

Per un investimento iniziale in un impianto da 3 KW è necessario pagare un costo iniziale di  $C_p$  ricavabile dal grafico n9. Questa variabile costituisce il primo flusso di cassa negativo utilizzato per il calcolo del TIR successivamente avremo 20 flussi di cassa positivi, che dal 2008 al primo semestre 2012 saranno suddivisi nel seguente modo.

$$CF_t = EP_M \cdot F_p + N + E_s \cdot P_d - C_{o\&m}$$

Dal secondo semestre 2012 fino a luglio 2013 (quinto Conto Energia) i 20 flussi di cassa positivi saranno formati nella seguente maniera

$$CF_t = E_n \cdot F_n + E_s \cdot F_s + E_s \cdot P_d - C_{o\&m}$$

I diversi TIR per l'impianto da 3KW sono riportati nel grafico n11.

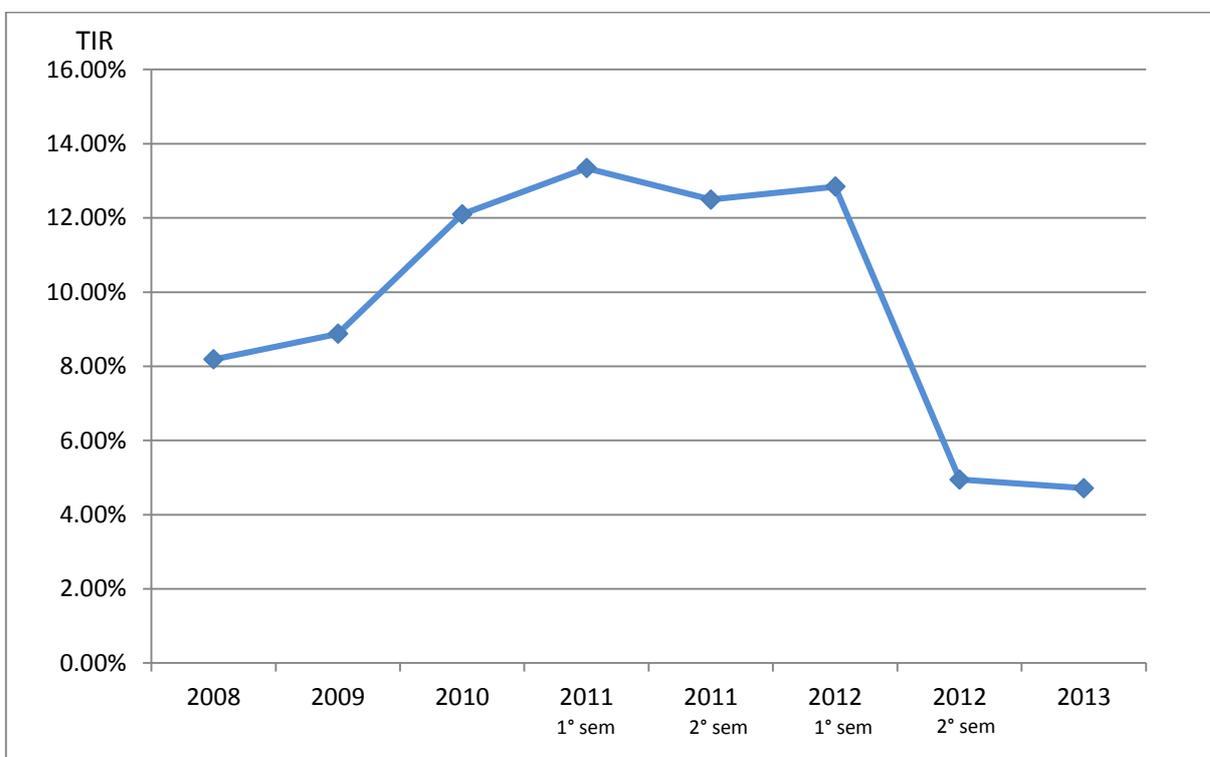


Grafico n 11 TIR per impianto fotovoltaico da 3 KW. Grafico di mia elaborazione, Fonte dati: riportata nelle pag 41, 42 e 43

Come il grafico n 11 mostra il TIR per un impianto fotovoltaico da 3 KW è abbastanza buono con una rendimento che cresce da 8,19% nel 2008 a 12,12% nel 2012. Queste percentuali sono state calcolate utilizzando le feed-in tariffs relative al secondo Conto Energia che inspiegabilmente sono rimaste praticamente fisse dal 2007 al 2010 senza tener conto della discesa nel costo degli impianti.

Successivamente nel 2011 con l'introduzione del terzo Conto Energia, le feed-in tariffs sono state finalmente abbassate. La continua diminuzione del costo degli impianti dovuto allo sfruttamento delle economie di scala cinesi nella produzione di celle fotovoltaiche però ha comportato un incremento nella profittabilità dell'investimento. Con un TIR del 13,34% nel primo semestre del 2011 (terzo Conto Energia) l'investimento risultava più che appetibile. Per il calcolo del TIR nel secondo semestre del 2011 vengono usate le feed-in tariffs del quarto Conto Energia entrato in vigore a giugno dello stesso anno. Nonostante il cambio di Conto Energia il TIR si mantiene su valori molto alti per tutto il 2011 e per il primo semestre del 2012. Il TIR subisce una discesa improvvisa con l'introduzione del quinto Conto Energia nel agosto del 2012, discesa che continua nel 2013 dove il TIR arriva ad una percentuale del 4,95%.

## 10 KW

L'impianto da 10 KW è considerato come l'impianto necessario per una casa di grandi dimensioni, le equazioni per il calcolo dei flussi di cassa sono le stesse dell'impianto da 3 KW vanno solamente aggiornate alla dimensione dell'impianto.

I TIR per un impianto da 10 KW sono riportati nel grafico n12

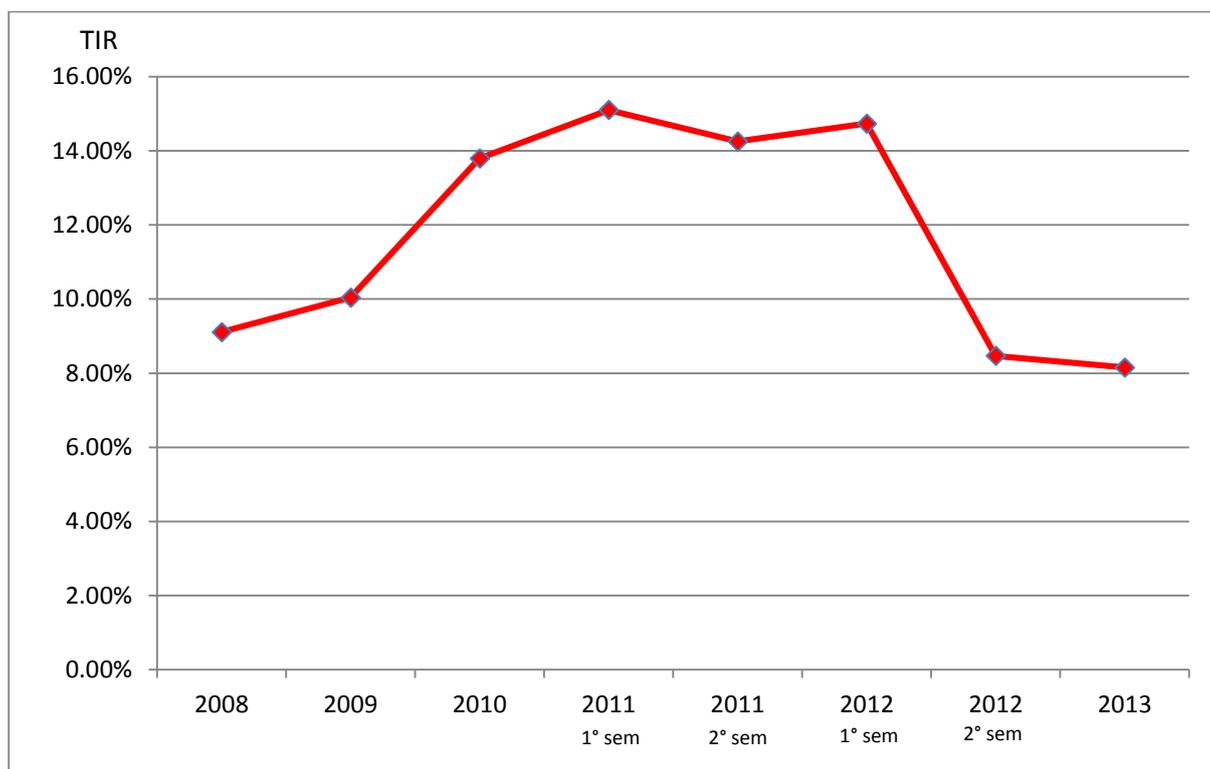


Grafico n 12 TIR per impianto fotovoltaico da 10 KW. Grafico di mia elaborazione .Fonte dati: riportata nelle pag 41, 42 e 43

Il trend per i TIR dell'impianto fotovoltaico da 10KW è lo stesso di quello da 3KW con la sola differenza che la curva è traslata ad un livello più alto di rendimento, specialmente per il secondo semestre del 2012 e il 2013 (quinto Conto Energia).

100 KW

L'impianto da 100 KW è considerato come l'impianto necessario al funzionamento di una fabbrica di medio/piccole dimensioni. La differenza rispetto alle metodologie di calcolo rispetto agli impianti da 3 e 10 KW sta nel calcolo del prezzo di risparmio in bolletta dell'elettricità, in questo caso viene usato il prezzo industriale  $P_i$ . Dopo un primo flusso di cassa negativo  $C_p$  avremo 20 flussi positivi formati nel seguente modo (dal 2008 fino al primo semestre del 2012):

$$CF_t = EP_M \cdot F_p + E_s \cdot P_i + N - C_{o\&m}$$

Dal secondo semestre 2012 fino al 2013 (quinto Conto Energia) i 20 flussi di cassa positivi sono formati nel seguente modo:

$$CF_t = E_n \cdot F_n + E_s \cdot F_s + E_s \cdot P_i - C_{o\&m}$$

I TIR calcolati per l'impianto da 100 KW sono riportati nel grafico n13.

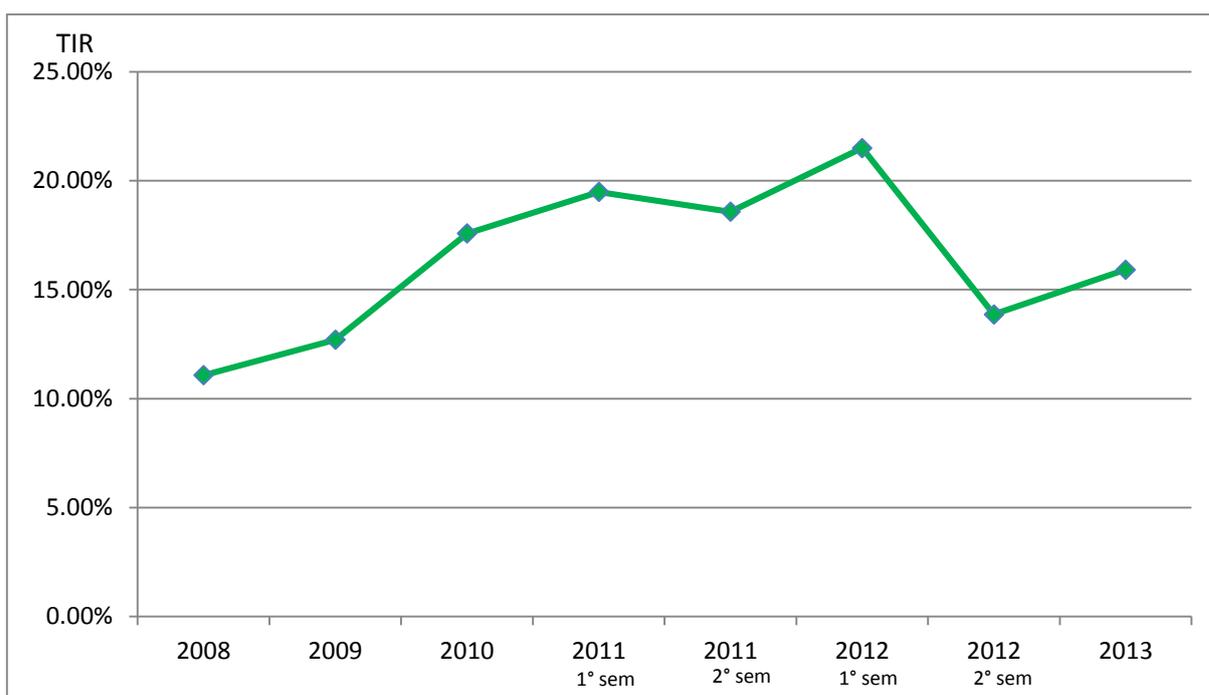


Grafico n13 TIR per impianto fotovoltaico da 100 KW. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: riportata nelle pag 41, 42 e 43

Il TIR ottenuti per questo tipo di impianto risultano notevolmente superiori rispetto ad un impianto domestico. Il TIR addirittura raggiunge la straordinaria percentuale di 21,49% nel primo semestre del 2012.

## 500 KW

Questo tipo di investimento è considerato come un impianto a terra destinato solamente alla produzione di energia fotovoltaica con lo scopo finale di vendita. Dopo il pagamento di un costo iniziale di  $C_p$  avremo 20 flussi di cassa positivi. Nell'equazione sottostante cambia la zona di produzione dell'energia che in questo caso è Bari  $EP_B$  mentre l'energia venduta messa in rete è pagata con il prezzo  $P_{SS}$ . Dal 2008 fino al primo semestre del 2012 i 20 flussi di cassa positivi sono stati calcolati come nell'equazione sottostante.

$$CF_t = EP_B \cdot F_p + EP_B \cdot P_{SS} - C_{o\&m}$$

Dal secondo semestre 2012 fino al 2013 (quinto Conto Energia), i flussi di cassa positivi sono stati calcolati nel seguente modo:

$$CF_t = EP_B \cdot F_n - C_{o\&m}$$

I TIR calcolati per l'impianto da 500 KW sono riportati nel grafico n14.

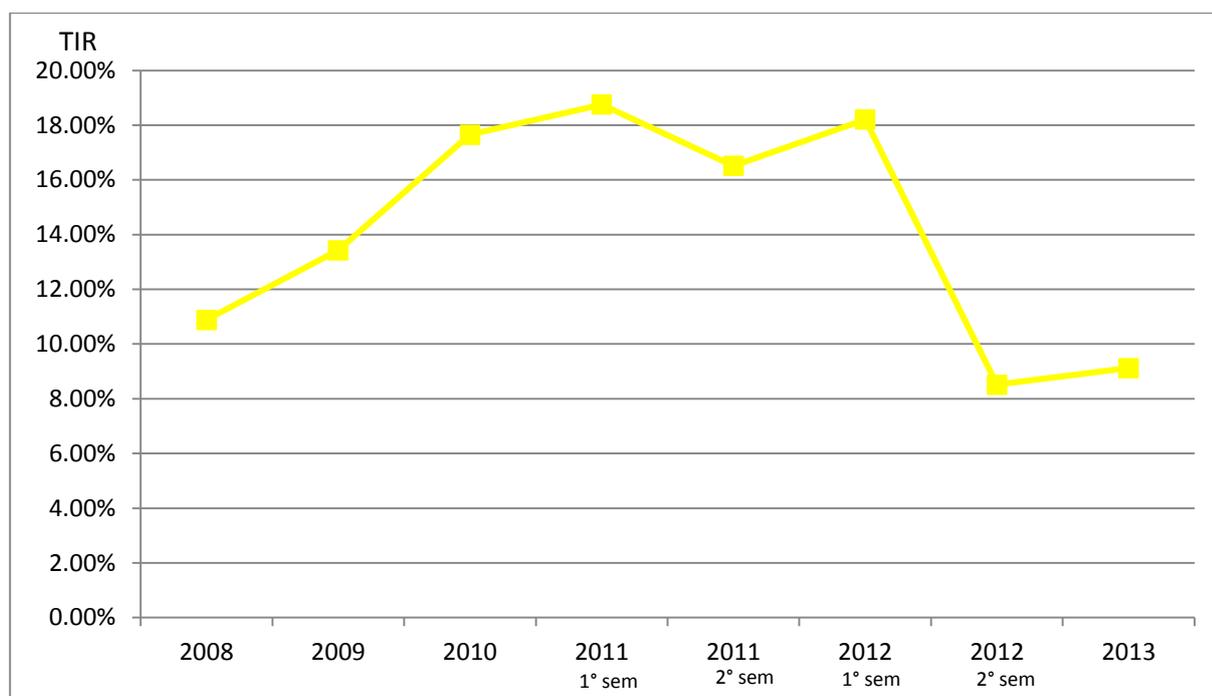


Grafico n 14 TIR per impianto fotovoltaico da 500 KW. Grafico di mia elaborazione, Fonte dati: riportata nelle pag 41, 42 e 43

Anche per questo impianto il TIR risulta particolarmente elevato con una percentuale che rimane costantemente alta dal 2010 fino al primo semestre del 2012.

## 2000 KW

Questo tipo di investimento è considerato come un grande impianto collocato a terra con il solo scopo di produrre energia fotovoltaica destinata alla vendita. Le condizioni per il calcolo dei 20 flussi di cassa positivi, sono uguali a quelle per l'impianto da 500KW, in questo caso il prezzo di

vendita dell'energia cambia secondo i valori forniti da GSE. L'equazione di riferimento per il calcolo dei 20 flussi di cassa positivi che vanno dal 2008 al primo semestre del 2012 è la seguente.

$$CF_t = EP_B \cdot F_p + EP_B \cdot P_{Sb} - C_{o\&m}$$

Dal secondo semestre 2012 fino al 2013 (quinto Conto Energia) i flussi di cassa sono stati calcolati nella seguente maniera:

$$CF_t = EP_B \cdot F_n - C_{o\&m}$$

I TIR calcolati per l'impianto da 2000 KW sono riportati nel grafico n15

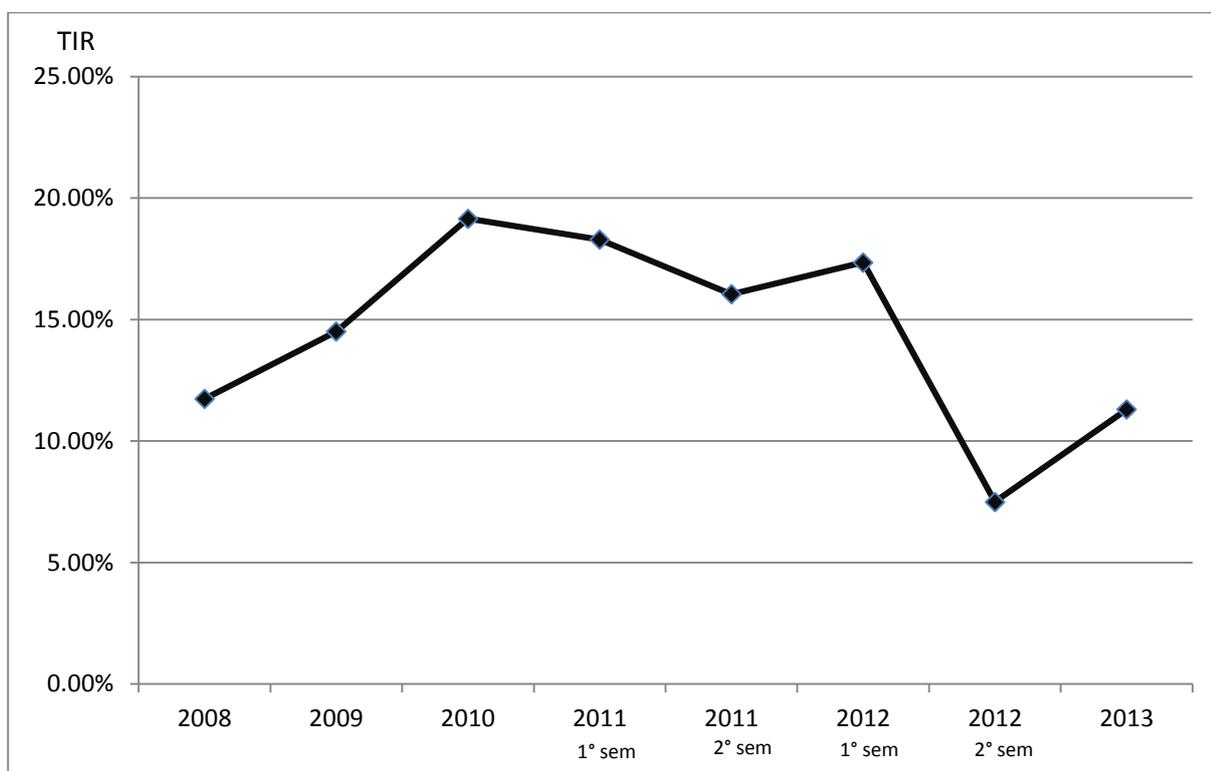


Grafico n15 TIR per impianto fotovoltaico da 2000 KW. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: riportata nelle pag 41, 42 e 43

Anche per questo impianto, come per quello da 500 KW, il TIR è molto buono e mantiene livelli molto alti dal 2010 al primo semestre 2012.

I risultati delle diverse simulazioni di investimento sono confrontate nel grafico n16. Essi sono stati confrontati con una ricerca simile effettuata da Filippo Spertino, Paolo Di Leo Valeria Cocina del Politecnico di Torino nel loro lavoro "Economic analysis of investment in the rooftop photovoltaic systems: A long-term reasearch in the two mani markets, Renewable and Sustsinable Energy Reviews, 2013, Fig 6" riscontrando lo stesso trend nei risultati.

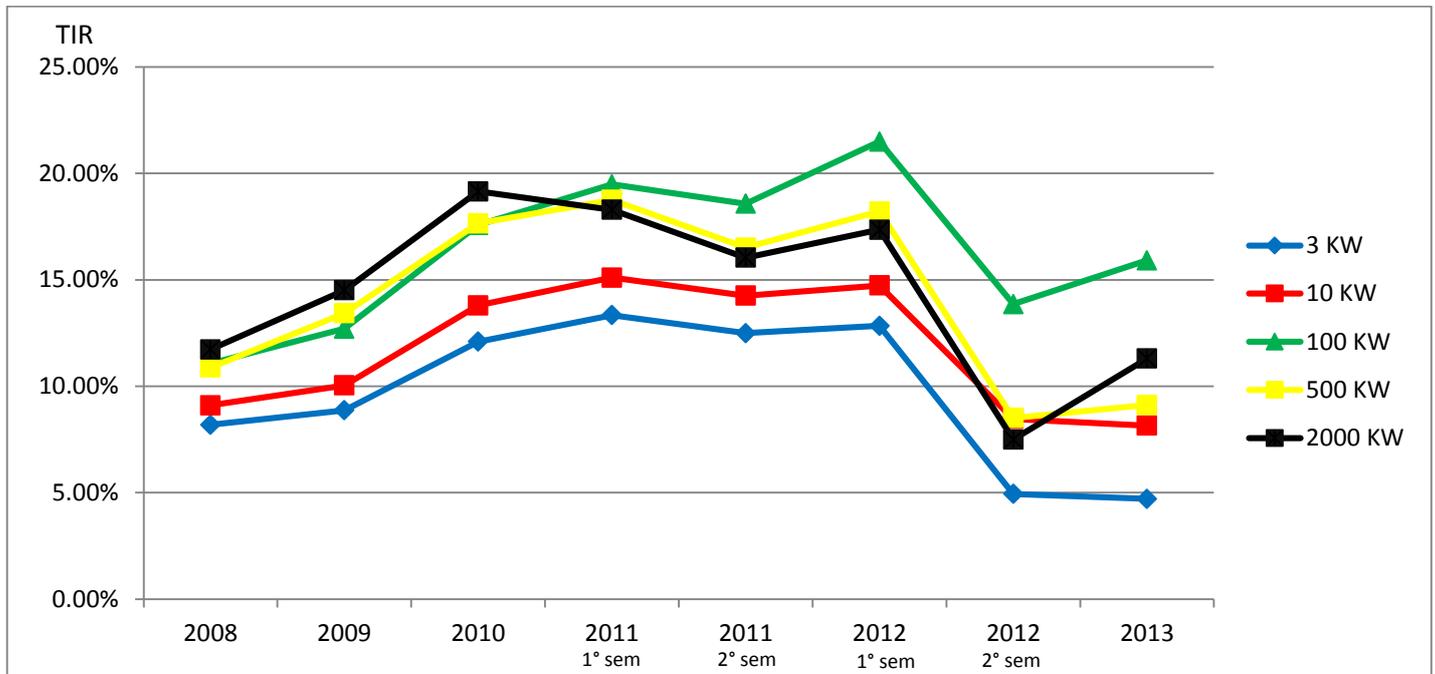


Grafico n16 Confronto TIR dei diversi investimenti. . Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: riportata nelle pag 41, 42 e 43

Il grafico n 16 mostra come dal 2008 al 2010 (secondo Conto Energia) il trend di profittabilità sia lo stesso per tutti gli impianti presi in considerazione. Per gli impianti da 100 a 2000 KW i TIR risultano maggiori rispetto agli impianti domestici (3KW e 10 KW) e la differenza va ad aumentare negli anni 2009 e 2010. Questo è dovuto al fatto che le feed-in tariffs del secondo Conto Energia (tabella n9) erano le stesse per tutti gli impianti superiori ai 20 KW di potenza e quindi non hanno tenuto in considerazione il maggior guadagno di questi impianti dovuto alla maggiore diminuzione dei costi dei grandi impianti (grafico n10).

Nel primo semestre del 2011 (terzo Conto Energia) tutti gli impianti, tranne quello da 2000 KW, aumentano ulteriormente il loro TIR. Nonostante le feed-in tariffs introdotte con il terzo Conto Energia siano state ridotte (tabella n10) la diminuzione del costo degli impianti è stata superiore causando una maggiore profittabilità rispetto all'anno precedente.

Stesso fatto avviene nella seconda parte del 2011 (quarto Conto Energia) dove la diminuzione delle tariffe (tabella n14) non abbassa di molto il TIR di tutti gli impianti presi in considerazione.

Il TIR maggiore per tutti gli impianti, tranne quello da 2000 KW, si riscontra nella prima parte del 2012 (quarto Conto Energia) dove ancora una volta le feed-in tariffs (tabella n17) non sono state proporzionalmente diminuite al costo dei pannelli.

Nella seconda parte dello stesso anno (quinto Conto Energia) tutti i TIR diminuiscono a causa della diminuzione delle feed-in tariffs ed del sistema di attribuzione di esse (tabella n20), l'impianto che sembra meno essere colpito da questa diminuzione è quello da 100KW, la ragione di un TIR così relativamente elevato va ricercata nel fatto che questo impianto è considerato sul tetto di una

fabbrica la quale consuma la maggior parte dell'energia che produce e quindi si adatta abbastanza bene alle nuove condizioni imposte dal quinto Conto Energia.

Nel 2013 (quinto Conto Energia) la diminuzione del costo dei pannelli innalza anche se di poco il TIR per i gli impianti che vanno da 100 a 2000KW e lo mantiene praticamente invariato per le altre categorie di impianti.

### Sviluppo del mercato fotovoltaico italiano

L'iniziale sistema di feed-in tariffs per il fotovoltaico in Italia è stato introdotto nel 2005 con il primo Conto Energia ma, a causa dell'alto costo degli impianti, delle poco chiare e complicate procedure burocratiche per accedere alle tariffe e la poca confidenza sulla redditività delle persone in questa tecnologia, il settore ha cominciato ad essere significativo da 2007 in poi con l'introduzione del secondo Conto Energia (Marco Antonelli, Umberto Desideri, 2014). In quest'anno infatti le installazioni annue passano dai 12,5 MW del 2006 ai 70,2 MW del 2007. Durante il questo periodo il settore fotovoltaico italiano ha un vero e proprio boom, passando dai 70,2 MW del primo anno di introduzione ai 2321 MW nel 2010 (anno della sua conclusione). Questa esplosione del settore è legata alle feed-in tariffs le quali sono rimaste praticamente invariate per tutta la durata di esso, senza tener conto della diminuzione del costo degli impianti (V Di Dio, S.Favuzza, D.La Cascia, F.Massarò, G.Zizzo, 2014). Il risultato di tale politica è visibile nel grafico n16 dove la profittabilità cresce in maniera significativa dal 2008 al 2010 per tutte le categorie di impianti prese in considerazione.

Nel 2008, come il grafico n17 mostra, i MW installati risultano ben distribuiti per tutte le categorie degli impianti presi in considerazione.

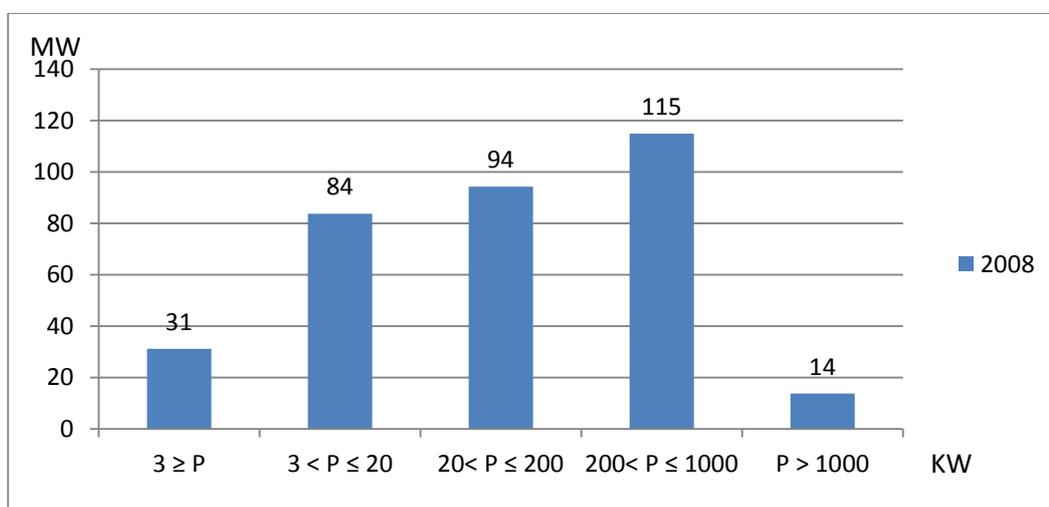


Grafico n17 MW di potenza fotovoltaica installata nel 2008 per le differenti categorie di imp. Graf di mia elaborazione. Fonte dati: Atlasole GSE.

Nel 2009 la situazione comincia a cambiare e la differenza di profittabilità tra gli impianti domestici (da 3 fino a 10 KW) e le altre tipologie inizia ad aumentare. In quest'anno infatti la categoria di impianti con maggiori installazioni in termini di MW è quella che va da 200 a 1000KW, come il grafico 18 mostra.

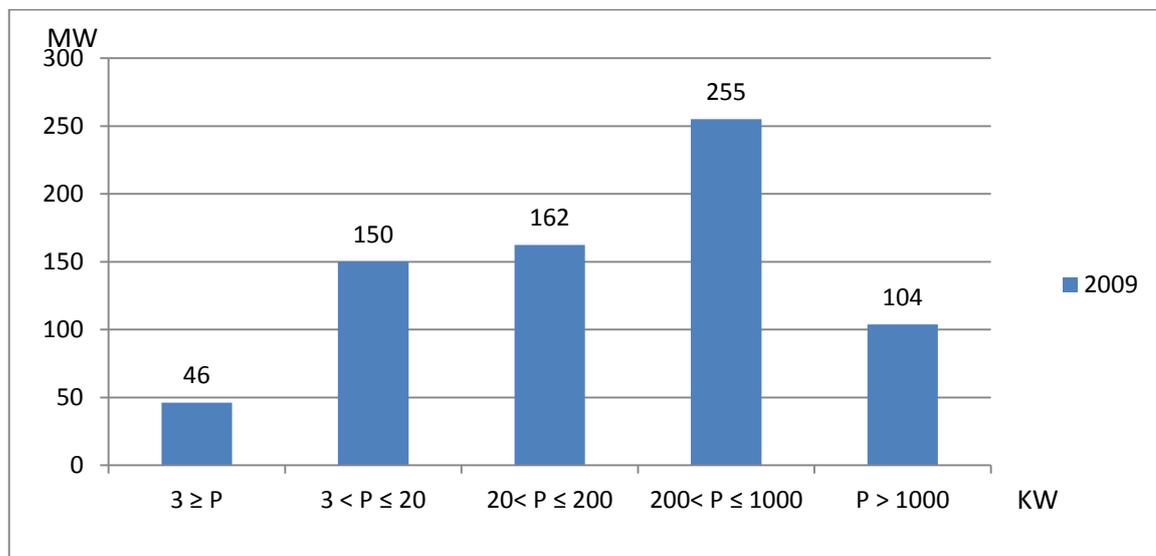


Grafico n18 MW di potenza fotovoltaica installata nel 2009 per le differenti categorie di imp. Graf di mia elaborazione. Fonte dati:GSE Atlasole.

Il 13 agosto 2010, durante il secondo Conto Energia, fu introdotto il decreto “Salva-Alcoa”. Esso ha permesso agli impianti effettivamente costruiti entro tale anno, ma non ancora connessi alla rete elettrica, di utilizzare le feed-in tariffs del secondo Conto Energia anche nel 2011. Nonostante fosse già operativo il terzo Conto Energia (V Di Dio, S.Favuzza, D.La Cascia, F.Massaro, G.Zizzo, 2014). Questo decreto cambia completamente la natura dei dati ufficiali delle installazioni in Italia, che sono basate sui MW effettivamente connessi alla rete elettrica. Se da un lato i MW installati del secondo Conto Energia nel 2011 sono stati connessi alla rete in tale anno, dall'altro lato tali impianti sono stati montati nel 2010 e seguono le stesse feed-in tariffs e condizioni di profittabilità di tale anno.

Per capire meglio l'evoluzione del mercato fotovoltaico italiano, ho deciso quindi di sistemare i dati spostando tutti i MW installati dal 2011, che utilizzano le feed-in tariffs del secondo Conto Energia, al 2010. Il grafico n19 paragona i dati ufficiali e i dati che tengono conto del “Salva-Alcoa”.

Considerando i dati con il “Salva-Alcoa” i MW installati nel 2010 sono 5915,6 e risultano addirittura superiori a quelli installati nel 2011. Da questo punto in poi, nei grafici dei MW che andrò ad elaborare, dividerò i MW installati secondo i dati ufficiali e quelli installati secondo la divisione “Salva-Alcoa”.

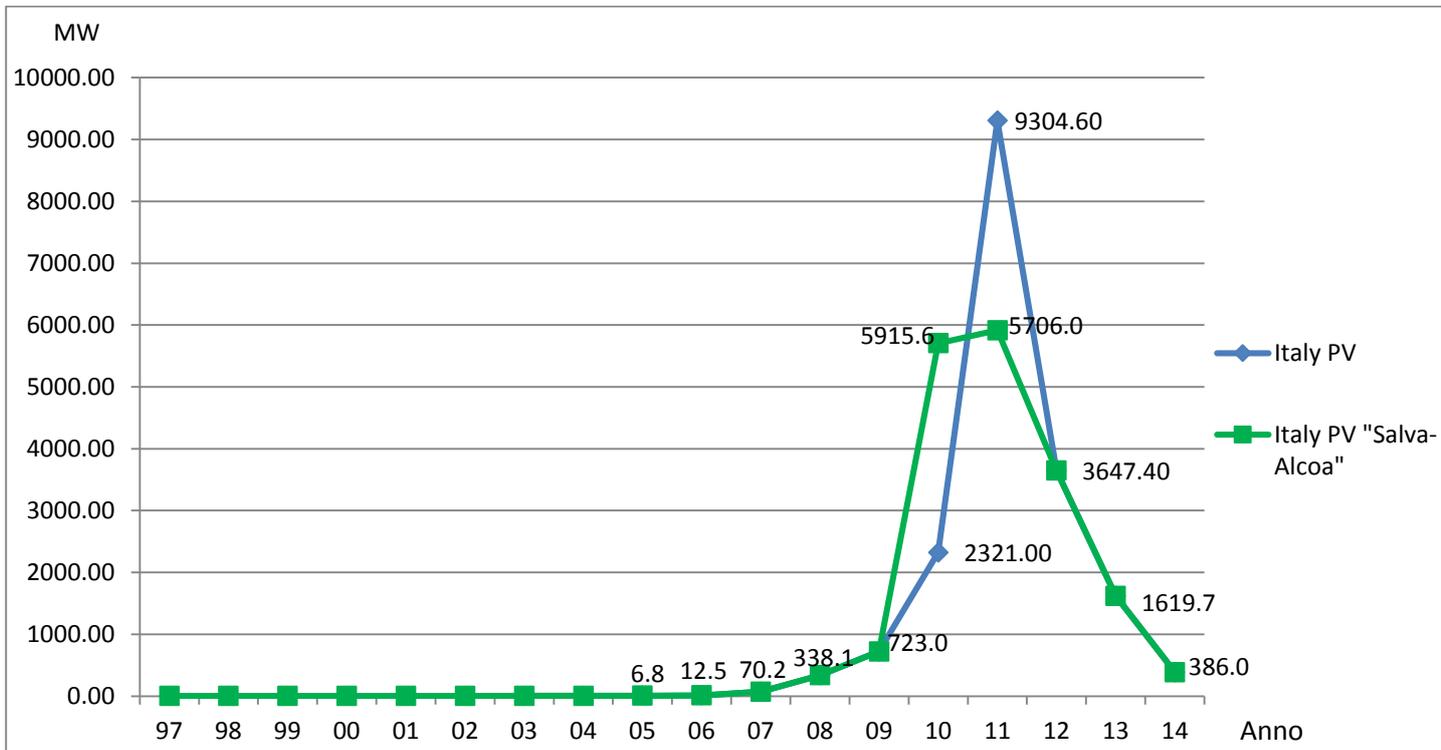


Grafico n 19 Confronto dei MW installati non considerando il decreto "Salva-Alcoa" e considerandolo. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: (Bp, 2015) e (GSE Atlasole)

I MW installati per ciascuna categoria di impianto nel 2010 sono riportati nel grafico n20. Come si può vedere nel grafico, considerando i MW installati considerando il "Salva-Alcoa", la categoria con più MW installati è quella che va dai 200 ai 1000 KW che come il grafico n16 indica raggiunsero un ottima profittabilità.

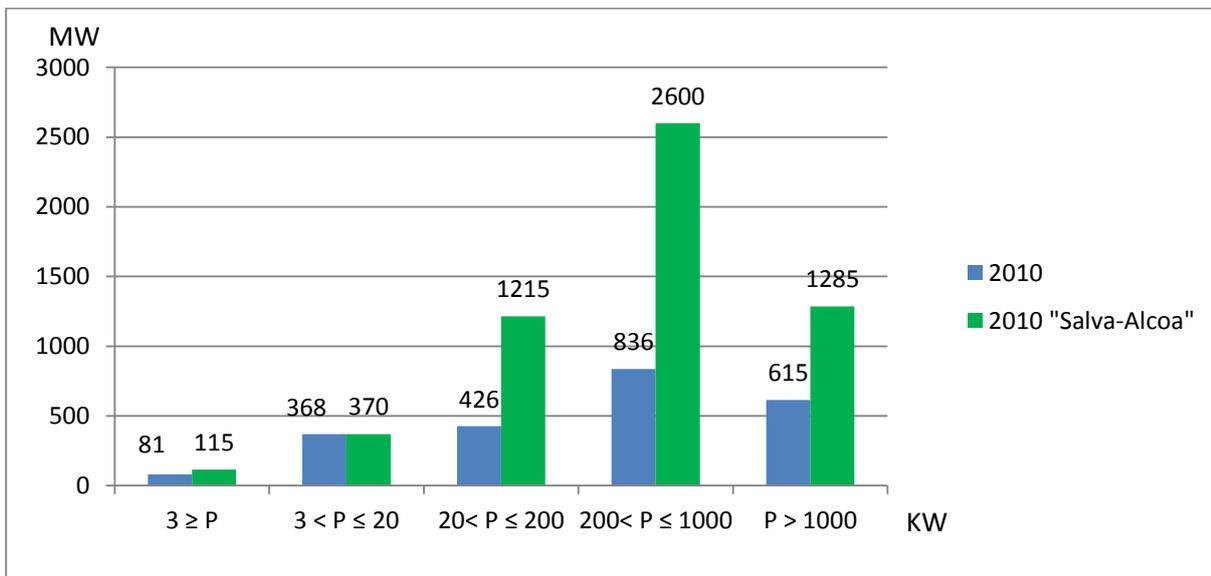


Grafico n20 MW di potenza fotovoltaica installata nel 2010 per le differenti categorie di imp. Graf di mia elaborazione. Fonte dati:GSE Atlasole.

All'inizio del 2011 la riduzione delle feed-in tariffs del terzo Conto Energia non è risultata sufficiente se paragonata alla diminuzione del costo degli impianti, la profittabilità degli impianti infatti aumentò ulteriormente (grafico n16). Successivamente nel giugno 2011 l'introduzione del

quarto Conto Energia che ha diminuito le feed-in tariffs, non ha ridotto in maniera significativa la profittabilità degli impianti. Per limitare le installazioni di grandi impianti il governo italiano decise di adottare misure restrittive per l'installazione di MW in tali categorie (vedi pagina 35). Nel grafico n21 sono riportati i MW installati per ciascuna categoria di impianti nel 2011. Il grafico mostra, considerando i MW installati tenendo conto del "Sala-Alcoa", che la categoria di impianti che ha maggiormente contribuito è anche in questo caso quella che va da 200 a 1000 KW.

Nonostante le misure restrittive introdotte nella seconda parte dell'anno il 2011 risulta comunque un ottimo anno per il fotovoltaico in Italia con 5706 MW installati.

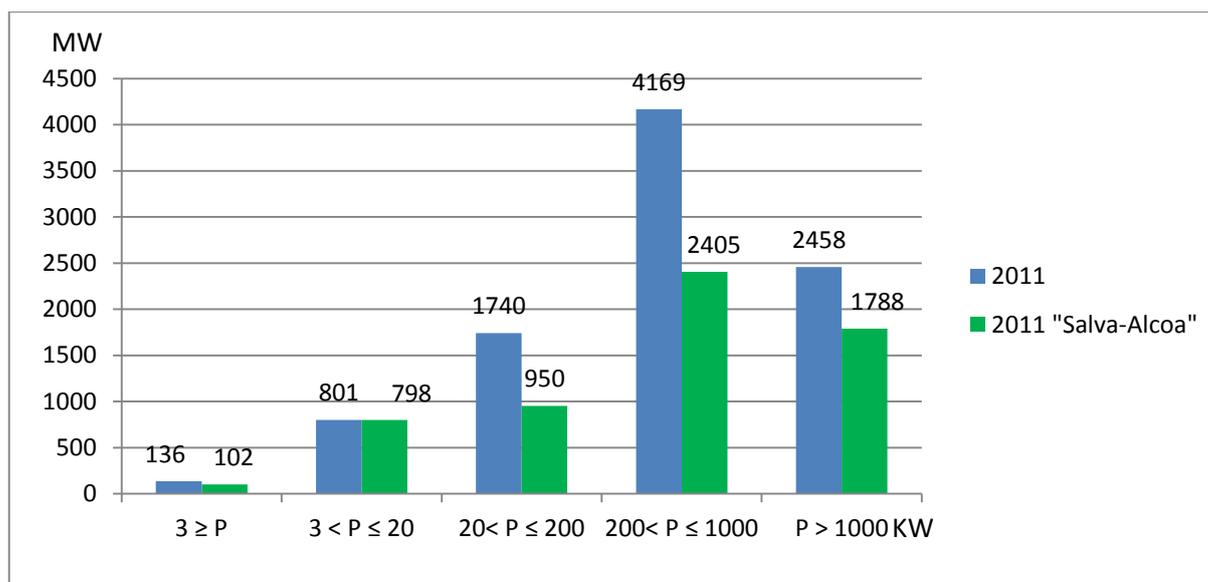


Grafico n21 MW di potenza fotovoltaica installata nel 2011 per le differenti categorie di imp. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati:GSE Atlasole

Nel 2012 le misure restrittive per i grandi impianti si inasprirono ulteriormente. *“Quando fu pubblicato il quarto Conto Energia nel maggio 2011, non era ancora conosciuto il numero MW installati con il decreto “Salva-Alcoa”. Questi dati vennero alla luce solamente alla fine del 2011, quando si scoprì, che a causa del eccessivo numero di MW installati, le risorse messe a disposizione dal quarto Conto Energia si sarebbero esaurite in pochi mesi. Questo causò una riduzione degli incentivi erogati dal quarto Conto Energia, con la promozione dei piccoli impianti rispetto a quelli grandi”* (V Di Dio, S.Favuzza, D.La Cascia, F.Massaro, G.Zizzo, 2014, 98).

Il grafico n21 mostra i MW di potenza installati nel 2012, divisi per categorie di impianti. Nonostante la riduzione imposta dal governo per l'installazione dei grandi impianti, la categoria che va da 200 a 1000 KW è quella con il maggior sviluppo. La diminuzione dei MW annualmente installati che passano da 5706 a 3647,40 è da attribuirsi principalmente alle misure limitative per la costruzione dei grandi impianti.

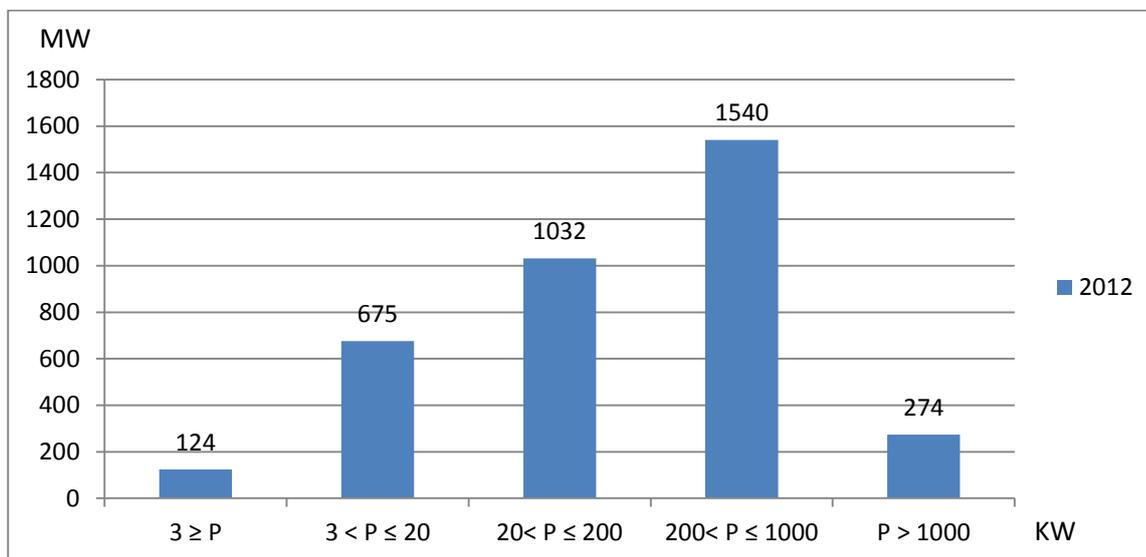


Grafico n22 MW di potenza fotovoltaica installata nel 2012 per le differenti categorie di imp. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: GSE Atlasole

Il 6 luglio 2013, al raggiungimento del costo cumulato annuo degli incentivi per il fotovoltaico di 6,7 miliardi di euro, scade la possibilità di accedere alle feed-in tariffs del quinto Conto Energia. Il grafico n23 riporta i MW installati nel 2013, divisi per categorie di impianti. Qui per la prima volta, a causa delle limitazioni governative sui grossi impianti, la categoria di impianti che contribuisce maggiormente alle installazioni è quella che va da 3 a 20 KW. La fine del quinto Conto Energia sommata alle misure restrittive per i grandi impianti fa di fatto crollare le installazioni di MW rispetto agli anni precedenti come il grafico n19 mostra.

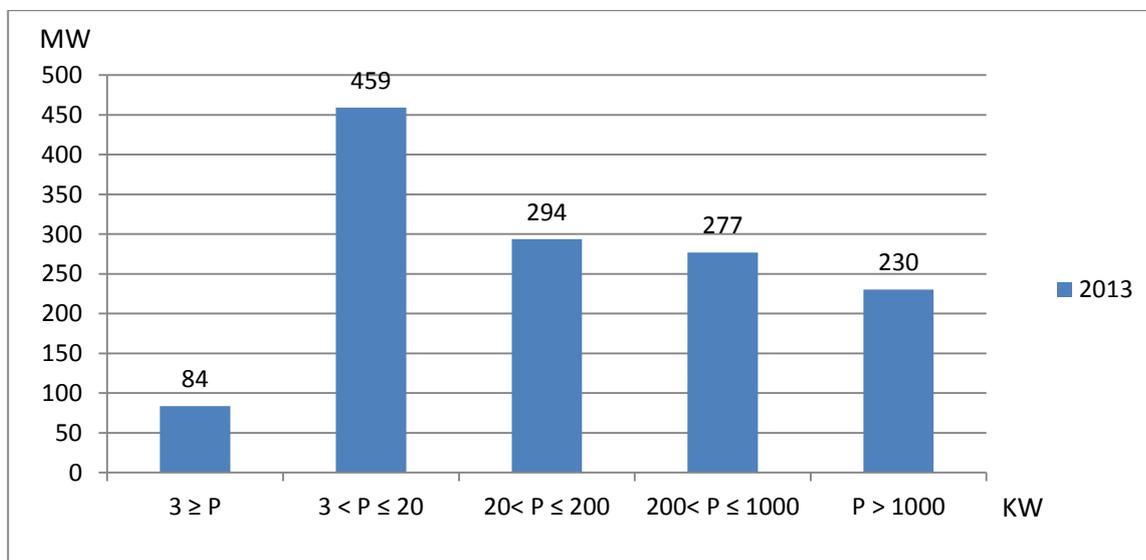


Grafico n22 MW di potenza fotovoltaica installata nel 2012 per le differenti categorie di imp. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: GSE Atlasole

L'attuale sistema di incentivazione, basato sulla deduzione fiscale, ha contribuito ad installare solamente 386MW di potenza per l'anno 2014.

Il grafico n24 infine riepiloga i MW installati per ciascuna categoria di impianto durante i cinque Conti Energia.

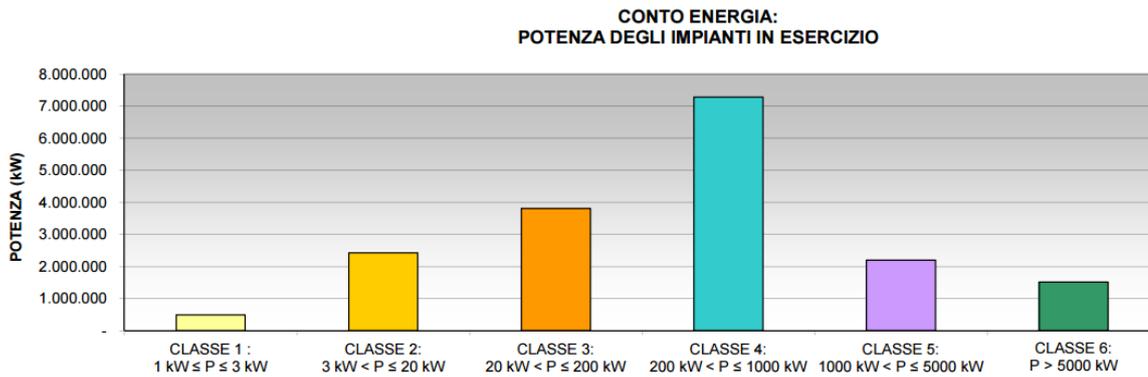


Grafico 24 MW di potenza installati durante i cinque Conti Energia, divisi per categorie di impianto. Fonte dati:GSE.

Per concludere questo paragrafo farò ora un riassunto di quanto detto e per avere una visione chiara di quanto espongo è necessario osservare il grafico n16 e la linea Italy PV “Salva-Alcoa”.

Il mercato fotovoltaico italiano ha cominciato ad assumere un certo peso dal 2007, ed è cresciuto in maniera spropositata dal 2008 al 2010 (grafico n19) a causa delle feed-in tariffs fisse del secondo Conto Energia che combinato alla diminuzione del costo degli impianti ha notevolmente alzato la profittabilità di tutti gli investimenti (grafico n16). Successivamente nel 2011 il settore con l'introduzione del terzo e quarto (Conto Energia), le feed-in tariffs vengono abbassate ma non abbastanza se confrontate al continuo calo di costo degli impianti. La profittabilità infatti invece che diminuire, aumenta e solo le misure restrittive introdotte dal governo per la costruzione dei grandi impianti riescono a rallentare la crescita nell'ultimo periodo. Nella prima parte del 2012 si tengono feed-in tariffs del quarto Conto Energia e la profittabilità resta elevata, mentre cala drasticamente nella seconda parte dell'anno con l'introduzione del quinto Conto Energia. La disunzione del numero di installazioni per quest'anno non è da attribuirsi solamente alla diminuzione della profittabilità degli impianti nella seconda parte dell'anno ma soprattutto all'inasprimento delle misure restrittive del governo per la costruzione di grandi impianti, i quali contribuivano maggiormente all'installazione di MW. Nel 2013 nonostante la profittabilità sia pressoché uguale rispetto a quella del 2012, la fine del quinto Conto Energia a luglio dello stesso anno e le misure restrittive per la costruzione dei grandi impianti portano ad un drastico calo del settore. Calo che si accentua notevolmente nel 2014 dove le nuove modalità di incentivazione sulla detrazione fiscale, danno la possibilità di installare solamente piccoli impianti.

## Relazione tra i MW installati e profittabilità dell'investimento

Il seguente paragrafo ha lo scopo di relazionare i MW installati per ogni categoria di impianto con l'evoluzione della profittabilità di esso. I risultati per gli anni 2010 e 2011 sono mostrati non considerando il decreto e "Salva-Alcoa" e considerandolo. Per l'anno 2011 a causa di due diversi TIR nello stesso anno, ho deciso di fare una media aritmetica per ottenere un unico TIR, perché i Conti Energia si dividono semestralmente. Per l'anno 2012 dove sono presenti sempre due TIR differenti, ho deciso invece di fare una media ponderata tra il primo TIR ,usabile fino a fine agosto. e il secondo, usabile per i tre mesi restanti. I grafici verranno commentati prendendo come riferimento sempre considerando il decreto "Salva-Alcoa".

Il grafico 25 mette in relazione i MW installati per gli impianti fotovoltaici che vanno da 0,1 a 3 Kw con i TIR degli impianti da 3KW. Dal 2008 al 2010 si può vedere come le installazioni di MW crescano all'aumentare della profittabilità. Nel 2011, anche se il TIR cresce, le installazioni si riducono leggermente rispetto all'anno precedente. Il 2012 è l'anno che sorprende di più dove il TIR si abbassa notevolmente rispetto al 2010 e 2011 ma le installazioni aumentano. Anche il 2013 è un anno con molte installazioni rispetto al decremento del TIR.

Ho dato la mia interpretazione a questo tipo di fenomeno, ricordando che l'impianto da 3KW risulta l'impianto domestico "standard" usato dalle famiglie le quali nei primi anni del fotovoltaico (2006-2007-2008) non nutrivano molta fiducia in questa tecnologia considerata poco redditizia. Dopo l'esplosione del fotovoltaico in Italia nel 2010 e 2011 la fiducia delle famiglie nella profittabilità del fotovoltaico aumentò e, temendo la fine degli incentivi, si cominciò ad installare un grossa quantità di MW nonostante il TIR fosse a livelli inferiori rispetto agli anni precedenti.

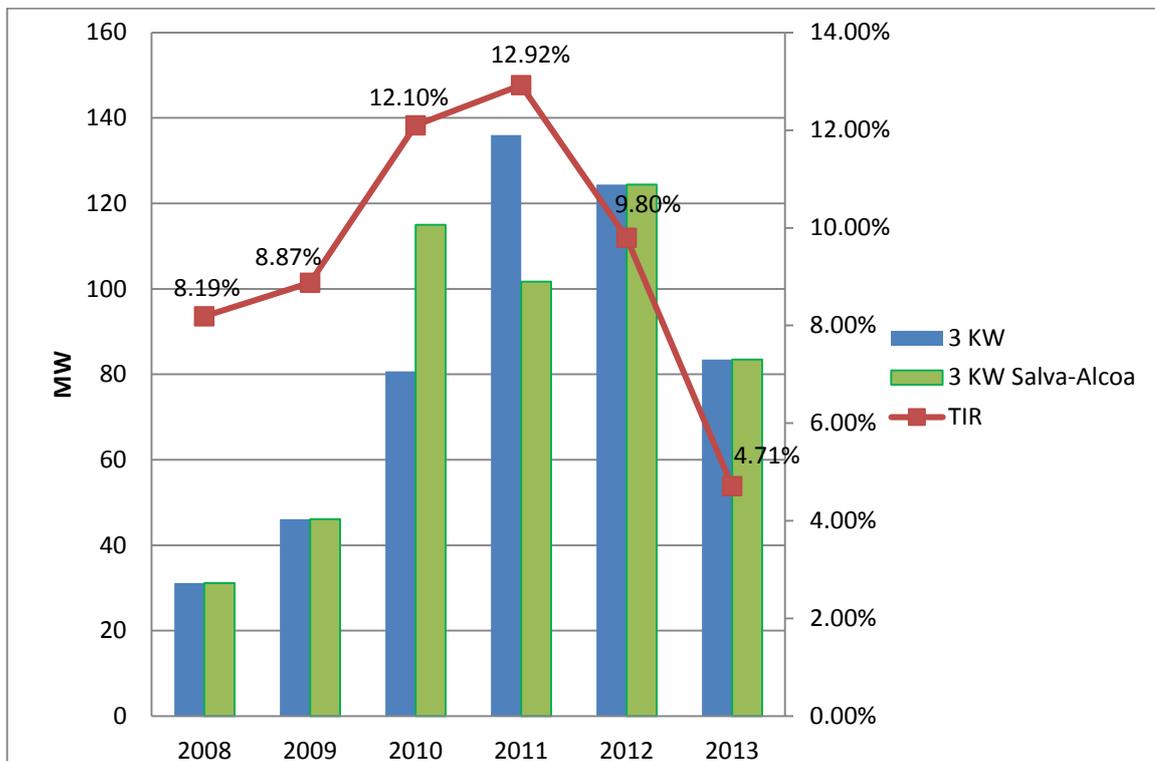


Grafico n25 Confronto MW installati per impianti fotovoltaici da 0,1 3KW con TIR per impianti da 3KW. Grafici di mia elaborazione: Fonte dati: GSE Atlasole e condizioni di profittabilità riportata nelle pag 41, 42 e 43.

Il grafico n26 mette in relazione i MW installati per gli impianti fotovoltaici che vanno da 3,1 a 20 KW con i TIR degli impianti da 10 KW. In questo grafico si può notare come le installazioni maggiori siano avvenute nel 2011 l'anno con una maggiore profittabilità. Stupiscono invece le installazioni di MW avvenute nel 2012 e 2013 che risultano superiori ad altri anno dove il TIR era maggiore. Anche in questo caso ho dato la spiegazione a questo tipo di fenomeno a causa del timore della fine degli incentivi sul fotovoltaico da parte della popolazione o delle piccole imprese.

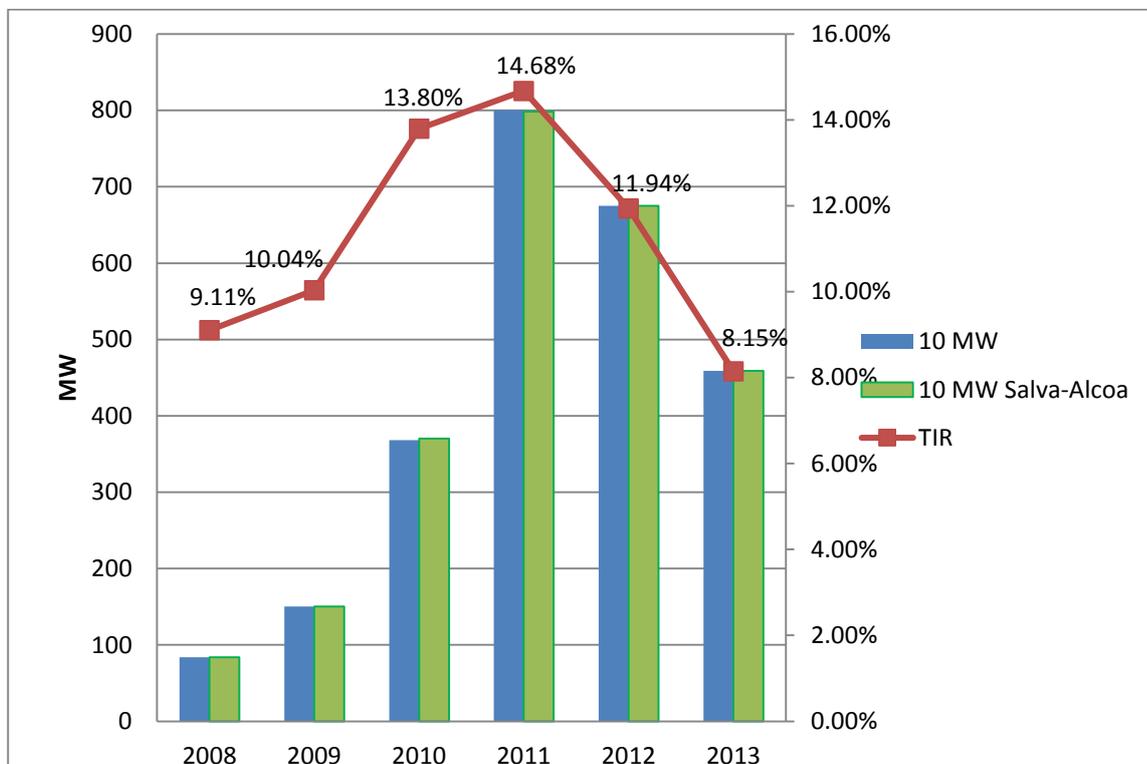


Grafico n26 Confronto MW installati per impianti fotovoltaici da 3,1 a 20KW con TIR per impianti da 10KW. Grafico di mia elaborazione: Fonte dati: GSE Atlasole e condizioni di profittabilità riportata nelle pag 41, 42 e 43.

Il grafico n27 mette in relazione i MW installati per gli impianti fotovoltaici che vanno da 20,1 a 100 KW con i TIR degli impianti da 100 KW. Come si può vedere dal grafico le installazioni di MW sono concentrate negli anni 2010, 2011 e 2012 che sono gli anni con il maggiore TIR. Nel 2013 nonostante il TIR fosse ancora elevato le misure restrittive per la costruzione dei grandi impianti sono estese anche a questa fascia di potenza, facendo diminuire di molto le installazioni.

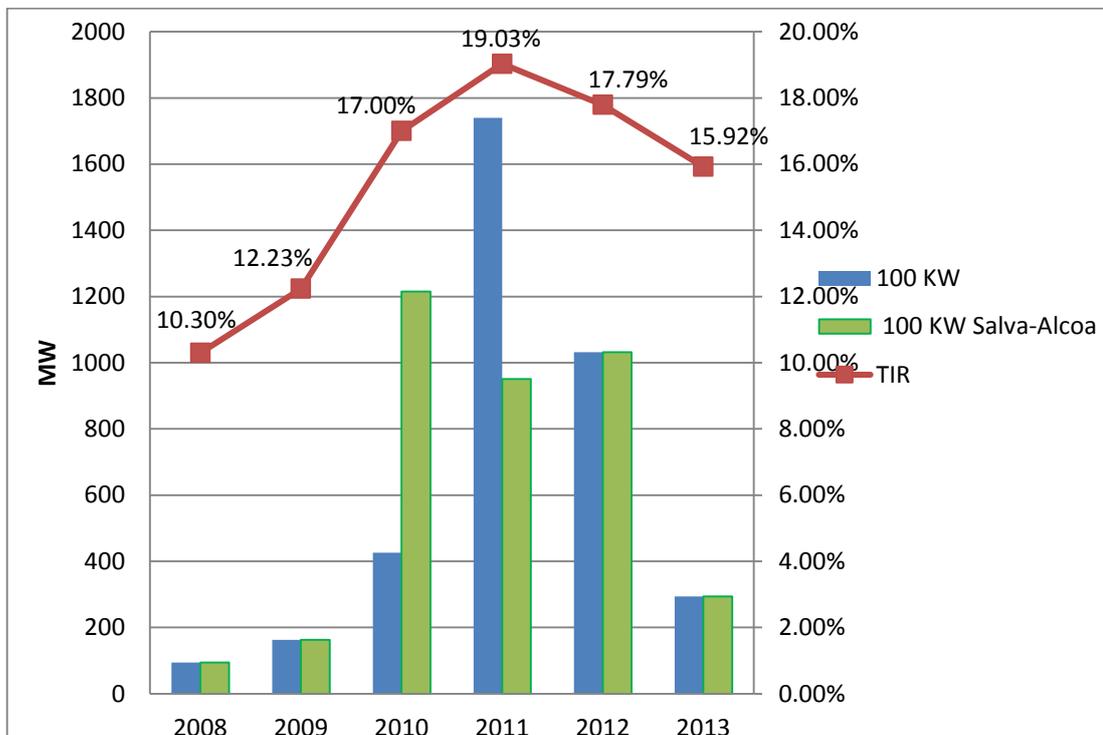


Grafico n27 Confronto MW installati per impianti fotovoltaici da 20,1 200 KW con TIR per impianti da 100KW. Grafici di mia elaborazione: Fonte dati: GSE Atlasole e condizioni di profittabilità riportata nelle pag 41, 42 e 43.

Il grafico n28 mette in relazione i MW installati per gli impianti fotovoltaici che vanno da 200,1 a 1000 KW con i TIR degli impianti da 500 KW.

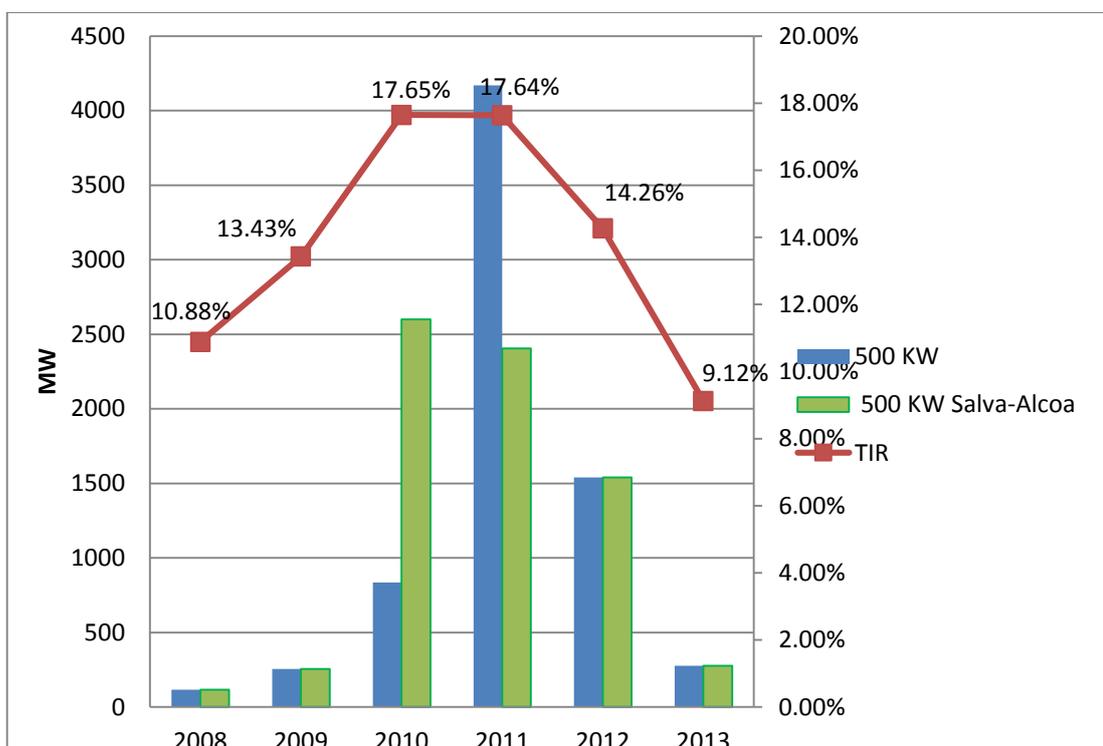


Grafico n28 Confronto MW installati per impianti fotovoltaici da 200,1 1000 KW con TIR per impianti da 500KW. Grafici di mia elaborazione: Fonte dati: GSE Atlasole e condizioni di profittabilità riportata nelle pag 41, 42 e 43.

Per questa categoria di impianti, considerati generalmente come impianti collocati a terra, è possibile notare come la maggior parte dei MW installati si concentri negli anni 2010 e 2011 quando la profittabilità era al massimo. Successivamente dal 2012 in poi nonostante la profittabilità

non fosse bassa, le installazioni di questi grandi impianti furono controllate dal governo tramite le già citate misure restrittive.

Il grafico n29 mette in relazione i MW installati per gli impianti fotovoltaici che superiori a 1000 KW con i TIR degli impianti da 2000 KW. Anche in questo grafico è possibile notare che le maggiori installazioni di MW si concentrano nel 2010 e 2011, quando la profittabilità era molto elevata. Successivamente come per la categoria di impianti precedenti, le restrizioni governative degli anni 2012 e 2013 hanno limitato molto le installazioni.

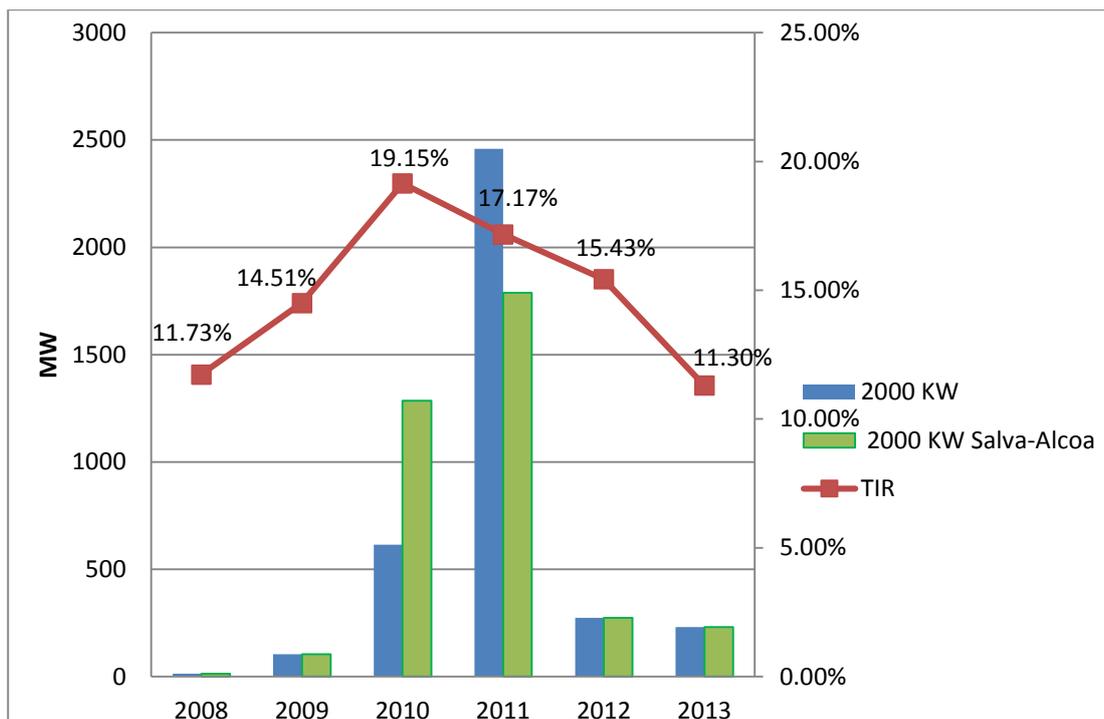


Grafico n28 Confronto MW installati per impianti fotovoltaici superiori a 1000KW con TIR per impianti da 2000KW. Grafici di mia elaborazione:  
 Fonte dati: GSE Atlasole e condizioni di profittabilità riportata nelle pag 41, 42 e 43.

## Distribuzione degli impianti per potenza e produzione dell' energia nel settore fotovoltaico italiano

La potenza fotovoltaica italiana è distribuita per il 44% al nord, 19% al centro e 37% al sud. (Rapporto statistico GSE, 2014).

La figura n3 mostra la distribuzione regionale della potenza fotovoltaica.

Distribuzione regionale della potenza a fine 2014

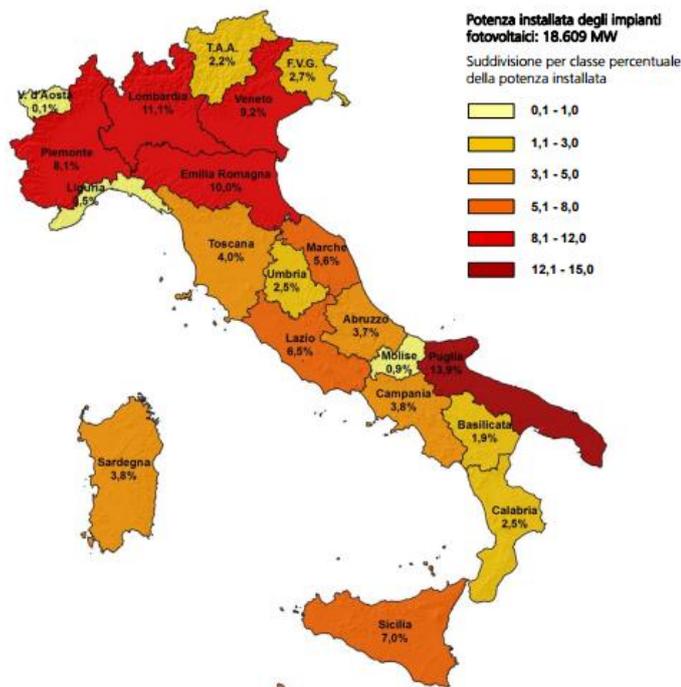


Figura n3 distribuzione regionale della potenza fotovoltaica a fine 2014. Fonte dati: Rapporto Statistico GSE , 2014.

La Puglia con il 13,9% della potenza nazionale, è la regione che ha installato più MW in Italia. Essa ha introdotto una legislazione regionale che ha promosso le energie rinnovabili. Questo fatto ha reso questa regione con più energia eolica e fotovoltaica in Italia ed ha attratto molte compagnie e grandi investitori ad investire in esse (Marco Antonelli, Umberto Desideri, 2014).

L'altra grossa parte dei MW è concentrata in Lombardia, Emilia Romagna, Veneto e Piemonte. Queste regioni costituiscono il polo industriale italiano e molti imprenditori, a mio avviso, sfruttarono gli alti TIR ottenibili sull'investimento in un impianto fotovoltaico su un'azienda.

Il fotovoltaico in Italia produce l'8% del totale dell'energia prodotta (Terna, 2014). L'evoluzione della produzione di energia fotovoltaica prodotta in Italia è riportata nel grafico n29.

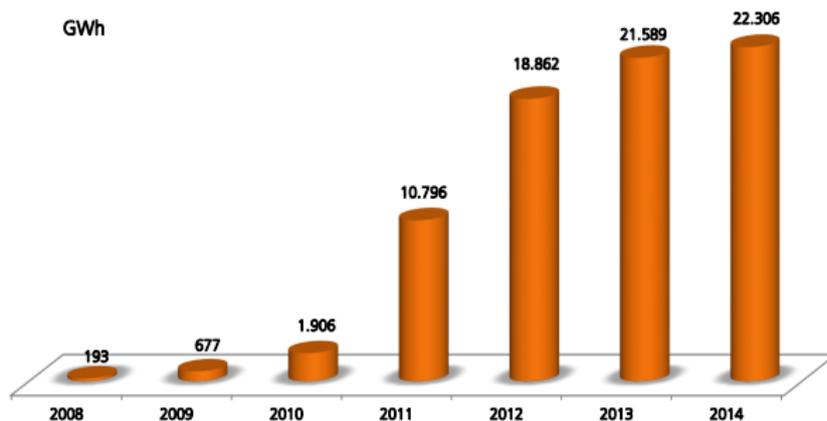


Grafico n 29 Gwh prodotti dall'energia fotovoltaica in Italia. Fonte dati: Rapporto Statistico GSE 2014.

Nella figura n4 è riportata la distribuzione regionale della produzione fotovoltaica in Italia. La Puglia con il 16,2% è il maggior produttore di energia fotovoltaica in Italia, successivamente troviamo Emilia Romagna e Lombardia.

Distribuzione regionale della produzione nel 2014

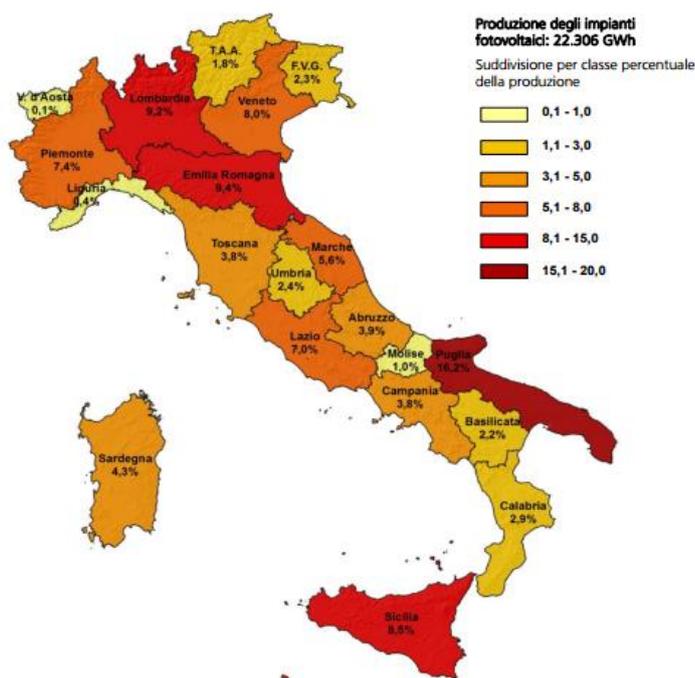


Figura n4 distribuzione regionale della produzione di energia fotovoltaica in Italia nel 2014. Fonte: Rapporto Statistico GSE, 2014.

Il settore fotovoltaico italiano è cresciuto molto rapidamente e in maniera discontinua. Questo fatto è da imputare principalmente alle feed-in tariffs le quali non sono diminuite abbastanza rispetto al decrescere del costo degli impianti. La conseguenza di tale politica è stata l'incentivazione di grossi impianti quando la profittabilità era molto alta. I 17,6 miliardi di euro spesi fino a fine 2013 per l'incentivazione del fotovoltaico in Italia forse potevano essere usati in una maniera migliore. (GSE, 2014).



# Mercato Fotovoltaico Tedesco

## Evoluzione delle tariffe di incentivazione e altri meccanismi di supporto per il fotovoltaico

Prima del 2000 in Germania i meccanismi di supporto al fotovoltaico sono legati a due programmi dimostrativi denominati 1000 e 100000 roofs programs. Tramite questi programmi le persone ebbero la possibilità di accedere a prestiti, per finanziare l'acquisto dell'impianto fotovoltaico, con tassi di interesse molto bassi (Joern Hoppmann, Joern Hunteler, Bastien Girod, 2014).

I 1000 e 100000 roofs programs sono molto simili al programma italiano 10000 tetti fotovoltaici, non per il metodo di incentivazione che era completamente differente, ma perché queste tipologie di programmi furono una sorta di test per capire le potenzialità del mercato fotovoltaico.

Nel 2000 durante il governo della coalizione formata dal Sozialdemokratische Partei Deutschlands e il nuovo partito verde, nacque il nuovo schema di supporto per l'energia rinnovabile denominato Erneuerbare-Energien-Gesetz (Joern Hoppmann, Joern Hunteler, Bastien Girod, 2014). L'EEG ebbe gli obiettivi iniziali di "facilitare uno sviluppo sostenibile di fornitura energetica per l'economia nazionale e promuovere il sviluppo futuro di tecnologie per la generazione elettrica derivante da fonti rinnovabili" (International Institute for sustainable development, 2014).

La prima versione del'EEG prevedeva tre principi fondamentali:

- Garantire le feed-in tariffs per un periodo di 20 anni, suddivise per tipologia di energia
- Connessione alla rete elettrica, trasmissione e distribuzione prioritaria per i fornitori di energia rinnovabile decentralizzati
- Addebitare i costi di incentivazione alle rinnovabili attraverso un sovrapprezzo in bolletta per i consumatori di energia elettrica (con alcune eccezioni per le aziende che usano intensamente l'energia elettrica) (International Institute for sustainable development, 2014)

Per l'interesse di questa tesi, prenderò in analisi solamente le feed-in tariffs legate all'energia fotovoltaica.

Per il primo EEG le feed-in tariffs erano garantite a 0,506 €/Kwh (prezzo al quale gli operatori elettrici erano obbligati ad acquistare l'energia fotovoltaica) per tutte le categorie di potenza degli impianti fotovoltaici, con una digressione annua del 5% delle feed-in tariffs a partire dal 2002 (Joern Hoppmann, Joern Hunteler, Bastien Girod, 2014). Con il primo EEG l'utente poteva quindi beneficiare delle feed-in tariffs sull'energia netta messa in rete e non su tutta quella prodotta come in Italia.

L'incentivo era pagato dagli operatori all'utente i quali poi la inoltravano alla compagnia elettrica che successivamente addebitava un extra costo al consumatore finale denominato "ripartizione EEG" (Joern Hoppmann, Joern Hunteler, Bastien Girod, 2014). Dopo il 2000 l'EEG è stato cambiato sette volte nei seguenti anni: 2004, 2009, 2010, 2011, 2012 (due volte) e 2014 (International Institute for sustainable development, 2014).

Nel 2002 per contenere il rapido incremento del costo dell'energia elettrica, il Bundestag tedesco fissò il limite di potenza fotovoltaica incentivabile a 1000 MW di potenza. Nel giugno 2003, per limitare gli effetti della "ripartizione EEG" fu aggiunto un articolo per favorire le grandi aziende consumatrici di energia elettrica. Le condizioni per avere una riduzione di essa erano: essere un'azienda volta alla competizione internazionale e avere un consumo di elettricità superiore a 100 Gwh e una percentuale superiore al 20% del costo dell'energia elettrica sui costi finali.

Nel giugno 2004 l'EEG cambia per la prima volta e anche le sue feed-in tariffs. Per fronteggiare la fine del 100000 roofs program infatti le feed-in tariffs per il fotovoltaico furono aumentate a 0,574 € per ciascun Kwh messo in rete elettrica (Joern Hoppmann, Joern Hunteler, Bastien Girod, 2014).

Tutta l'evoluzione delle feed-in tariffs per il fotovoltaico dell'EEG, sono riassunte nella tabella n27 e n28.

Con l'aumento delle feed-in tariffs la ripartizione EEG fu estesa a tutte le aziende con più di 10 Gwh annui di consumo elettrico e una percentuale dell'energia elettrica sui costi finali pari al 15% (Joern Hoppmann, Joern Hunteler, Bastien Girod, 2014). Le feed-in tariffs dell'EEG 2004 sono divise in impianti su tetto ed impianti a terra. Il decremento annuo del 5% sulle feed-in tariffs continuò anche in questa versione dell'EEG.

Nel 2008 la ripartizione dell'EEG per il fotovoltaico causò un aumento nel consumo nei costi dell'elettricità di 2 miliardi di euro (Joern Hoppmann, Joern Hunteler, Bastien Girod, 2014), a questo bisogna aggiungere che le feed-in tariffs erano troppo alte se confrontate alla diminuzione nel costo degli impianti, per queste ragioni nel 2009 l'EEG cambiò per la seconda volta.

In questa terza versione dell'EEG fu eliminato il sistema di diminuzione annua del 5% delle feed-in tariffs e al suo posto introdotto un sistema basato sulle installazioni di MW effettuate l'anno precedente. Per contrastare gli effetti creati dalla sovra produzione energetica durante il giorno, ed evitare conseguenti investimenti sulla rete elettrica, fu introdotto anche un incentivo per l'autoconsumo di energia. Fu installato inoltre un controllo remoto per gli

impianti fotovoltaici superiori ai 100KW di potenza. In caso di sovra produzione energetica, per evitare instabilità nella rete elettrica, gli impianti potevano essere disattivati. Naturalmente, per compensare la perdita del proprietario dell'impianto disattivato era stata garantita una compensazione per il mancato guadagno (Joern Hoppmann, Joern Hunteler, Bastien Girod, 2014).

In seguito nell'agosto 2010 a causa della continua diminuzione del costo degli impianti, dovuta allo sfruttamento delle economie di scala da parte delle aziende cinesi, le feed-in tariffs dell'EEG furono drasticamente ridotte anche con effetti retroattivi (Joern Hoppmann, Joern Hunteler, Bastien Girod, 2014). Nonostante questo nel 2010 la Germania installò 7334 MW di potenza, il record mondiale per quell'anno.

Il 2011 è un anno uguale al 2010, dove nonostante le feed-in tariffs ulteriormente diminuite la Germania installa 7500 MW di potenza.

Nel 2012 il continuo incremento del costo dell'energia elettrica a causa della “ridistribuzione EEG” e i problemi legati alla stabilità della rete elettrica hanno reso necessario l'introduzione di due cambi dell'EEG nello stesso anno. Nel nuovo EEG per fronteggiare i problemi legati all'incremento del prezzo dell'energia le feed-in tariffs si sono notevolmente ridotte. Per risolvere il problema legato alla stabilità della rete elettrica invece la remunerazione fissa per l'autoconsumo fu sostituita con una pagata in base ai Kwh prodotti. (EEG gennaio 2012, section 32). *“Per incentivare ulteriormente l'integrazione del fotovoltaico, l'EEG 2012 concedeva agli operatori che decidevano di rinunciare alle feed-in tariffs e commercializzavano l'elettricità direttamente nello spot market un premio di mercato”* (Joern Hoppmann, Joern Huenteler, Bastien Griod, 2014, pag 1430). Il primo agosto 2014 entrò in vigore il nuovo EEG che ridusse ulteriormente tutte le feed-in tariffs. (EEG, 2014).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>30 Kw ≥ P</b>	€ 0,5062	€ 0,5062	€ 0,4810	€ 0,4570	€ 0,5740	€ 0,5453	€ 0,5180	€ 0,4921
<b>30 Kw &lt; P ≤ 100 Kw</b>	€ 0,5062	€ 0,5062	€ 0,4810	€ 0,4570	€ 0,5460	€ 0,5187	€ 0,4928	€ 0,4682
<b>100 Kw &lt; P ≤ 1000 Kw</b>	€ 0,5062	€ 0,5062	€ 0,4810	€ 0,4570	€ 0,5400	€ 0,5130	€ 0,4874	€ 0,4630
<b>P &gt; 1000 kW</b>	€ 0,5062	€ 0,5062	€ 0,4810	€ 0,4570	€ 0,5400	€ 0,5130	€ 0,4874	€ 0,4630
<b>aree convertite</b>	€ 0,5062	€ 0,5062	€ 0,4810	€ 0,4570	€ 0,4570	€ 0,4340	€ 0,4060	€ 0,3796
<b>terreni agricoli</b>	€ 0,5062	€ 0,5062	€ 0,4810	€ 0,4570	€ 0,4570	€ 0,4340	€ 0,4060	€ 0,3796
<b>altri terreni</b>	€ 0,5062	€ 0,5062	€ 0,4810	€ 0,4570	€ 0,4570	€ 0,4340	€ 0,4060	€ 0,3796

2008	2009	2010	Jul 2010	Oct 2010	2011
€ 0,4675	€ 0,4301	€ 0,3914	€ 0,3405	€ 0,3303	€ 0,2874
€ 0,4448	€ 0,4091	€ 0,3723	€ 0,3239	€ 0,3142	€ 0,2733
€ 0,4399	€ 0,3958	€ 0,3523	€ 0,3065	€ 0,2973	€ 0,2586
€ 0,4399	€ 0,3300	€ 0,2937	€ 0,2555	€ 0,2479	€ 0,2156
€ 0,3549	€ 0,3194	€ 0,2843	€ 0,2616	€ 0,2537	€ 0,2207
€ 0,3549	€ 0,3194	€ 0,2843	-	-	-
€ 0,3549	€ 0,3194	€ 0,2843	€ 0,2502	€ 0,2426	€ 0,2111

Tabella n 27 Feed-in tariffs per il fotovoltaico dal 2000 fino al 2011. Fonte dati: (Stand der Markteinführung und der Kostenentwicklung von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien ,2002 ) (Revising the Legislation on Renewable Energy Sources in the Electricity Sector and Amending Related Provisions, 2008 ) (Bundesverband Solarwirtschaft., 2011)

Anno	Mese	Digressione	Impianti a soffitto				Impianti a terra
			10 Kw ≥ P	40 Kw ≥ P	1 MW ≥ P	10 MW ≥ P	10 MW ≥ P
2012	Aprile	-	€ 0,1950	€ 0,1850	€ 0,1650	€ 0,1350	€ 0,1350
	Maggio	1.0%	€ 0,1931	€ 0,1832	€ 0,1634	€ 0,1337	€ 0,1337
	Giugno		€ 0,1911	€ 0,1813	€ 0,1617	€ 0,1323	€ 0,1323
	Luglio		€ 0,1892	€ 0,1795	€ 0,1601	€ 0,1310	€ 0,1310
	Agosto		€ 0,1873	€ 0,1777	€ 0,1585	€ 0,1297	€ 0,1297
	Settembre		€ 0,1854	€ 0,1759	€ 0,1569	€ 0,1284	€ 0,1284
	Ottobre		€ 0,1836	€ 0,1742	€ 0,1553	€ 0,1271	€ 0,1271
	Novembre	2.5%	€ 0,1790	€ 0,1698	€ 0,1515	€ 0,1239	€ 0,1239
Dicembre	€ 0,1745		€ 0,1656	€ 0,1477	€ 0,1208	€ 0,1208	
2013	Gennaio	2.2%	€ 0,1702	€ 0,1614	€ 0,1440	€ 0,1178	€ 0,1178
	Febbraio		€ 0,1664	€ 0,1579	€ 0,1408	€ 0,1152	€ 0,1152
	Marzo		€ 0,1628	€ 0,1544	€ 0,1377	€ 0,1127	€ 0,1127
	Aprile	1.8%	€ 0,1592	€ 0,1510	€ 0,1347	€ 0,1102	€ 0,1102
	Maggio		€ 0,1563	€ 0,1483	€ 0,1323	€ 0,1082	€ 0,1082
	Giugno		€ 0,1535	€ 0,1456	€ 0,1299	€ 0,1063	€ 0,1063
	Luglio		€ 0,1507	€ 0,1430	€ 0,1275	€ 0,1044	€ 0,1044
	Agosto	1.8%	€ 0,1480	€ 0,1404	€ 0,1252	€ 0,1025	€ 0,1025
	Settembre		€ 0,1454	€ 0,1379	€ 0,1230	€ 0,1006	€ 0,1006
	Ottobre		€ 0,1427	€ 0,1354	€ 0,1208	€ 0,0988	€ 0,0988
	Novembre	1.4%	€ 0,1407	€ 0,1335	€ 0,1191	€ 0,0974	€ 0,0974
	Dicembre		€ 0,1388	€ 0,1317	€ 0,1174	€ 0,0961	€ 0,0961

<b>2014</b>	<b>Gennaio</b>		€ 0,1368	€ 0,1298	€ 0,1158	€ 0,0947	€ 0,0947
	<b>Febbraio</b>	1,0 %	€ 0,1355	€ 0,1285	€ 0,1146	€ 0,0938	€ 0,0938
	<b>Marzo</b>		€ 0,1341	€ 0,1272	€ 0,1135	€ 0,0928	€ 0,0928
	<b>Aprile</b>		€ 0,1328	€ 0,1260	€ 0,1123	€ 0,0919	€ 0,0919
	<b>Maggio</b>		€ 0,1314	€ 0,1247	€ 0,1112	€ 0,0910	€ 0,0910
	<b>Giugno</b>		€ 0,1301	€ 0,1234	€ 0,1101	€ 0,0901	€ 0,0901
	<b>Luglio</b>		€ 0,1288	€ 0,1222	€ 0,1090	€ 0,0892	€ 0,0892

Tabella n 28 Feed-in tariffs per il fotovoltaico dal 2012 fino al 2014. Fonte dati (Photovoltaikanlagen: Datenmeldungen sowie EEG-Vergütungssätze" [Monthly reported new installations of PV systems and current feed-in tariffs of the German Renewable Energy Act] (in German). Bundesnetzagentur. Retrieved February 2015.), ( Renewable Energy Sources Act – EEG, 2012 )

Al fine di fronteggiare il noto problema dell'instabilità sulla rete elettrica, causata dalla produzione fotovoltaica, il governo tedesco decise di incentivare nel 2013 gli impianti dotati di accumulatore per lo stoccaggio dell'energia. Questo nuovo schema divenne operativo dal maggio dello stesso anno e fu promosso da KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau (la Banca della Ricostruzione)) e BMU (Ministero federale per l'Ambiente, la conservazione della natura, costruzione e sicurezza nucleare). Gli incentivi prevedono la concessione di un prestito ad un tasso di interesse ridotto, destinato all'acquisto di un impianto fotovoltaico dotato di batterie di accumulo con una potenza massima di 30 Kw. Il prestito può durare 5, 10 o 20 anni (International Institute for sustainable development, 2014).

## Evoluzione della profittabilità nell'investimento sugli impianti fotovoltaici tedeschi

Per capire la profittabilità delle diverse categorie di impianti in Germania ho preso in analisi 4 simulazioni di investimento:

- 6 Kw che è considerato come un impianto domestico “standard”. In Italia è considerato tale un impianto con 3 Kw di potenza e questo a causa del minor consumo di energia dovuto alla latitudine.
- 20 Kw impianto per un piccola attività o una casa molto grande
- 200 Kw impianto per una fabbrica medio grande
- 1000 Kw impianto collocato a terra destinato alla produzione di energia.

Come la simulazione d'investimento degli impianti italiani anche qui la profittabilità è misurata con l'uso del TIR. I risultati riportati in queste simulazioni sono basati sul paper “*Economic analysis of investment in the rooftop photovoltaic systems: A long-term research in the two main markets Filippo Spertino, Paolo Di Leo, Valeria Cocina, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 531-540*”.

I principali parametri che hanno influenzato il TIR sono i seguenti:

- Il costo degli impianti fotovoltaici in Germania è basato sui report annuali presentati da IEA (International Energy Agency, dal 2008 fino al 2014) Il grafico n 25 mostra il sunto di questi report:

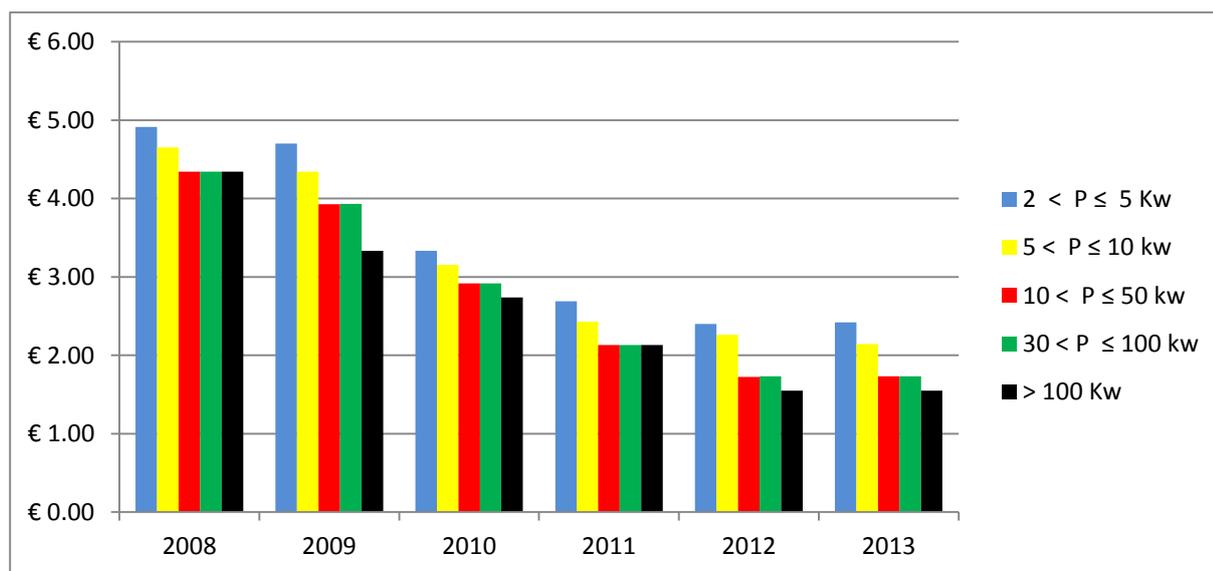


Grafico n 30 Evoluzione di costo degli impianti fotovoltaici in Germania. Grafico di mia elaborazione (è considerata l'IVA tedesca del 19%).  
Fonte dati: (reports Trends in Photovoltaic Applications dal 2008 fino al 2014, IEA) (national reports photovoltaic Germany, IEA) .

- I costi di manutenzione e riparazione sono considerati dell'1% per gli impianti da 6 e 20 KW, 1,5% per quelli da 200 Kw e 1 MW (Filippo Spertino, Paolo Di Leo, Valeria Cocina, 2013).
- Gli incentivi sono calcolati usando le feed-in tariffs delle tabelle n 27 e n 28
- La locazione degli impianti è ipotizzata in centro Germania (Filippo Spertino, Paolo Di Leo, Valeria Cocina, 2013).

I TIR ottenuti per le differenti categorie di impianti sono riportati nel grafico n31:

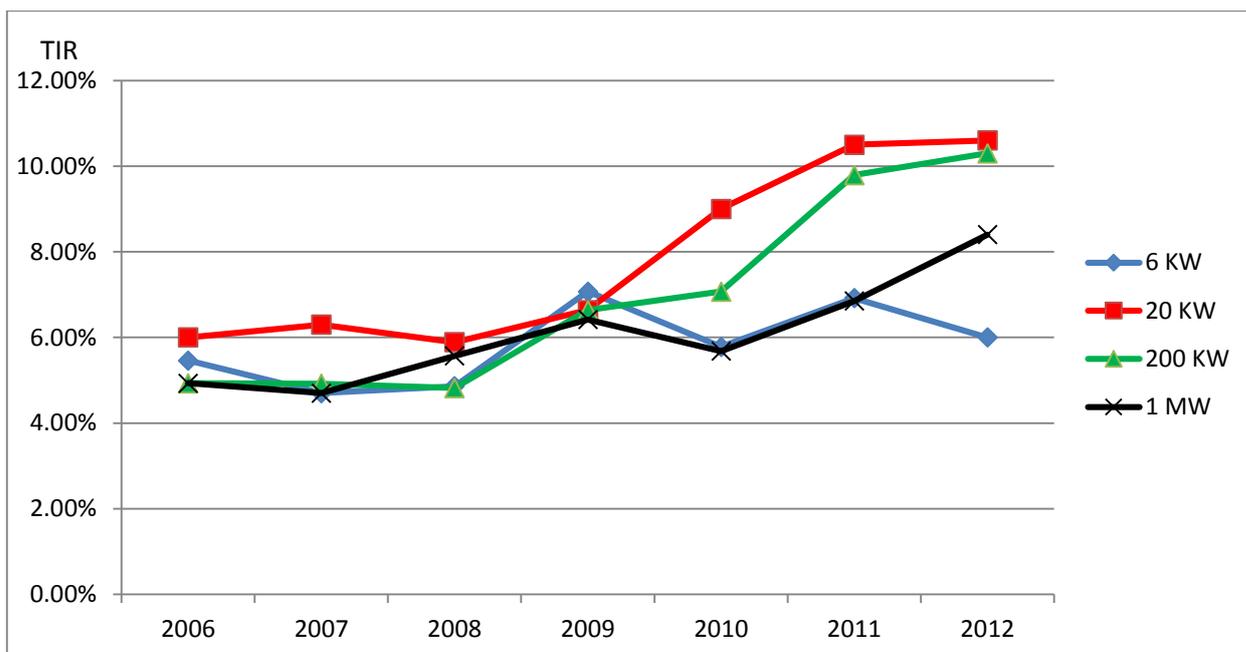


Grafico n 31 TIR per le diverse categorie di impianto fotovoltaico in Germania. Fonte dati: Economic analysis of investment in the rooftop photovoltaic systems: A long-term research in the two main markets Filippo Spertino, Paolo Di Leo, Valeria Cocina, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 531-540 fig 6)

I TIR per gli impianti tedeschi risultano abbastanza stabili e con una buona profittabilità. Dal 2006 al 2009 i tassi sono allo stesso livello per tutte le categorie di impianti, tranne che per quella da 20 Kw la quale risulta spostata in alto di circa due punti percentuali. Successivamente con l'introduzione della tariffa sull'auto consumo e con la diminuzione del costo degli impianti, la profittabilità aumenta per tutte le categorie. Negli anni successivi il TIR cresce anche se non di molto e questo soprattutto grazie all'eliminazione del 5% di decremento annuo delle feed-in tariffs a favore di un sistema basato sui MW installati l'anno precedente.

## Sviluppo delle installazioni fotovoltaiche tedesche

Il settore fotovoltaico tedesco cominciò a crescere dopo il 2000 con l'introduzione del primo EEG (dal grafico n32 è possibile avere una visione dei MW installati annualmente dalla Germania). In seguito nel 2004 con il secondo EEG l'aumento delle feed-in tariffs diede una spinta al settore e le installazioni crebbero notevolmente. Successivamente nel 2009 le feed-in tariffs si sono ridotte, considerando la diminuzione dei costi degli impianti, ma nonostante questo in quell'anno le installazioni aumentano di 1950 MW. La suddivisione dei MW installati per ciascuna categoria è riportata nel grafico n33.

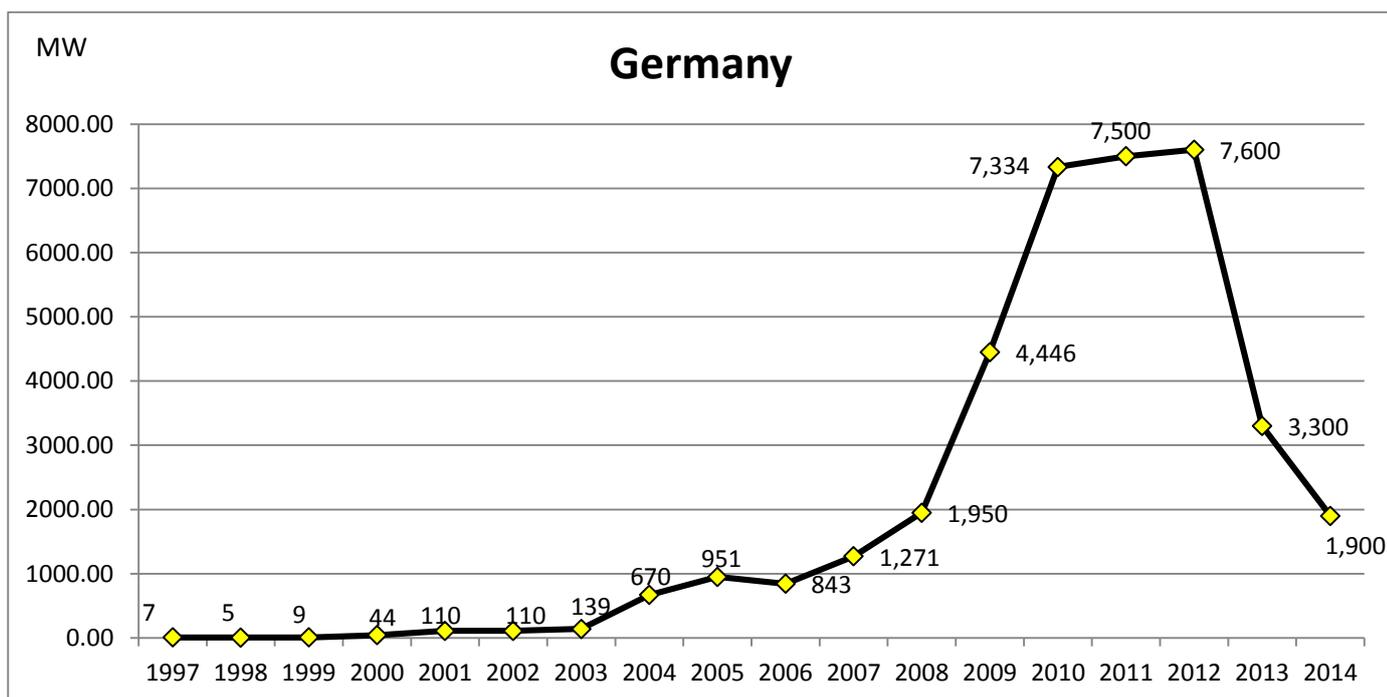


Grafico n 32 MW installati annualmente di energia fotovoltaica in Germania dal 1997 al 2014. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: Bp, 2015.

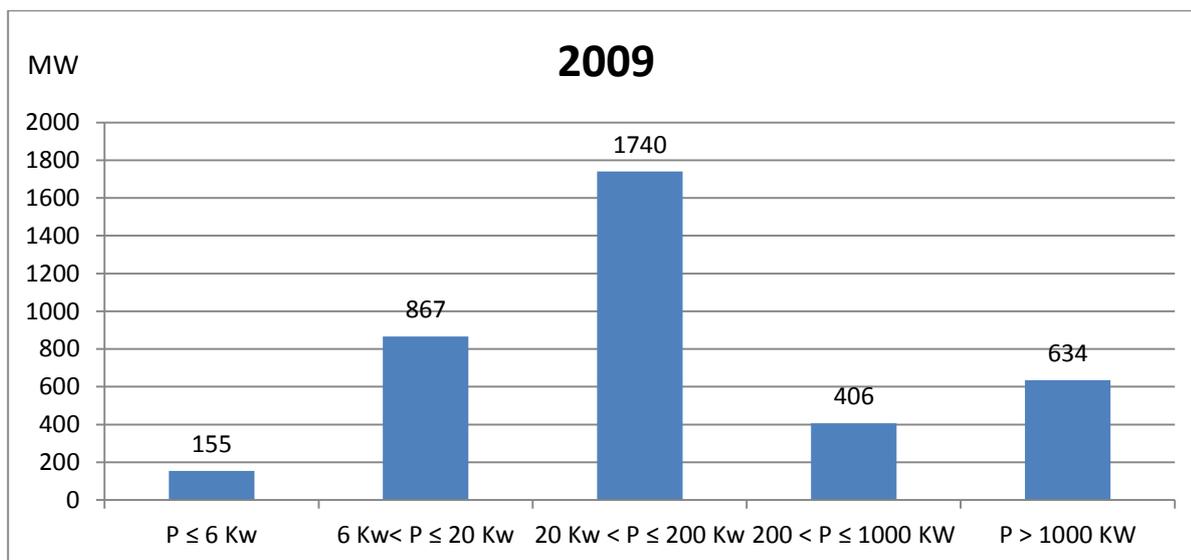


Grafico n 33. MW di potenza fotovoltaica installata nel 2009 per le differenti categorie di imp. Grafici di mia elaborazione. Fonte dati: Archivierte Datenmeldungen Bundesnetzagentur.

Il grafico n27 mostra che la maggior parte dei MW installati nel 2009 sono quelli attribuibili alla categoria che va da 20,1 a 200 KW di potenza, risultando piuttosto in squilibrio rispetto alle altre. Dal 2010 al 2012 il settore fotovoltaico tedesco ha un vero e proprio boom con più di 7000 MW di capacità installata ogni anno. Nel 2010 infatti, anche se feed-in tariffs sono state notevolmente ridotte, la diminuzione del costo dei pannelli ha alzato notevolmente il TIR per i medi impianti che vanno da 20,1 a 200KW (grafico n31). Infatti come il grafico n 34 mostra essi sono stati la categoria maggiormente installata per quest'anno.

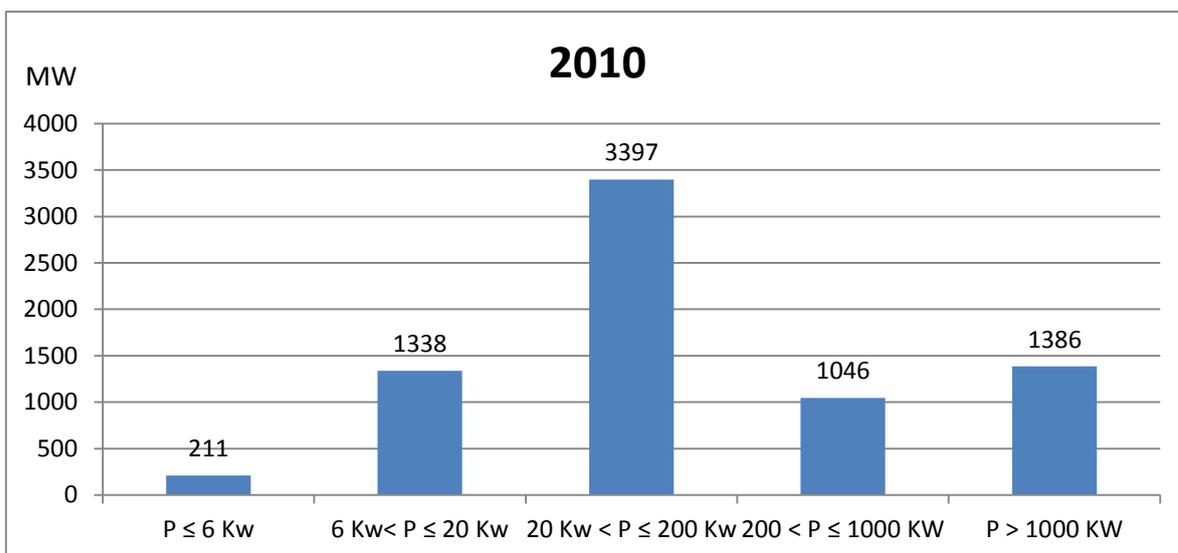


Grafico n 33. MW di potenza fotovoltaica installata nel 2010 per le differenti categorie di imp. Grafici di mia elaborazione. Fonte dati: Archivierte Datenmeldungen Bundesnetzagentur.

Nel 2011 la categoria che contribuisce maggiormente all'installazione di MW è sempre uguale all'anno precedente ed ha potuto godere ancora di un buon TIR. Mentre lo scarto contributivo con la categoria che va da 1000 MW in su risulta notevolmente assottigliato.

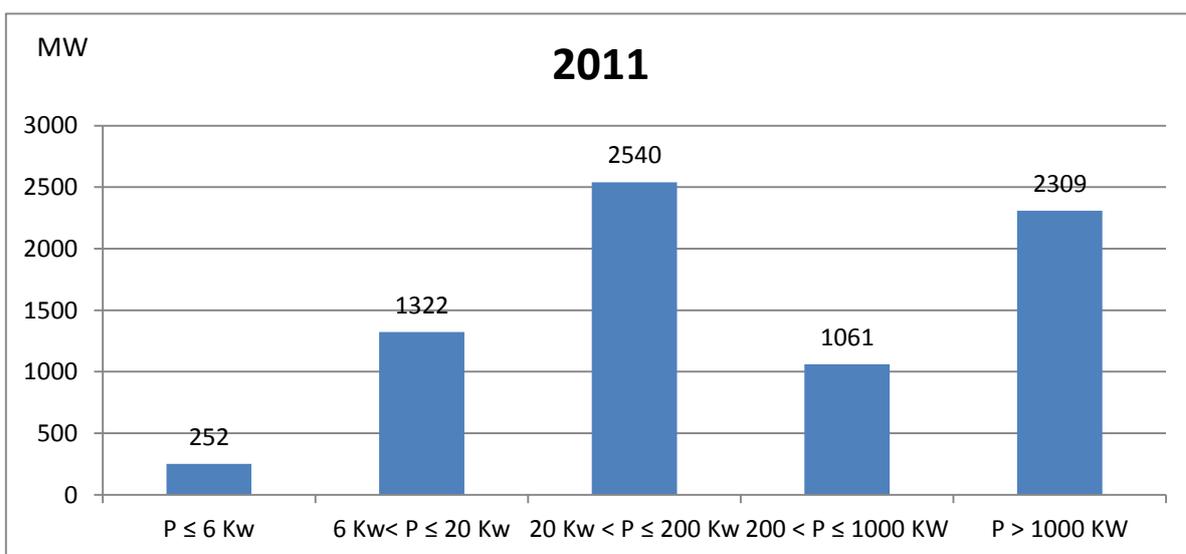


Grafico n 33. MW di potenza fotovoltaica installata nel 2011 per le differenti categorie di imp. Grafici di mia elaborazione. Fonte dati: Archivierte Datenmeldungen Bundesnetzagentur.

Nel 2012 l'aumento del TIR per la categoria dei grossi impianti ha causato un ulteriore incremento di essi, anche se per quest'anno la categoria che ha maggiormente contribuito è quella che va da 20,1 a 200Kw. I MW installati per ogni categoria di impianto sono riportati nel grafico n34.

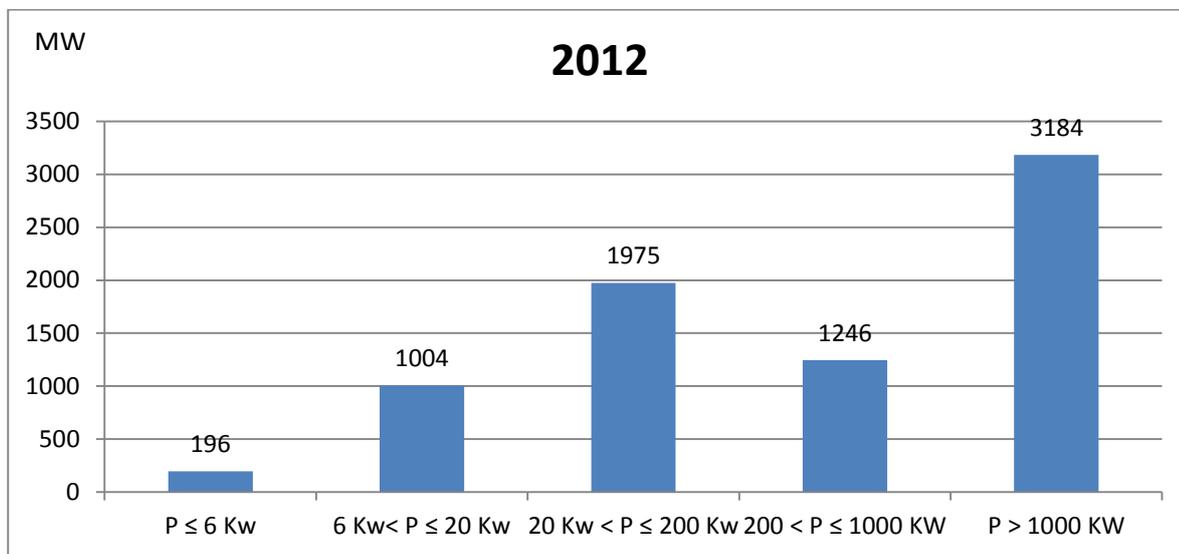


Grafico n 34. MW di potenza fotovoltaica installata nel 2012 per le differenti categorie di imp. Grafici di mia elaborazione. Fonte dati: Archivierte Datenmeldungen Bundesnetzagentur.

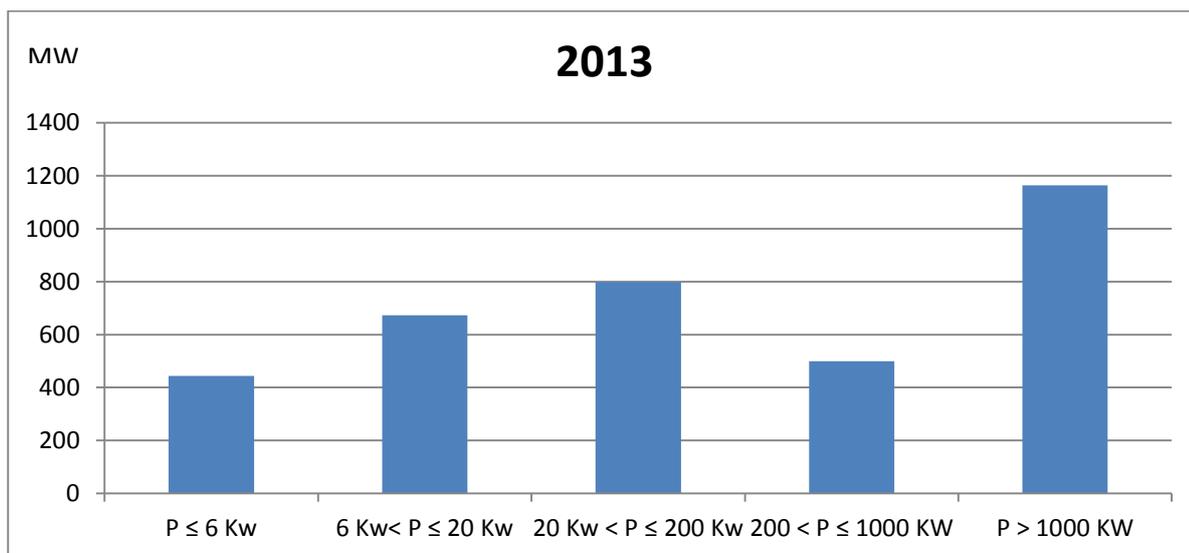


Grafico n 35. MW di potenza fotovoltaica installata nel 2013 per le differenti categorie di imp. Grafici di mia elaborazione. Fonte dati: Archivierte Datenmeldungen Bundesnetzagentur.

## Relazione tra i MW installati e profittabilità dell'investimento

Nel seguente paragrafo sono relazionati i MW di potenza installati per ciascuna categoria di impianto con il suo relativo TIR.

Nel grafico n36 sono relazionate le installazioni di MW che vanno da 0,1 a 6 KW con i vari TIR dell'impianto da 6KW. Il grafico mostra come le installazioni di MW seguono l'andamento del TIR, eccezion fatta per l'anno 2009. La ragione di questo comportamento da parte degli utenti (che in molti casi sono famiglie) va ricercato nel fatto che nel 2009 l'investimento per un impianto fotovoltaico risultava ancora abbastanza oneroso, anche se garantiva un ottimo TIR. I costi dell'investimento si sono notevolmente abbassati nel 2010 come il grafico n 30 dimostra.

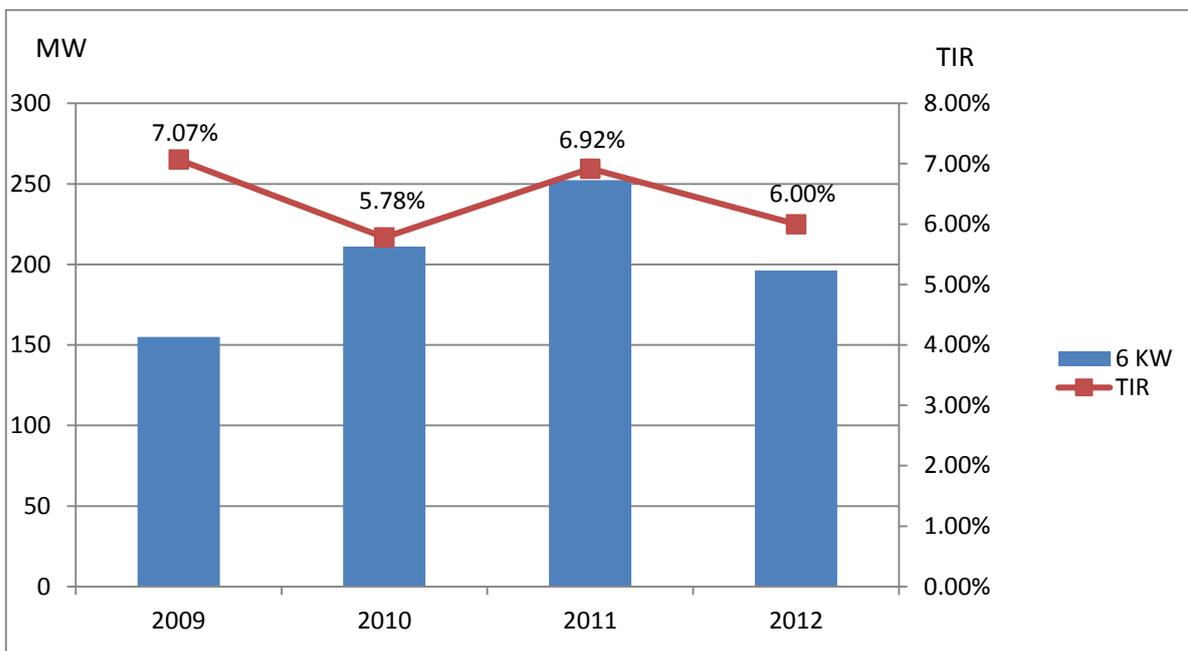


Grafico n 36 Confronto MW installati per impianti fotovoltaici da 0,1 6KW con TIR per impianti da 6KW. Grafico di mia elaborazione fonte dati Archivierte Datenmeldungen Bundesnetzagentur, e TIR pag69.

Il grafico n 37 relaziona i MW di potenza installati per gli impianti che vanno da 6,1 a 20 KW con il TIR degli impianti da 20KW. Le installazioni di MW in questo caso si muovono abbastanza in linea con il TIR con l'eccezione del 2012 dove diminuiscono quasi ai livelli del 2009.

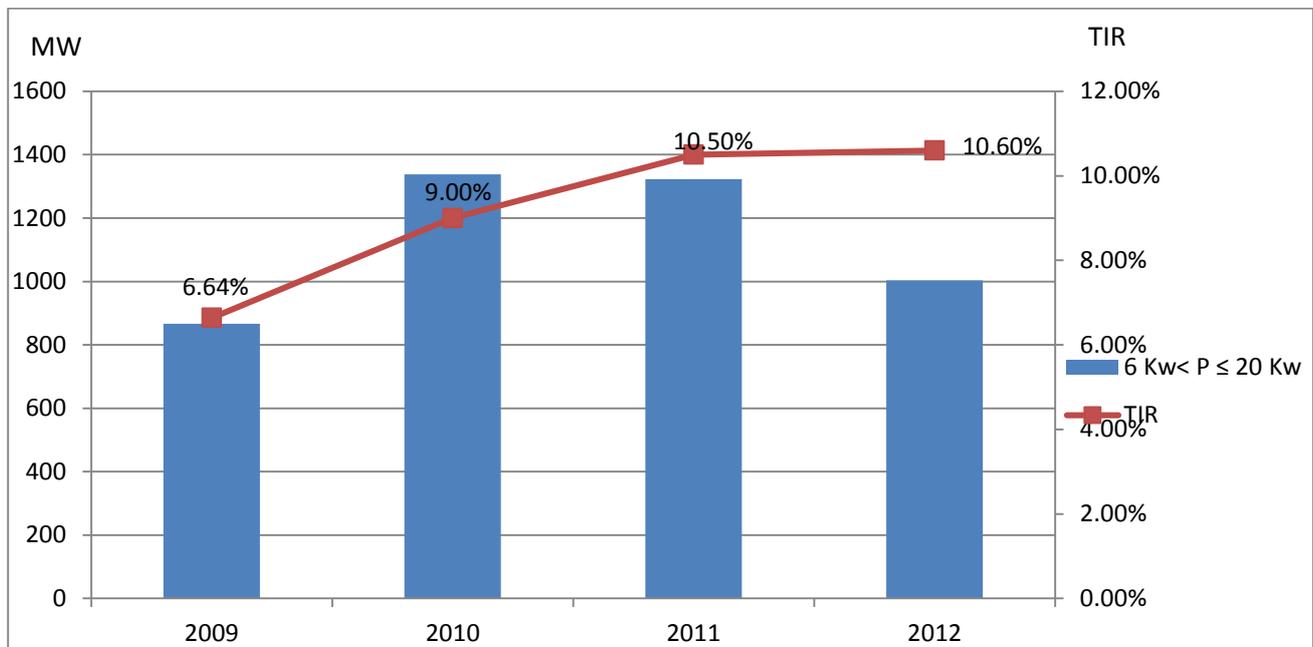


Grafico n 37 Confronto MW installati per impianti fotovoltaici da 6,1 20KW con TIR per impianti da 20KW. Grafico di mia elaborazione fonte dati Archivierte Datenmeldungen Bundesnetzagentur, e TIR pag69.

Il grafico 38 paragona le installazioni annuali di MW per le categorie di impianti che vanno da 20,1 fino a 200 KW con l'IRR della simulazione d'investimento dell'impianto da 200 KW. In questo caso nel grafico è possibile notare che le installazioni annuali di MW non seguono l'aumento della profittabilità dell'investimento. Questo tipo di comportamento a mio avviso è spiegabile con quelli che Keynes definisce "Animal Spirits"<sup>7</sup>. Infatti le categorie degli impianti che vanno da 20 a 200 KW sono quelle associate alle piccole e medie imprese nelle quali l'imprenditore molte volte compie delle scelte basate più sull'intuito personale che sulla razionalità dell'investimento. A causa di questo i MW installati risultano ampiamente superiori nel 2010 che nel 2011 e 2012 dove l'IRR era decisamente più alto.

<sup>7</sup> Il termine è stato utilizzato dall'economista inglese John Maynard Keynes nella sua opera principale, la *Teoria generale dell'occupazione, dell'interesse e della moneta*, per spiegare il comportamento che spinge l'individuo ad intraprendere un'iniziativa imprenditoriale trovando come motivazione prevalente la sua personale intuizione e convinzione di poter avere successo, senza necessariamente aver effettuato tutte le analisi economiche e le indagini di mercato che lo porterebbero a prendere una decisione sicuramente più razionale. (The General Theory of Employment, Interest and Money, 1936 - pagine 161-162).

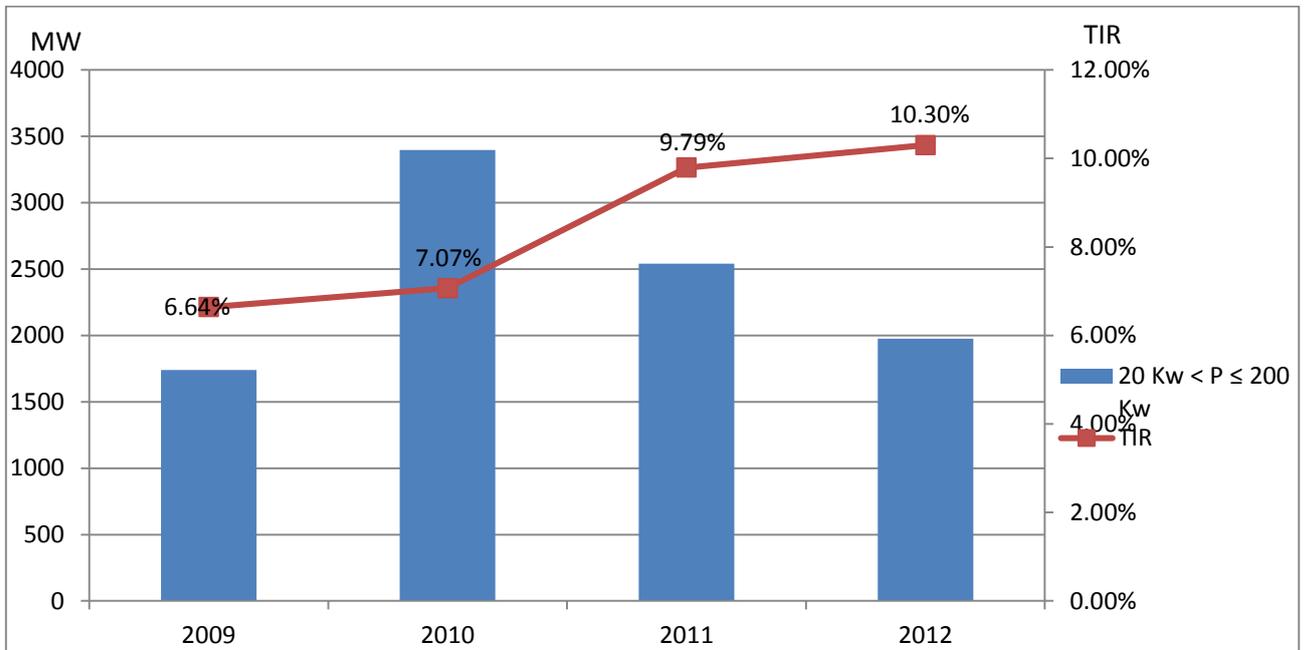


Grafico n 38 Confronto MW installati per impianti fotovoltaici da 20,1 a 200KW con TIR per impianti da 200KW. Grafico di mia elaborazione fonte dati Archivierte Datenmeldungen Bundesnetzagentur, e TIR pag69.

Il grafico 39 paragona le installazioni annuali di MW per le categorie di impianti tra i 200,1 e i 1000 KW con l'IRR della simulazione d'investimento dell'impianto da 1000 KW. Nel seguente grafico è possibile notare come in questo caso le installazioni seguano perfettamente l'aumento della profittabilità dell'investimento e come nel 2012 grazie ad un buon IRR del 8,40% i MW installati risultino più di 1200.

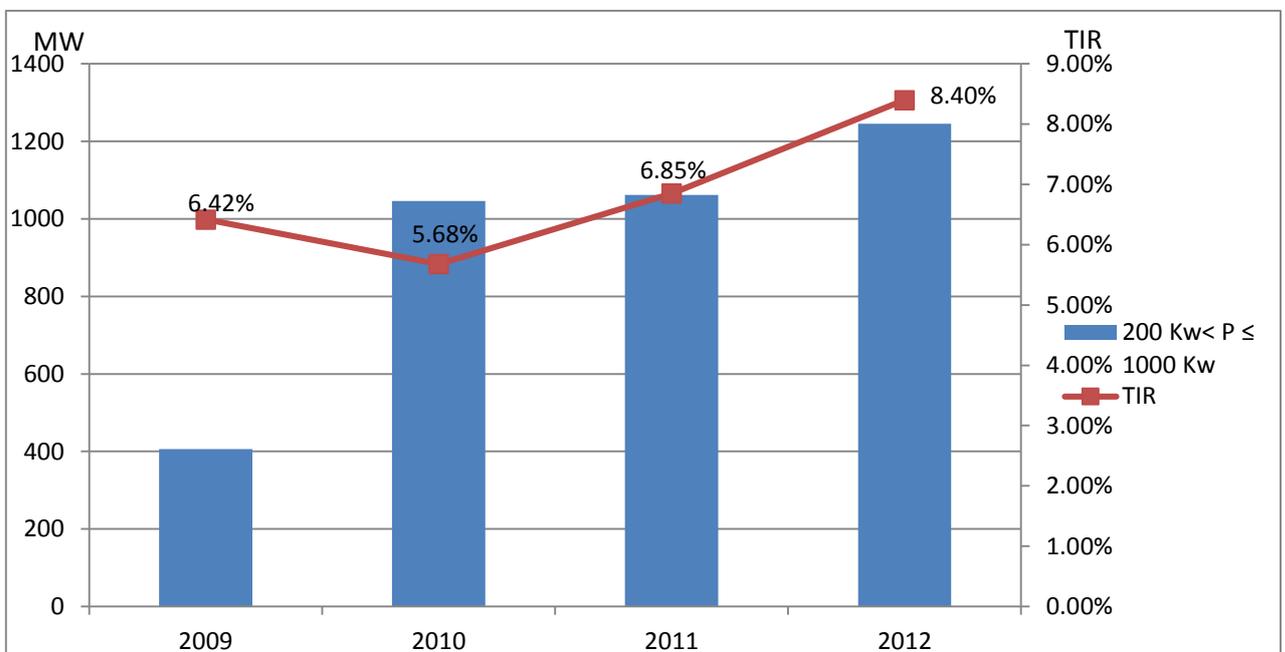


Grafico n 39 Confronto MW installati per impianti fotovoltaici superiori a 1000 KW con TIR per impianti da 200KW. Grafico di mia elaborazione fonte dati Archivierte Datenmeldungen Bundesnetzagentur, e TIR pag69.

## Produzione elettrica derivante da fotovoltaico in Germania

Il grafico n40 mostra l'evoluzione della produzione di energia elettrica derivante da fonte fotovoltaica in Germania che ovviamente aumenta all'aumentare dei MW installati.

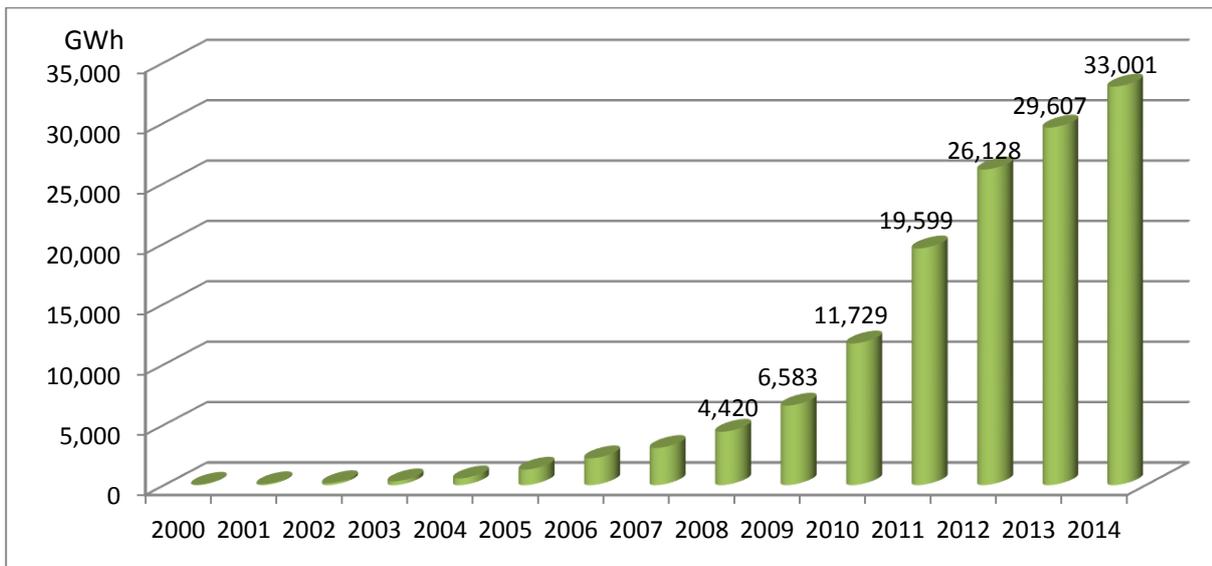


Grafico 36 GWh prodotti da energia fotovoltaica in Germania. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati : Bundesnetzagentur.

Il settore fotovoltaico tedesco è cresciuto in maniera costante dal 2000 al 2008, successivamente la diminuzione del costo dei pannelli cinesi ha provocato un incremento notevole del settore negli anni che vanno dal 2009 al 2012. Dal 2013 al 2014 il settore comincia a rallentare a causa dei drastici tagli applicati alle feed-in tariffs. In riferimento alla spesa pubblica del fotovoltaico la Germania ha erogato una cifra di circa 41 miliardi di euro dal 2000 fino al 2013 (Frauhofer, 2015).

# Comparazioni in termini di efficacia, efficienza e profittabilità del mercato fotovoltaico italiano e tedesco

## Criteri di efficacia, efficienza e metodologia di sviluppo dei dati

Per efficacia si intende la capacità di raggiungere un determinato obiettivo. Nel caso del confronto dei mercati fotovoltaici dei due paesi essa verrà misurata rapportando i MW di potenza installata e annualmente cumulata con la rispettiva popolazione.

Per quanto riguarda la misura di efficienza essa si divide in tre parti: efficienza allocativa, efficienza sociale ed efficienza tecnica.

*“L’efficienza allocativa si ha quando non è possibile riallocare le risorse in modo da produrre una diversa combinazione di beni e servizi, grazie alla quale qualcuno stia meglio senza che nessuno stia peggio”.* (Richard G. Lisey K. Alec Chrystal, 1999, pag 433). Per lo scopo di questa tesi le risorse vengono considerate come incentivi statali per la promozione del fotovoltaico, mentre i beni e servizi prodotti vengono considerati come installazioni di MW. La misura dell’efficienza allocativa è ottenuta quindi tramite il rapporto annuale tra totale dei MW cumulati e incentivi erogati annualmente.

Per efficienza sociale si intende come è possibile riallocare le risorse in modo che tutta la comunità possa trarne beneficio. In questo caso essa è rappresentata dal beneficio che la produzione di energia fotovoltaica porta all’ambiente e conseguentemente a tutta la comunità. La misura dell’efficienza sociale è ottenuta rapportando i Gwh annualmente prodotti con gli incentivi annualmente erogati.

*“La definizione alla base dell’analisi dell’efficienza tecnica si deve a Koopmans (1951). Un produttore è tecnicamente efficiente se può aumentare la produzione di un output solo riducendo la produzione di almeno un altro output o aumentando l’impegno di almeno un input e se può ridurre l’impegno di un input solo aumentando l’impegno di almeno un altro input o riducendo la produzione di almeno un output. Intuitivamente il concetto di efficienza tecnica si riferisce all’abilità di ricavare la massima quantità di output dai fattori impiegati o di usare la minima quantità di fattori per realizzare il livello di prodotto prefissato”* (, Gian Paolo Barbetta, Gilberto Turati, 2007, pag 91). Nel caso di questa tesi viene considerata l’efficienza tecnica dei fornitori degli impianti fotovoltaici nei due paesi. Questa misura è ottenibile paragonando il costo degli impianti fotovoltaici in Italia e Germania.

## Comparazione dell'efficacia tra le installazioni di fotovoltaico in Italia e Germania

Nel grafico n37 sono riportate tutte le misure di efficacia del mercato fotovoltaico italiano e tedesco. I dati del grafico derivano dal database BP per quanto riguarda le installazioni cumulative di MW, mentre dalla Word Bank quelli in riferimento alla popolazione annua di ciascun paese. Dal grafico è nettamente visibile come il mercato tedesco si nettamente più efficace di quello italiano.

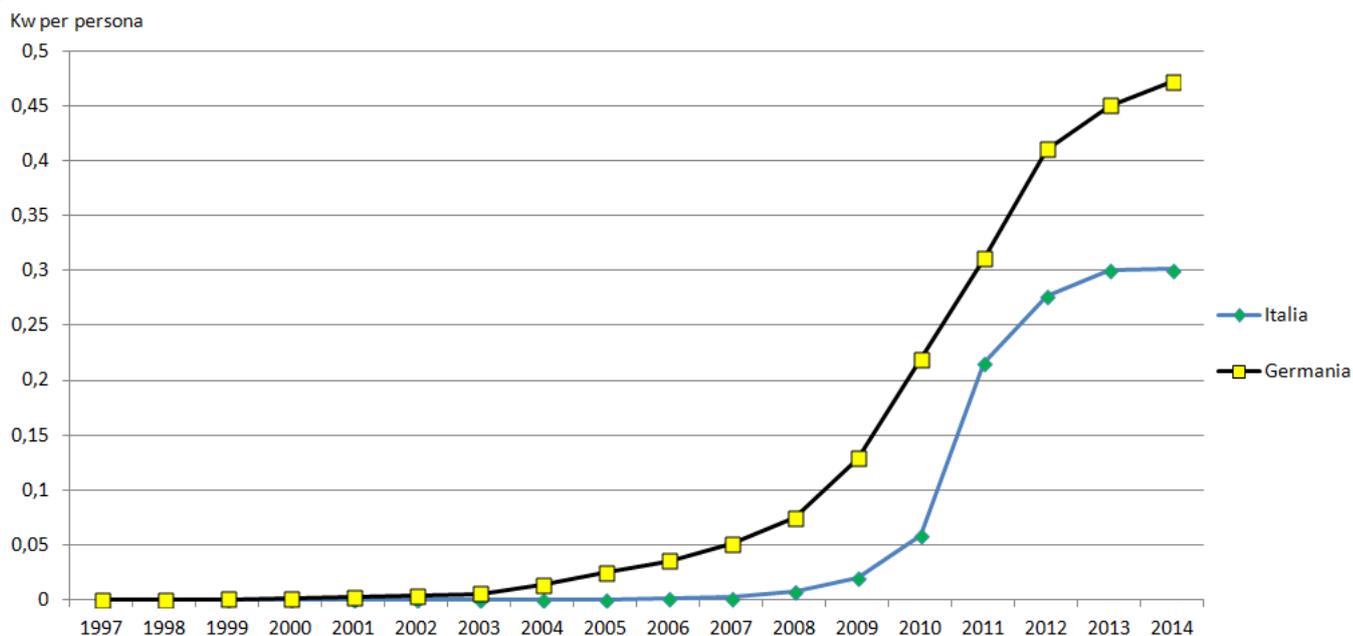


Grafico n 37 Kw per persona in Italia e Germania. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: (Bp, 2015) (Word Bank).

## Comparazione dell'efficienza allocativa e efficienza allocativa sociale tra le installazioni di fotovoltaico in Italia e Germania

La prima misura che viene presa in considerazione è quella relativa all'efficienza allocativa. Come detto prima, questa misura è stata ottenuta rapportando le installazioni cumulative annualmente di MW con gli incentivi erogati annualmente. Per quanto riguarda le installazioni di MW, i dati di entrambi i paesi provengono sempre dal database BP. Mentre quelli sugli incentivi annualmente erogati per il fotovoltaico in Germania, provengono dal ministero dell'ambiente tedesco (Bundesnetzagentur). Quelli per l'Italia provengono da GSE. I risultati della comparazione per efficienza allocativa tra i due paesi sono riportati nel grafico n38.

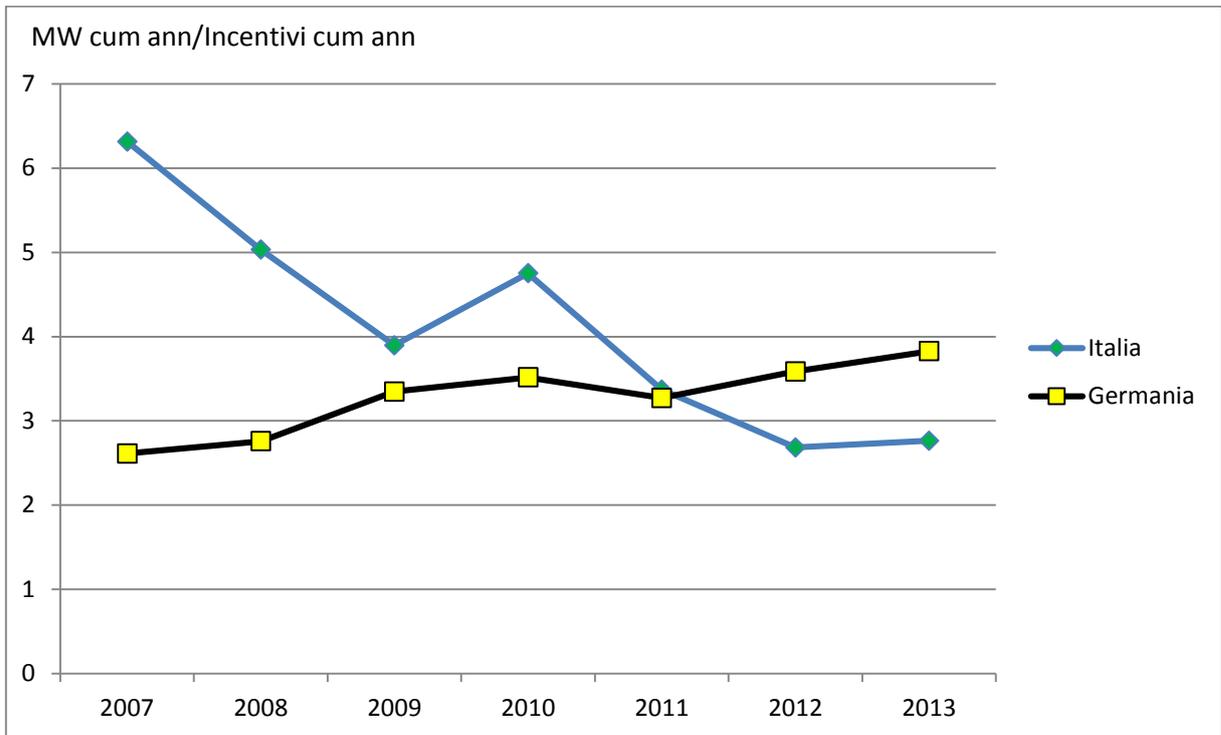


Grafico n38 Comparazione efficienza allocativa tra Italia e Germania. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: (Source Bp, 2015) (Bundesnetzagentur, 2014) (GSE, 2014).

Dal seguente grafico è possibile notare che dal 2007 al 2011 l'Italia risulta avere più efficienza allocativa della Germania. C'è da dire che la Germania, avendo iniziato già nel 2000 lo sviluppo del fotovoltaico, nel 2007 contava 4170 MW installati contro i 120 dell'Italia. Quando anche il settore italiano comincia ad avere cifre rilevanti (fine 2011) è possibile notare che la Germania abbia una maggiore efficienza allocativa. Basti pensare che nel 2013, per ogni milione di euro erogato per gli incentivi, in Italia sono stati installati 2,76 MW di potenza, mentre in Germania 3,82.

Per quanto riguarda la misura dell'efficienza sociale verranno rapportati i Gwh annualmente prodotti dall'energia fotovoltaica con gli incentivi erogati annualmente. I Gwh prodotti in Germania sono stati reperiti dal ministero dell'ambiente tedesco (Bundesnetzagentur), mentre quelli prodotti in Italia hanno come fonte il rapporto statistico sul fotovoltaico GSE 2014. Gli incentivi sono gli stessi usati per il calcolo dell'efficienza allocativa. I risultati ottenuti sono riportati nel grafico n39.

Dal grafico è possibile notare che dal punto di vista dell'efficienza sociale l'Italia risulti sempre superiore alla Germania, anche quando quest'ultima diventa più efficiente dal punto di vista allocativo. La ragione di un risultato migliore dell'Italia in questa misura di efficienza va ricercata semplicemente nella differenza di irraggiamento solare dei due paesi come la figura n5 e n6 mostrano.

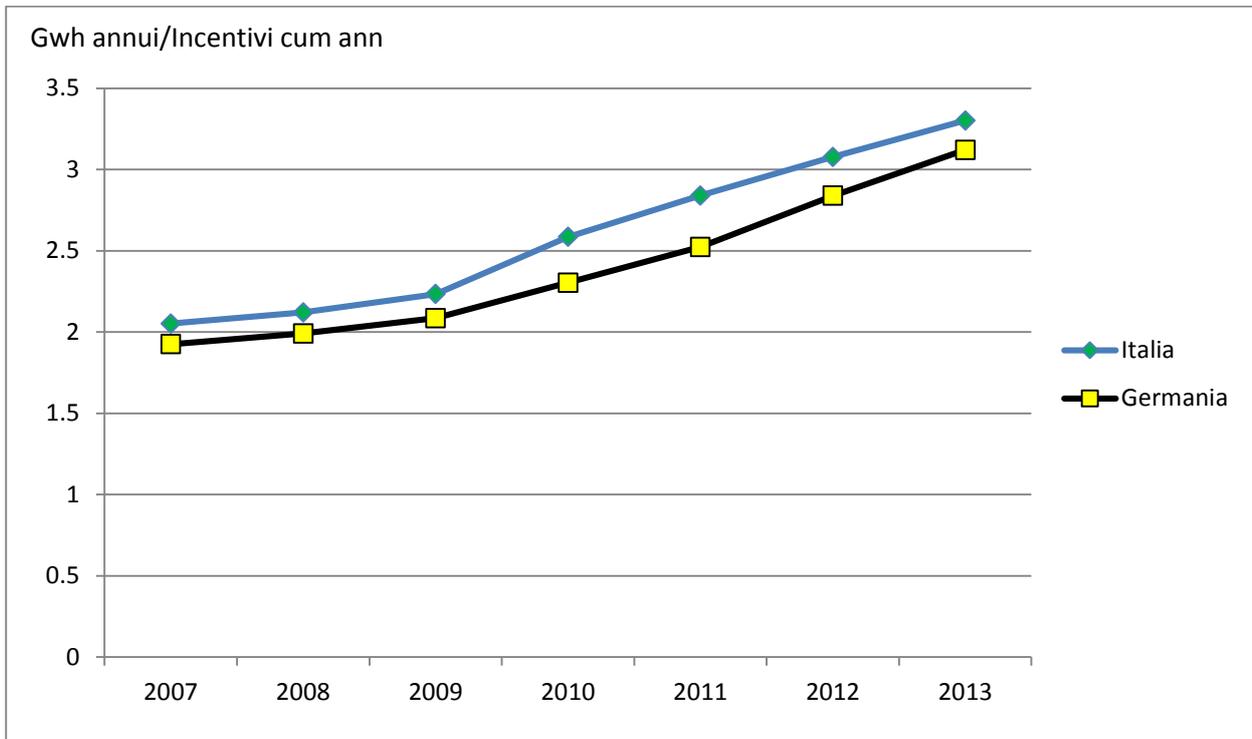


Grafico n39 Comparazione efficienza sociale. Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: (Bundesnetzagentur) (GSE,)

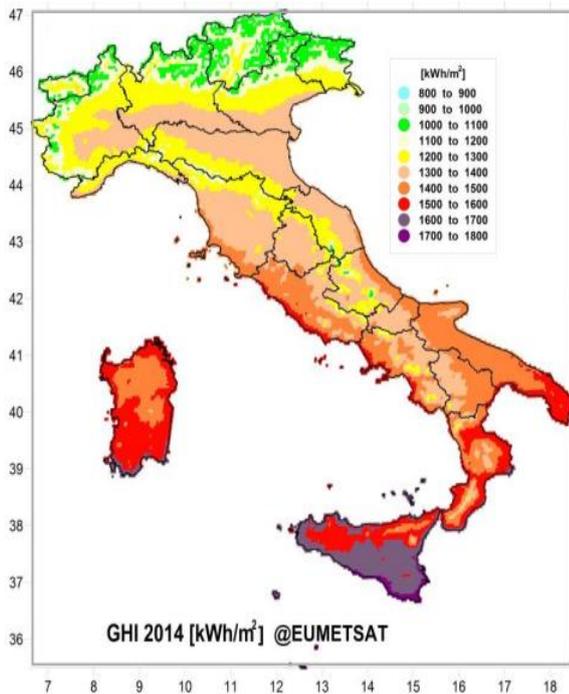


Fig n5 irraggiamento solare in Italia 2014.  
 Fonte figura: (Solare fotovoltaico - rapporto statistico GSE 2014, Elaborazione a cura di RSE su dati EUMETSAT ottenuti tramite licenza rilasciata dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare [53] )

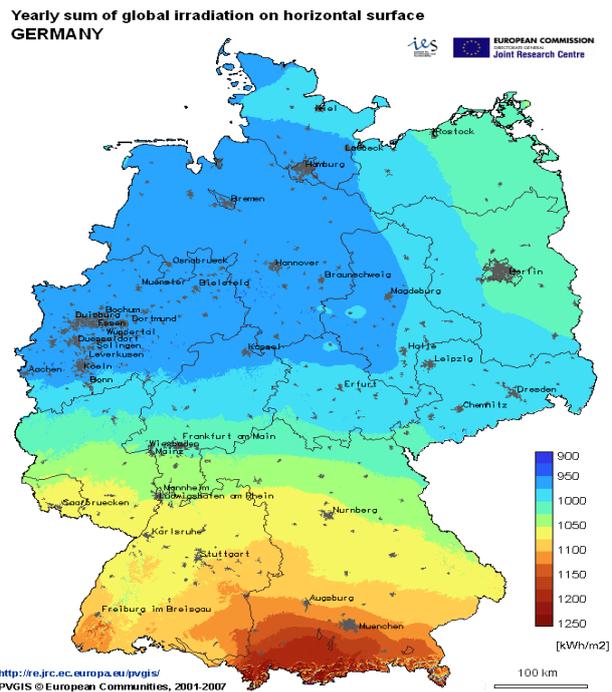


Fig 6 irraggiamento solare Germania 2007.  
 Fonte figura: European Commission

L'efficienza tecnica tra i due paesi è misurata confrontando il prezzo di vendita degli impianti fotovoltaici. Come si può notare dal grafico n 40, che paragona il costo €/W in Italia e Germania, l'efficienza tecnica è superiore in Germania anche se col tempo questo divario sembra assottigliarsi.

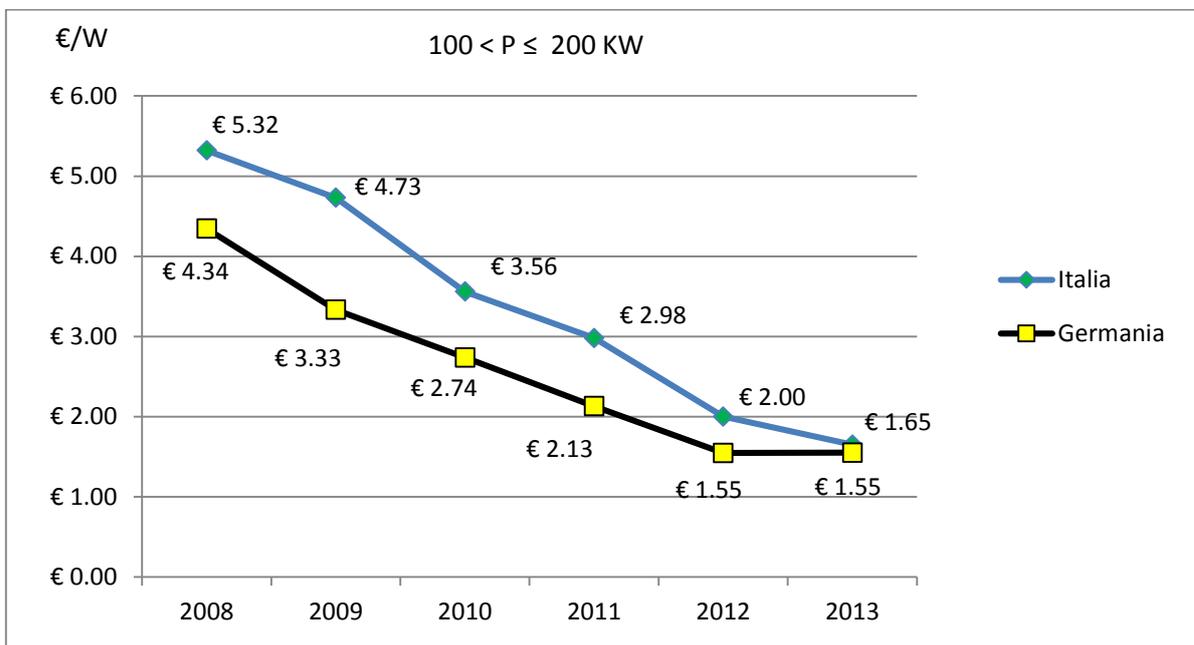


Grafico n40 Confronto prezzi per impianti fotovoltaici Italia Germania, categoria da  $100 < P \leq 200$  KW . Grafico di mia elaborazione. Fonte dati: Studi GSE 2014, reports Trends in Photovoltaic Applications dal 2008 fino al 2014, IEA) (national reports photovoltaic Germany, IEA).

Osservando il grafico n10, si può notare come il costo maggiore che più influisce su un impianto fotovoltaico sono i moduli. I quali, nel tempo, grazie all'importazione cinese, hanno abbassato notevolmente il loro costo. Considerando quindi che l'importazione di questi moduli avveniva sia in Italia e sia in Germania (Joachim Sell, Galen L. Barbose, Ryan H. Wiser, 2014) una spiegazione, a mio avviso possibile per la differenza di efficienza tecnica è una strategia di discriminazione del prezzo di terzo grado.

## Comparazione tra l'evoluzione della profittabilità dell'investimento tra il mercato fotovoltaico italiano e tedesco

Come i grafici n 43, 44, 45 e 46 dimostrano la profittabilità del mercato italiano risulta ampiamente superiore per tutte le categorie di impianti presi in considerazioni. Considerando il fatto che come il grafico n40 dimostra i prezzi degli impianti fotovoltaici erano molto più bassi in Germania rispetto all'Italia si può arrivare alla conclusione che le feed-in tariffs per il fotovoltaico sono state sicuramente troppo elevate.

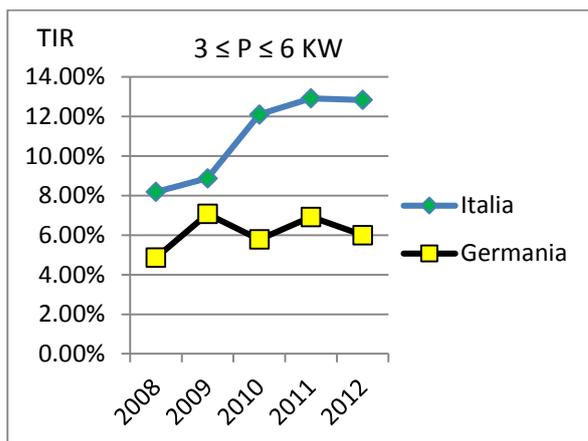


Grafico n43 Comparazione TIR tra Italia e Germania per impianti che vanno da 3 a 6 Kw di potenza. Grafico di mia elaborazione.

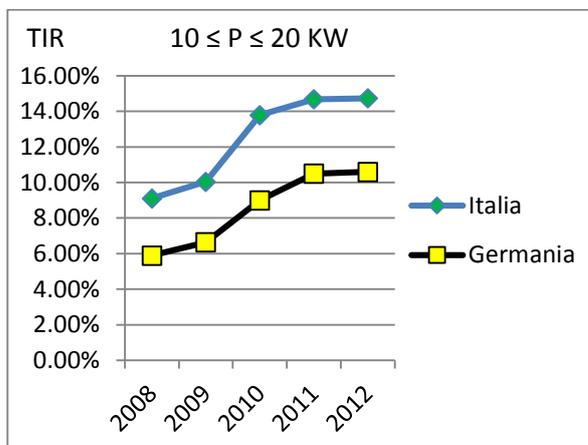


Grafico n44 Comparazione TIR tra Italia e Germania per impianti che vanno da 10 a 20 Kw di potenza. Grafico di mia elaborazione.

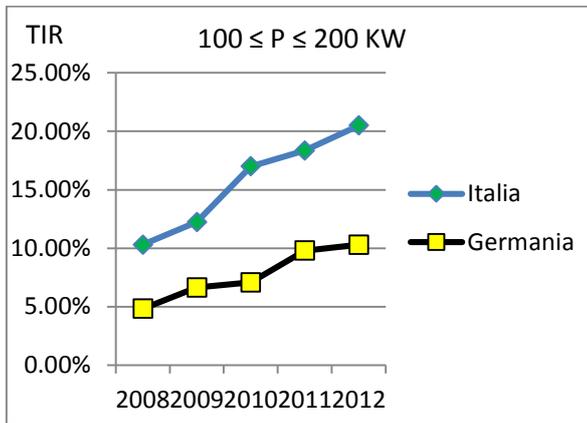


Grafico n46 Comparazione TIR tra Italia e Germania per impianti che vanno da 100 a 200 Kw di potenza. Grafico di mia elaborazione.

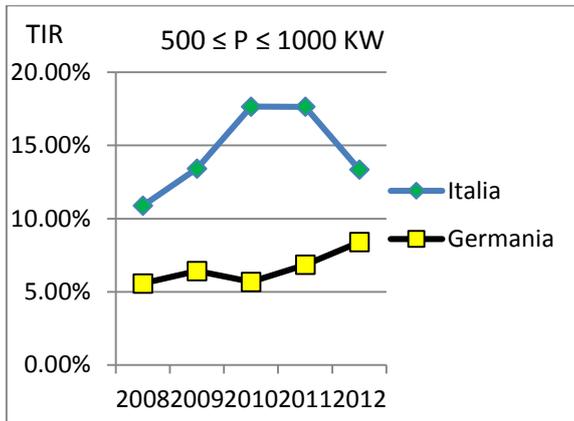


Grafico n46 Comparazione TIR tra Italia e Germania per impianti che vanno da 500 a 1000 Kw di potenza. Grafico di mia elaborazione.

## Conclusioni finali sulle comparazioni

Il mercato fotovoltaico tedesco si è rivelato sicuramente sempre più efficace rispetto a quello Italiano. Dal punto di vista dell'efficienza allocativa risulta ancora superiore la Germania in quanto con l'erogazione di meno incentivi ha installato più MW, stessa cosa vale anche per l'efficienza tecnica dove i prezzi degli impianti fotovoltaici italiani risultano sempre maggiori. Solo da punto di vista dell'efficienza sociale l'Italia a causa dell' maggiore irraggiamento risulta superiore. Paragonando le condizioni di profittabilità degli impianti essi risultano sempre superiori in Italia nonostante i prezzi per l'acquisto degli impianti risultassero superiori in Germania. Questo fatto a mio avviso è una prova evidente che il mercato fotovoltaico italiano è stato “dopato” con tariffe incentivanti troppo alte le quali hanno portato ad un minor numero di installazioni della Germania spendendo di più.

## Riferimenti bibliografici

Bloomberg New Energy Finance, <http://about.bnef.com/resource-centre/>

Böhringer C ,KellerA, Van der Werf E, (2013), “*Are green hopes too rosy? Employment and welfare impacts of renewable energy promotion*”, *Energy Econ*”, 36:277–85.

Borsa Italiana, (2013), “*Il moltiplicatore fiscale*”, <http://www.borsaitaliana.it/notizie/sotto-lalente/moltiplicatore-fiscale-144.htm>.

BP, (2015), “*Statistical-review-of-world-energy-2015-workbook*”

Bundesnetzagentur, (2014), “*Archivierte Datenmeldungen*”  
[http://www.bundesnetzagentur.de/cln\\_1411/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Photovoltaik/ArchivDatenMeldgn/ArchivDatenMeldgn\\_node.html](http://www.bundesnetzagentur.de/cln_1411/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Photovoltaik/ArchivDatenMeldgn/ArchivDatenMeldgn_node.html)

Bundesnetzagentur, (2002), “*Stand der Markteinführung und der Kostenentwicklung von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien*”

Bundesnetzagentur. Retrieved, (2015), “*Photovoltaikanlagen: Datenmeldungen sowie EEG-Vergütungssätze*” [*Monthly reported new installations of PV systems and current feed-in tariffs of the German Renewable Energy Act*] (in German)”

Carbon Tracker, GranthamResearch Institute on Climate Change and the Environment, LSE, (2013), “*Unburnable Carbon 2013: Wasted capital and stranded assets*”

Christiano L, EichenbaumM ,RebeloS, (2011), “*When is the government spending multiplier large?*”, *J Polit Econ*, 119:78–121

Comunicati stampa parlamento europeo, 17/12/2008

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co, (2011), “*Wege zur 100% erneuerbaren Stromversorgung*”, Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU)”

Erneuerbare-Energien-Gesetz, (2014)

EurObserv ER, (2014) ,”*The state of renewable energies in Europe edition 2014*”

EurObserv ER, (2014) , “*BMWi*”

European Commission, (2014), “*Energy Security Strategy*”  
<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/energy-security-strategy>

European Commission, (2014), “*Press release database*”, [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-14-54\\_it.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-54_it.htm)

European Commission., (2012), “*Quartely report on European electricity markets*”

EuroStat, (2013), *“Produzione e importazioni di energia”*

EuroStat, (2015), *“Energy price statistics”*, [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy\\_price\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_price_statistics)

Felix Creutzig, Jan Christoph Goldschmidt, Paul Lehmann, Eva Schmid, Felix von Blucher, Christian Breyer, Blanca Fernandez, Michael Jakob, Brigitte Knopf, Steffen Lohrey, Tiziana Susca, Konstantin Wiegandt, (2014), *“Catching two birds with one renewable stone: Mitigating climate change and Eurozone crisis by an energy transition, Renewable and Sustainable”*, Energy Reviews, 38 pag 1015-1028

Filippo Spertino, Paolo Di Leo Valeria Cocina, (2013), *“Economic analysis of investment in the rooftop photovoltaic systems: A long-term research in the two main markets”*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 28 pag 531-540.

Fraunhofer ISE, (2015), *“Recent facts about Photovoltaics in Germany”*

GANG CHEN, (2011), *“From mercantile strategy to domestic demand stimulation: changes in China’s solar PV subsidies”*, Asia Pacific Business Review 2015

Gian Paolo Barbeta Gilberto Turati, (2007), *“Organizzazione industriale dei sistemi di welfare”*, Vita e pensiero, Milano, pag 91

GSE, (2012), *“Incentivazione degli impianti fotovoltaici relazione attività 2011”*

GSE, (2014), *“Risultati incentivazione conto energia”*  
[http://www.gse.it/it/Conto%20Energia/GSE\\_Documenti/Fotovoltaico/05%20Risultati%20incentivazione/TOTALE\\_DEI\\_RISULTATI\\_DEL\\_CONTO\\_ENERGIA.pdf](http://www.gse.it/it/Conto%20Energia/GSE_Documenti/Fotovoltaico/05%20Risultati%20incentivazione/TOTALE_DEI_RISULTATI_DEL_CONTO_ENERGIA.pdf)

GSE, (2013), *“Incentivazione degli impianti fotovoltaici relazione attività 2012”*

GSE, (2014), *“Incentivazione degli impianti fotovoltaici relazione attività 2013”*

GSE, (2014), *“Solare fotovoltaico Rapporto statistico 2013”*

GSE, (2015), *“Solare fotovoltaico Rapporto statistico 2014”*

GSE, Atlasole *“Atlante degli impianti fotovoltaici”*, <http://atlasole.gse.it/atlasole/>

Held AM, (2010), *“Modelling the future development of renewable energy technologies in the European electricity sector using agent-based simulation”*

Holz F, vonHirschhausenC, (2013), *“The infrastructure implications of the energy transformation in Europe until 2050”*, lessons from the EMF28 modeling exercise. Clim Change Econ, 2013:4.

International Energy Agency, (2008), *“National Survey Report of PV Power Applications in Germany 2008”*

International Energy Agency, (2011), *“National Survey Report of PV Power Applications in Germany 2010”*

International Energy Agency, (2012), *“National Survey Report of PV Power Applications in Germany 2011”*

International Energy Agency, (2013), *“National Survey Report of PV Power Applications in Germany 2012”*

International Energy Agency, (2014), *“National Survey Report of PV Power Applications in Germany 2013”*

International Energy Agency, (2008), *“Annual Report 2008. Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS)”*

International Energy Agency, (2009), *“Annual Report 2009. Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS)”*

International Energy Agency, (2010), *“Annual Report 2010. Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS)”*

International Energy Agency, (2011), *“Annual Report 2011. Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS)”*

International Energy Agency, (2013), *“Annual Report 2012. Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS)”*

International Energy Agency, (2014), *“Annual Report 2013. Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS)”*

International Institute for sustainable development, (2014), *“Spain’s solar pv investment bubble”*

International Institute for sustainable development, (2014), *“Germany’s Green Industrial Policy Stable Policies – Turbulent Markets: The costs and benefits of promoting solar PV and wind Energy”*

Ippc, (2013), *“CLIMATE CHANGE 2013 The Physical Science Basis”*

Joern Hoppmann, Joern Huenteler, Bastien Girod, (2014), *“Compulsive policy-making-The evolution of the German feed-in tariffs for solar photovoltaic power evolution”*, Research Policy, 43 (2014) 1422-1441

John Maynard Keynes, (1936), *“The General Theory of Employment, Interest and Money”*, Macmillan, Londra, pag 161-162

Joint Research Center <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Knopf B, Bakken B, Carrara S, Kanudia A, Keppo I, Koljonen T, (2013), *“Transforming the European energy system: Member States’ prospects within the EU framework”*, *Clim Change Econ*, 2013:4.

La Stampa, (2014), *“In Spagna l’eolico è ormai la prima fonte di energia”*  
<http://www.lastampa.it/2014/01/13/scienza/ambiente/in-spagna-leolico-ormai-la-prima-fonte-di-energia-4DrvpXAkNrXzHUQQ3V4UP/pagina.html>

Lantz E, Wiser R, Hand M IEA, (2012), *“The Past and Future Cost of Wind Energy”*, Wind Task, pag 26.

Marco Antonelli, Umberto Desideri, (2014), *“The doping effect of Italian feed-in tariffs on the PV market”*, *Energy Policy*, 67 pag 583-594

Nieuwsblad.be, (2014), *“Dossier zonnepanelen”*

Oliver J. Blanchard, Daniel Leigh, (2013), *“Effects of fiscal policy in deep recessions: simple and hopefully credible empirical evidence. Growth Forecast Errors and Fiscal Multipliers”*, *American Economic Review: Papers & Proceedings*, 103(3): 117-120.

Photon Magazine, PVinsights, (2010)

PV Magazine, (2014), *“Greece added just 13 MW in 2014”*  
[http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/greece-added-just-13-mw-in-2014-\\_100018626/#axzz3pnGIM240](http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/greece-added-just-13-mw-in-2014-_100018626/#axzz3pnGIM240)

PV Magazine, 2015, *“Global inverter market shrinks 4€, Asian suppliers gaining”*  
[http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/global-inverter-market-shrinks-4--asian-suppliers-gaining--says-ihs\\_100019340/#axzz3pOqxS0Mm](http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/global-inverter-market-shrinks-4--asian-suppliers-gaining--says-ihs_100019340/#axzz3pOqxS0Mm)

PVinsights, (2012), *“Renewables 2012, Global Status Report”*

Qual Energia, (2015), *“Batterie per il FV: come sta andando l’incentivo in Germania”*  
<http://www.qualenergia.it/articoli/20150407-batterie-il-fotovotaico-come-sta-andando-l-incentivo-germania>

Qual Energia, (2014), *“Fotovoltaico la Cina conferma i dazi al silicio da Usa a Corea del Sud”*, <http://www.qualenergia.it/articoli/20140121-fotovoltaico-la-cina-conferma-i-dazi-al-silicio-usa>

Qual Energia, (2015), *“Eolico in Italia installati solo 107 MW nel 2014”*,  
<http://www.qualenergia.it/articoli/20150121-eolico-italiano-un-crollo-nel-2014-installati-solo-107-mw>

Renewable Energy Sources Act EEG, (2008), *“Revising the Legislation on Renewable Energy Sources in the Electricity Sector and Amending Related Provisions”*

Renewable Energy Sources Act EEG, (2012)

Richard G.Lisey K. Alec Chrystal, (2006), "*Economia MicroEconomia*", Zanichelli, Bologna,

Rutovitz J, Atherton, (2009), "*A. Energy sector jobs to 2030: a global analysis. (Final report for Greenpeace International)*", Institute for Sustainable Futures.

SchmidE ,KnopfB, (2014), "*Quantifying the long-term economic benefits of European electricity system integration, FEEM Working Paper*", Nota di Lavoro 2014.003

Sissi Bellomo, (2015), "*Che mondo sarebbe senza il petrolio a 21 dollari ?*", Il Sole 24 ORE

Sissi Bellomo, (2016), "*Credito esaurito per lo shale oil. Arriva l'ora dei tagli (anche di produzione)*", Il Sole 24 ORE

Studi GSE, (2014), "*Italian experience in deploying renewable energy 2014*"

Suri M, Huld TA, Dunlop ED, Ossenbrink HA, (2007), "*Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries*", Sol Energy, 81

Terna, (2014), "*Annuario Statistico*"

The Milk Sun, (2015), "*Fotovoltaico Francia 2015: transizione energetica a gonfie vele*"  
<http://it.blog.milkthesun.com/fotovoltaico-nel-mondo/fotovoltaico-francia-2015>

V Di Dio, S.Favuzza, D.La Cascia, F.Massarò, G.Zizzo, (2014), "*Critical assessment of support for the evolution of photovoltaics and feed-in tariff(s) in Italy, Sustainable Energy Technologies and Assessments*"

Valentina Mazzarini, 2010, "*VALUTAZIONI AMBIENTALI DEL CICLO DI VITA DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO*", Università di Bologna Tesi di laurea specialistica

Valeria Concetta Cocina, (2014), "*Economy of grid-connected photovoltaic systems and comparison of irradiance/electric power predictions vs. experimental results*", Politecnico di Torino, [Doctoral thesis]

Word Bank, (2014), "*Energy imports net*"

Word Bank, (2014) "*Population Total*"

## Ringraziamenti

Volevo ringraziare prima di tutto il professor Fulvio Fontini, il quale mi ha aiutato a sviluppare e migliorare il lavoro oggetto di questa tesi. Un ringraziamento particolare va ai miei genitori Cristina e Ramiro, i quali mi hanno supportato finanziariamente e soprattutto moralmente durante tutta la durata dei miei studi. Ringrazio inoltre i miei fratelli per aver progressivamente ascoltato gli sviluppi di questa tesi, convincendomi sempre della validità del mio lavoro. Un caloroso ringraziamento va anche ai miei nonni Renzo e Rosangela per il supporto logistico e morale che mi hanno dato durante la stesura di questo lavoro. Ringrazio inoltre i miei amici Lorenzo, Massimo, Rosario e Margherita per i bei momenti trascorsi durante i miei studi a Padova. Un caloroso ringraziamento va anche ad Antonio, Michela e Giovanni con i quali ho passato mesi bellissimi durante lo svolgimento del progetto Erasmus presso la “Poznań University of Economics”. Un ultimo ringraziamento va a tutti i miei amici di Marostica con i quali sono cresciuto ed ho condiviso momenti importanti.