

Titolo II

Dispositivo di piano: linee di indirizzo, pianificazione e programmazione

Capitolo II.1

Analisi relativa alla produzione

Paragrafo II.1.3.

Impianti alimentati da fonti rinnovabili

II.1.3.3.

Impianti solari fotovoltaici

Prof. Ing: Segio Sibilio

DETEC - Università degli studi di Napoli FEDERICO II

Tel. 081/7682304

Fax. 081/2390364

Email - sibilio@unina.it

Indice

Introduzione

Situazione preesistente sul territorio regionale

Potenzialita' di diffusione:criteri di valutazione

Potenzialita' della produzione di energia elettrica, di emissioni evitate, di risparmio di energia primaria e valutazione economica

Potenzialita' di produzione di energia elettrica

Analisi economica

Emissioni evitate

Aspetti giuridici e quadro normativo

Regolamenti edilizi, norme elettriche, regime tariffario, regime fiscale

Bibliografia

Introduzione

L'Italia è in una fascia di latitudine particolarmente interessante per lo sfruttamento dell'energia solare essendo essa diffusa in maniera piuttosto omogenea sul territorio nazionale rispetto ad altre fonti rinnovabili, di conseguenza, nell'ambito dell'utilizzo di queste fonti, l'energia solare ricopre sicuramente un ruolo di prim'ordine nelle strategie di diversificazione delle risorse energetiche; ciò è a maggior ragione vero per alcune zone, come la Campania, favorite da un punto di vista geografico (latitudine) e climatico. Il valore medio annuale della irradiazione globale solare incidente sul piano orizzontale è compreso tra 4,0 e 4,2 kWh/m² giorno, corrispondenti a 1.460-1.533 kWh/m² anno, con una variazione massima tra le varie zone della regione del 5%.

Fra le diverse tecnologie messe a punto per lo sfruttamento dell'energia solare, quella fotovoltaica (PV), che consente di trasformare direttamente l'energia solare in energia elettrica, è la più innovativa e promettente, a medio e lungo termine, in virtù delle sue caratteristiche di modularità, semplicità, affidabilità, ridotte esigenze di manutenzione, nonché del suo prevedibile sviluppo tecnologico.

La tecnologia più diffusa nel campo delle celle fotovoltaiche è quella del silicio mono e multicristallino, opportunamente drogato, con cui si realizzano delle tipiche celle di forma quadrata con una superficie tra i 100 e i 225 mm², e con spessore tra 0,25 e 0,35 mm (comunque inferiore a 0,5 mm). La cella, sottoposta ad un irraggiamento di 1 kW/m² ad una temperatura di 25 °C, produce una corrente di intensità compresa tra i 3 e 4 A ad una tensione di 0,5-0,6 V e una potenza corrispondente di 1-2W_p (watt di picco). I moduli fotovoltaici attualmente più diffusi in commercio sono ottenuti grazie all'aggregazione di 36 celle in genere disposte su quattro file parallele e di solito collegate elettricamente in serie tra di loro ed incapsulate tra un foglio di plastica ed una lastra di vetro. Le celle utilizzate comunemente sono al silicio mono e policristallino. Il modulo così fatto ha una superficie di circa 0,5 m², uno spessore variabile tra i 4 e i 6 cm e il peso compreso tra 6 e 21 kg; Il modulo fotovoltaico eroga una potenza di 40-50 W_p a secondo del tipo e dell'efficienza delle celle utilizzate e, in condizioni di pieno soleggiamento, mantiene ai morsetti una tensione di lavoro di circa 17 V.

Il campo di applicazione della tecnologia fotovoltaica è molto ampio e le applicazioni si dividono tra quelle per utenze isolate (stand-alone) e quelle connesse alla rete di distribuzione dell'energia elettrica (grid-connected). Nel primo caso si hanno numerose applicazioni nei settori dell'agricoltura, industria, telecomunicazioni, sanitario, servizi pubblici e residenziale per utenze isolate; nel secondo caso le applicazioni riguardano soprattutto sistemi integrati negli edifici e collegati alla rete di bassa tensione.

Situazione preesistente sul territorio regionale

Per quanto riguarda gli impianti di generazione e supporto alla rete, in Campania si trova la centrale fotovoltaica di Serre (SA) da 3,3 MW realizzata dall'ENEL ed entrata in funzione alla fine del 1994; tale centrale è tra le più grandi del mondo, e si sviluppa su un territorio di circa 5 ettari e mezzo in cui sono installati 45.000 moduli pari ad oltre 2.600.000 celle. Il campo fotovoltaico è suddiviso in 10 sottocampi, ognuno da 330 kW, con una superficie di 26.500 m². La producibilità media annua è di circa 4.220.000 kWh/anno che, tramite una derivazione da una linea aerea, sono convogliati alla rete elettrica nazionale di distribuzione a 20 kV.

Per quanto riguarda gli impianti di piccola taglia non sono disponibili informazioni circa il numero e la potenza delle installazioni ad oggi operative

Potenzialità di diffusione: criteri di valutazione

La potenzialità sul territorio regionale della risorsa solare con la tecnologia delle celle fotovoltaiche, per applicazioni diffuse con moduli di piccola potenza collegati alla rete elettrica, può essere valutata attraverso la stima dell'energia solare annua per unità di superficie effettivamente convertita in energia elettrica (E_{com}), e dalla disponibilità sul territorio della superficie potenzialmente captante. La valutazione di questa superficie a livello regionale, ma anche su scala molto più ridotta come quella comunale, comporta l'effettuazione di indagini territoriali di non facile realizzazione. Tuttavia, utilizzando i risultati di uno studio effettuato a livello comunitario¹ da M. van Brummelen ed E.A. Alsema ("Estimation of the PV potential in OECD countries" 12th European PVSEC, Amsterdam, 1994) ed accettato dall'Unione Europea ("Photovoltaics in 2010", Luxembourg, 1996), risulta possibile stimare in prima approssimazione la superficie captante disponibile nella Regione Campania. La stima, sufficientemente conservativa, riportata in questo studio, assegna all'Italia un potenziale di circa 3.300 km² (di cui 542 km² di coperture di edifici, facciate, ecc.) che, rapportati alla superficie campana, corrispondono complessivamente a circa **149,5 km²**; di questi **24,5 km²** corrispondono alle coperture di edifici e facciate, e la parte rimanente alla superficie di terreni agricoli dismessi. La Regione Campania dispone, infatti, di un'ampia superficie agricola non utilizzata (**66,6 kha**, ISTAT, Statistiche forestali, 1994). Di questa superficie, circa **125 km²** risultano inutilizzati per motivi di carattere economico, e quindi potenzialmente idonei per l'installazione di campi fotovoltaici: un'ipotesi di diffusione di questo tipo di impianti può essere quella di impegnare al 2010 solo l'1% (**1,25 km²**) di questa superficie disponibile.

La valutazione della potenzialità di diffusione del fotovoltaico nella Campania è stata effettuata attraverso la determinazione di due differenti criteri:

¹ Fonte ENEA.

- una valutazione che tenga conto delle domande presentate per accedere ai finanziamenti del programma nazionale “tetti fotovoltaici” (6.6 MW_p), e che quindi esprime un “potenziale” teorico dell’impiego del fotovoltaico. La potenza relativa agli 80 progetti presentati è di circa 1360 kW_p di cui 450 kW_p corrispondono ai 25 progetti rientranti nella disponibilità economica del programma, mentre i restanti 910 kW_p sono quelli relativi agli altri 55 progetti non rientranti nella disponibilità economica. Dunque i 1360 kW_p corrispondenti alla Regione Campania portano alla stima di **un potenziale teorico dell’impiego del fotovoltaico pari a circa il 20% del totale nazionale**. Facendo riferimento agli obiettivi di diffusione del fotovoltaico in Italia riportati nel “Libro Bianco per la valorizzazione energetica delle fonti rinnovabili”, si possono dunque stimare gli obiettivi di diffusione per la Campania in termini di MW_p installati come riportato in tabella 1

	2002 (MW _p)	2006 (MW _p)	2008 – 2012 (MW _p)
Italia	25	100	300
Campania	5	20	60

Tabella 1 – Previsioni di diffusione del fotovoltaico².

- una valutazione che tenga invece conto della disponibilità economica garantita dai finanziamenti di Ministero e Regione. Il Programma “tetti fotovoltaici” per i soggetti pubblici e privati³, gestito direttamente dalle Regioni, prevede per la Campania⁴ la seguente situazione finanziaria:

- contributo ministeriale di 3.967 milioni di lire (2.048.784,52 €) a cui va sottratto il 3% per attività di monitoraggio
- contributo regionale pari a 1.700 milioni di lire (877.976,73 €)
- ulteriore stanziamento di 8 miliardi di lire (4.131.655,19 €) erogato dalla regione,

Il contributo netto complessivo risulta dunque pari a 13.548 milioni di lire (6.996.958,07 €) che serve a coprire il 75% degli investimenti approvati, e quindi la spesa totale riconosciuta è di 18.064 milioni di lire (9.329.277,43 €). Ipotizzando un costo riconosciuto per kW_p installato di circa 15 milioni di lire (7.746,85 €) (IVA esclusa), si può valutare una potenza installabile pari a 1.204 kW_p che, sommata ai precedenti 1.360 kW_p, (ritenendo che vengano tutti installati grazie ad un ulteriore stanziamento del 50% da parte del Ministero dell’Ambiente e del 50% da parte della Regione), portano ad una potenza installabile di 2.6 MW_p (2.564 kW_p) per il 2002 nella regione Campania. I finanziamenti disponibili (Regione e Ministero dell’Ambiente)

² Il valore al 2006 tiene conto dei programmi in avvio; il valore al 2008 –2012 è calcolato sulla base di una crescita media del mercato, nell’intero periodo, analoga a quella registrata negli ultimi anni e pari a circa il 25% l’anno. In caso di ampio successo dei programmi di sviluppo tecnologico, è prevedibile una più marcata diffusione.

³ Decreto n.° 106/2001 del 16/03/2001

⁴ BURC n° 1 del 7 gennaio 2002

coprono dunque, in termini di potenza, circa il 50% (2.6 MWp) del potenziale teorico di diffusione precedentemente ricavato (5 MWp).

Facendo riferimento agli obiettivi di diffusione del fotovoltaico in Italia riportati nel “Libro Bianco per la valorizzazione energetica delle fonti rinnovabili”, si possono dunque stimare gli obiettivi di diffusione per la Campania in termini di MW_p installati, utilizzando i criteri precedentemente fissati ipotizzando che per ogni m² di modulo fotovoltaico si abbia una potenza di 0,1 kW_p, e che il valore medio della superficie che si occupa sia pari a 2,5 m² (superficie occupata), si ottengono, sulla base della doppia valutazione, le seguenti previsioni (tabella 2):

Anno	2002		2006		2008-2012	
Potenza (MW _p)	2,6 ⁽⁵⁾	5	10,4	20	31,2	60
Area pannello (m ²)	26.000	50.000	104.000	200.000	312.000	600.000
Superficie occupata (m ²)	65.000	125.000	260.000	500.000	780.000	1.500.000
% di quella disponibile (24.500.000 m ²) ⁶	0,27	0,51	1,06	2,04	3,18	6,12

Tabella 2 – Valutazione della superficie dei pannelli fotovoltaici installabili e della superficie occupata in base alle ipotesi di sviluppo considerate.

Potenzialita' della produzione di energia elettrica, di emissioni evitate, di risparmio di energia primaria e valutazione economica

Si sono poi valutate le potenzialità da un punto di vista della produzione annuale di energia elettrica, del risparmio di energia primaria e delle emissioni evitate di CO₂ per le stime fatte sulla diffusione del fotovoltaico. Per il confronto con fabbisogno di energia elettrica in Campania si utilizza la tabella del “Gestore della rete di trasmissione nazionale” (Grtn) riferita agli anni 1999 e 2000; di tali consumi ci si riferisce a quelli relativi al settore terziario e domestico in quanto si ritiene che siano questi i settori in cui la tecnologia fotovoltaica possa trovare applicazione diffusa.

Considerato che la crescita del fabbisogno di energia elettrica per i settori terziario e domestico in Campania è stato tra il 1999 e il 2000 dello 0,6%, si utilizza questo stesso trend per gli anni successivi, stimando il fabbisogno per il 2002, 2006 e 2008-2012., come riportato nella tabella 3.

⁵ Potenza stimata installabile in Campania per il 2002 grazie al programma “tetti fotovoltaici”.

⁶ Valutazione ENEA.

Anno	2002	2006	2008-2012
Fabbisogno di energia elettrica (milioni di kWh)	9.485	9.713	10.000

Tabella 3 – Stima del fabbisogno di energia elettrica per i settori terziario e domestico in Campania per gli anni 2002, 2006 e 2008-2012.

Per le emissioni di CO₂ relativamente alla Campania ci si riferisce al monitoraggio effettuato dall'ENEA per le centrali termoelettriche nel decennio 1988-1998 da cui si ricava come l'emissione in atmosfera di questo gas sia diminuita del 42,2% passando da un valore di 2.069.000 di tonnellate del 1988 al valore di 1.195.000 tonnellate del 1998. Supponendo che questa tendenza si mantenga anche per il decennio successivo si può considerare una diminuzione media annua del 4,2%, effettuando così una valutazione di massima (tabella 4) per gli anni 2002, 2006 e 2008-2012 per le emissioni di CO₂ relativamente alla produzione di energia con centrali termoelettriche.

Anno	2002	2006	2008-2012
Emissione di CO ₂ da centrali termoelettriche (tonnellate)	994.240	827.207	Circa 700.000

Tabella 4 – Valutazione di massima delle emissioni di CO₂ a centrali termoelettriche per gli anni 2002, 2006 e 2008-2012.

Si è quindi effettuata una valutazione dell'energia elettrica prodotta, delle emissioni evitate e dell'energia primaria risparmiata in base agli scenari previsti in precedenza, assumendo un rendimento operativo dei pannelli pari al 10% ed un valore di irradiazione solare media annua di 1449 kWh/m²; i risultati sono riportati nella successiva tabella 5.

Anno	2002		2006		2008-2012	
Potenza (MW _p)	2,6 ⁽⁷⁾	5	10,4	20	31,2	60
E _(com) (kWh _e)	3,77*10 ⁶	7,25*10 ⁶	15,07*10 ⁶	28,98*10 ⁶	45,21*10 ⁶	86,94*10 ⁶
% sui consumi elettrici (domestico e terziario)	0,04	0,076	0,16	0,30	0,45	0,87
CO ₂ evitata (tonnellate)	2.639	5.075	10.549	20.286	31.647	60.858
% sul valore totale di CO ₂ prodotta da centrale	0,27	0,51	1,28	2,45	4,52	8,69
Energia primaria risparmiata (kcal) (MJ)	8,294*10 ⁹	15,95*10 ⁹	33,16*10 ⁹	63,76*10 ⁹	99,46*10 ⁹	191,27*10 ⁹
	34,7*10 ⁶	66,77*10 ⁶	138,79*10 ⁶	266,91*10 ⁶	416,37*10 ⁶	800,72*10 ⁶

Tabella 5 – Valutazione dell’energia elettrica prodotta, delle emissioni evitate e dell’energia primaria risparmiata in base agli scenari di sviluppo previsti

Per una valutazione economica basata sulle ipotesi sin qui assunte, si fa una previsione (tabella 6) di massima sia dei costi da sostenere per gli impianti (materiali, installazione, IVA) che dell’entità dei contributi statali, stimando che il costo omnicomprendivo di un tetto fotovoltaico è all’incirca di 20 M£/kW_p (10.329,14 €/kW_p), mentre quello riconosciuto ai fini degli incentivi è mediamente di 15 M£/kW_p (7.746,85 €/kW_p) (IVA esclusa)⁸.

⁷ potenza stimata installabile in Campania per il 2002 grazie al programma “tetti fotovoltaici”.

⁸ Si ricorda che per i costi degli impianti fotovoltaici, relativamente all’intera opera e non alle singole componenti, si applica l’aliquota dell’IVA ridotta al 10% invece che del 20%.

Anno	2002		2006		2008-2012	
Potenza (MW _p)	2,6	5	10,4	20	31,2	60
Costo totale (20 M£/kW _p) miliardi di £ (milioni di €)	52 (26,86)	100 (51,64)	208 (107,42)	400 (206,58)	624 (322,27)	1.200 (619,75)
Costo riconosciuto ai fini contributivi (15 M£/kW _p) miliardi di £ (milioni di €)	35,2 ⁽⁹⁾ (18,23)	75 (38,73)	156 (80,57)	300 (154,94)	468 (241,70)	900 (464,81)
Contributo statale pari al 75% del costo riconosciuto miliardi di £ (milioni di €)	26,5 ⁽²³⁾ (29,08)	56,3 (29,08)	117 (60,43)	225 (116,20)	351 (181,28)	675 (348,61)

Tabella 6 – Previsione di spesa per la diffusione degli impianti fotovoltaici.

Una certa attenzione la meritano anche i “campi fotovoltaici” definendo in questo modo impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza installata superiore a 5 kW_p e che utilizzano superfici non impiegate in altro modo. Si è stimato che in Campania ci sono 660 km² di superficie agricola non utilizzata di cui 125 km² sono ritenuti potenzialmente idonei all’installazione dei suddetti campi fotovoltaici. La valutazione della potenzialità dei campi fotovoltaici, in termini di energia elettrica prodotta per m² di area impegnata, è stata condotta per i capoluoghi della Campania assumendo i pannelli orientati a sud con inclinazione pari a 30° ed assumendo un valore medio annuo dell’energia elettrica ottenibile per m² di area impegnata pari 105,63 kWh_e/m². Ipotizzando dunque di utilizzare solo l’1%, della superficie disponibile si avrebbe a disposizione per l’installazione dei campi fotovoltaici una area di 1,25 km², di cui 625.000 m² occupata dai pannelli veri e propri. Su base annua si otterrebbero quindi i seguenti risultati (tabella 7):

Potenza installata (MW _p)	62,5
Energia elettrica producibile (kWh _e /anno)	132.037.500
Emissioni evitate di CO ₂ (tonnellate/anno)	92.426
Risparmio di energia primaria (kcal/anno)	2,90*10 ¹¹
(MJ/anno)	1,22*10 ⁹

Tabella 7 – Valutazione dell’energia elettrica prodotta, delle emissioni evitate e dell’energia primaria risparmiata su base annua

⁹ Fondi effettivamente erogati per il programma “tetti fotovoltaici”

Se si confrontano i valori di energia elettrica prodotta e di emissioni evitate di CO₂ ricavabili da questa tabella con valori stimati al 2008-2012, rispettivamente del fabbisogno di energia elettrica per il settore terziario e domestico e di emissioni da centrali termoelettriche, si vede come lo sviluppo completo dei campi fotovoltaici potrebbe soddisfare l'1,32% del fabbisogno di energia elettrica e partecipare alle emissioni evitate con un consistente 13,2%.

Passando alla valutazione economica dei campi fotovoltaici si può supporre un costo medio omnicomprensivo (anche IVA inclusa) per questi impianti di 15 M€/kW_p (7.746.85 €/ kW_p): la spesa da sostenere per l'impegno di 1,25 km² e di conseguenza per l'installazione di 62,5 MW_p, al valore attuale, è di 937,5 miliardi di lire (484.178.834,90 €). Se si volesse valutare l'entità dell'intervento pubblico nella percentuale assicurata al programma "tetti fotovoltaici" (al 75% del costo degli impianti esclusa l'IVA¹⁰), quest'ultimo consisterebbe di una cifra pari a 632,81 miliardi di lire (326.820.381,50 €).

Un particolare riferimento lo meritano le zone insulari della Campania (Capri, Ischia, Procida, Vivara) perché in questi territori alcune problematiche, ed in particolare quelle energetiche, sono più accentuate e necessitano di risposte specifiche. Tra le peculiarità delle isole dobbiamo ricordare che innanzitutto si tratta di territori sensibili e fragili da un punto di vista ambientale, e che il costo di produzione dell'energia sulle isole, sempre con particolare riferimento alle isole minori, è decisamente superiore (da 4 a 20 volte) per la elevata o totale dipendenza dal rifornimento di combustibili dal continente; quest'ultimo avviene via mare con aggravio dei costi e dei rischi per l'ambiente. D'altra parte bisogna rilevare come pressoché tutte le isole siano ricche di elementi ambientali naturali, compresi vento e sole, che sono due delle principali fonti energetiche rinnovabili: quindi le isole sono i territori con maggior vocazione verso una politica energetica che favorisca ed incentivi lo sviluppo delle fonti rinnovabili. Le azioni in questa direzione che possono essere attivate riguardano quindi la promozione degli impianti solari termici e fotovoltaici soprattutto per necessità isolate e di basso consumo che consentano di evitare la distribuzione attraverso linee elettriche specificatamente dedicate. A questo proposito è stato emesso dal Ministero dell'Ambiente un "Bando Progetti per le Isole minori" (il termine per le domande di contributo è scaduto il 15 ottobre 2001) che riguarda le problematiche energetiche e della mobilità sostenibile indirizzato anche alla realtà delle isole minori campane. Visto che il bando riguarda una vasta gamma di progetti finanziabili fino all'80% del costo di investimento (escluso IVA) è auspicabile che un'iniziativa simile si possa ripetere negli anni successivi in modo da intervenire in maniera decisa sulle problematiche energetiche e delle isole minori.

¹⁰ Per gli impianti fotovoltaici è attualmente al 10%, cioè pari in questo caso a 843,75 miliardi di lire (435.760.508,60 €),

Potenzialita' di produzione di energia elettrica. Campi fotovoltaici

Si è considerato come primo esempio quello relativo alla realizzazione di campi fotovoltaici, cioè di impianti di potenza superiore ai 5 kW_p, in cui l'energia producibile con tali impianti è praticamente limitata solo dall'estensione del suolo che si vuole impegnare e quindi dall'estensione della superficie captante. Nella tabella 8, per ogni provincia, è riportata la potenzialità dei campi fotovoltaici per unità di superficie ricoperta in funzione dell'inclinazione dei pannelli.

Inclinazione (°)	Avellino (kWh/m ² anno)	Benevento (kWh/m ² anno)	Caserta (kWh/m ² anno)	Napoli (kWh/m ² anno)	Salerno (kWh/m ² anno)
0	95,08	92,12	102,39	100,83	86,59
15	102,43	99,15	111,17	108,85	92,97
30	104,93	101,40	114,74	111,86	95,26
45	101,89	98,81	112,63	109,39	91,65
60	94,22	91,45	104,59	101,76	86,12
75	82,16	79,96	91,12	89,20	75,67
90	66,22	64,77	75,33	72,86	62,01

Tabella 8 – Energia elettrica prodotta da campi fotovoltaici per unità di superficie ricoperta.

Tetti fotovoltaici

Un esempio di applicazione è stato sviluppato con riferimento ad una famiglia italiana tipo di 4 persone, in cui si stima un consumo medio annuo di energia elettrica compreso tra 2.500 – 5.000 kWh/anno. In base a questo consumo medio si può valutare (tabella 9) la superficie necessaria da ricoprire A_{ric} con il tetto fotovoltaico per ogni capoluogo della regione Campania e per diversi angoli di inclinazione:

Inclinazione (°)	I.1. Avellino I.2. A _{ric} (m ²)	Benevento A _{ric} (m ²)	I.3. Caserta I.4. A _{ric} (m ²)	Napoli A _{ric} m ²	Salerno A _{ric} (m ²)
0	40,1	41,4	37,2	37,8	44
15	37,2	38,5	34,3	35	41
30	36,3	37,6	33,2	34,1	40
45	37,4	38,6	33,8	34,9	41,6
60	40,5	41,7	36,5	37,5	44,3
75	46,4	47,7	41,8	42,7	50,4
90	57,6	58,9	50,6	52,3	61,5

Tabella 9 – Valutazione della superficie necessaria per l'installazione dell'impianto in funzione dell'inclinazione.

Analisi economica

Il solare fotovoltaico non rappresenta ancora un'opzione commercialmente matura per la produzione di energia elettrica, in quanto il costo dei moduli e quindi degli impianti, benché in continua incoraggiante diminuzione, è ancora troppo elevato; attualmente si va dai 12 M£/kW_p (6.197,48 €/kW_p) fino a circa 40 M£/kW_p (20.658,28 €/kW_p), e, di conseguenza, il costo dell'energia elettrica prodotta¹¹ non risulta competitivo con quello di fonti tradizionali e con altre fonti rinnovabili (idroelettrico ed eolico in particolare). Un ulteriore impulso alla diffusione di tali sistemi potrebbe essere dato dalla valutazione dell'energia prodotta in termini di impatto ambientale; infatti, come tutti i sistemi che si basano sulle fonti rinnovabili, gli impianti fotovoltaici hanno ricadute di impatto ambientale praticamente nulle, e quindi i "costi" sociali ed ambientali rispetto alle fonti tradizionali sono molto più contenuti

La principale barriera che ostacola la diffusione delle applicazioni fotovoltaiche è quindi costituita dagli elevati costi iniziali, e risultano perciò necessari interventi pubblici che incentivino l'adozione di tali sistemi

I costi di un sistema fotovoltaico completo variano molto dipendendo da una serie di fattori che includono la dimensione in termini di potenza installata (kW_p), il luogo di installazione, le specifiche tecniche e la tipologia d'utenza servita. Per questa analisi si possono dividere gli impianti in 5 tipi come riportato nella tabella 10.

TIPO DI IMPIANTO	I _u (M£/kW _p)	I _u (€/kW _p)
Centrali di grande taglia	12 – 14	6.197,48 – 7.230,40
Centrali di media taglia	14 – 16	7.230,40 – 8.263,31
Impianto di supporto alla rete	16 – 18	8.263,31 – 9.296,22
Tetto collegato alla rete B.T.	≅20	≅10.329,14
Sistema isolato di piccola taglia	25 – 40	12.911,42- 20.658,28

Tabella 10 – Costi unitari (kW_p) per tipo di impianto (IVA inclusa).

Si può dare un'indicazione del costo del kWh, prodotto con gli impianti prima richiamati, sul territorio della regione Campania tenendo conto delle condizioni di insolazione che si presentano per i cinque capoluoghi della regione come riportato nelle tabelle successive (tabelle 11-15).

¹¹ Il costo dell'energia prodotta da un impianto fotovoltaico risulta dalla somma di due componenti : il costo fisso,dovuto all'investimento iniziale necessario per la costruzione dell'impianto ed il costo variabile, dovuto alle spese di manutenzione dell'impianto.

Avellino

Inclinazione (°)	Els (kWh/m ² anno)	he (h/anno)	Centrali di grande taglia (€/kWh)		Centrali di media taglia (€/kWh)		Impianto di supporto alla rete (€/kWh)		Tetto collegato alla rete B.T. (€/kWh)	Sistema isolato di piccola taglia (€/kWh)	
			0,49	0,57	0,57	0,66	0,66	0,74		0,69	0,86
0	1.558,7	1.559	0,49	0,57	0,57	0,66	0,66	0,74	0,69	0,86	1,37
15	1.679,2	1.679	0,46	0,53	0,53	0,61	0,61	0,68	0,64	0,80	1,28
30	1.720,1	1.720	0,45	0,52	0,52	0,59	0,59	0,67	0,62	0,78	1,25
45	1.670,3	1.670	0,46	0,54	0,54	0,61	0,61	0,69	0,64	0,80	1,28
60	1.544,6	1.545	0,50	0,58	0,58	0,66	0,66	0,74	0,69	0,87	1,39
75	1.346,9	1.347	0,57	0,66	0,66	0,76	0,76	0,85	0,80	0,99	1,59
90	1.085,6	1.086	0,71	0,82	0,82	0,94	0,94	1,06	0,99	1,23	1,97

Tabella 11 – Valutazione del costo al kWh (€/kWh) prodotto con i vari tipi di impianti in funzione dell'inclinazione dei pannelli.

Benevento

Inclinazione (°)	Els (kWh/m ² anno)	he (h/anno)	Centrali di grande taglia (€/kWh)		Centrali di media taglia (€/kWh)		Impianto di supporto alla rete (€/kWh)		Tetto collegato alla rete B.T. (€/kWh)	Sistema isolato di piccola taglia (€/kWh)	
			0,51	0,59	0,59	0,68	0,68	0,76		0,71	0,89
0	1.510,1	1.510	0,51	0,59	0,59	0,68	0,68	0,76	0,71	0,89	1,42
15	1.625,4	1.625	0,47	0,55	0,55	0,63	0,63	0,71	0,66	0,82	1,32
30	1.662,9	1.663	0,46	0,54	0,54	0,61	0,61	0,69	0,64	0,81	1,29
45	1.619,9	1.620	0,47	0,55	0,55	0,63	0,63	0,71	0,66	0,83	1,32
60	1.499,2	1.499	0,51	0,60	0,60	0,68	0,68	0,77	0,71	0,89	1,43
75	1.310,8	1.311	0,59	0,68	0,68	0,78	0,78	0,88	0,82	1,02	1,63
90	1.061,8	1.062	0,72	0,84	0,84	0,96	0,96	1,08	1,01	1,26	2,02

Tabella 12 – Valutazione del costo al kWh (€/kWh) prodotto con i vari tipi di impianti in funzione dell'inclinazione dei pannelli.

Caserta

Inclinazione (°)	Els (kWh/m ² anno)	he (h/anno)	Centrali di grande taglia (€/kWh)		Centrali di media taglia (€/kWh)		Impianto di supporto alla rete (€/kWh)		Tetto collegato alla rete B.T. (€/kWh)	Sistema isolato di piccola taglia (€/kWh)	
0	1.678,5	1.678	0,46	0,53	0,53	0,61	0,61	0,69	0,64	0,80	1,28
15	1.822,5	1.823	0,42	0,49	0,49	0,56	0,56	0,63	0,59	0,73	1,18
30	1.881	1.881	0,41	0,48	0,48	0,54	0,54	0,61	0,57	0,71	1,14
45	1.846,4	1.846	0,42	0,48	0,48	0,55	0,55	0,62	0,58	0,73	1,16
60	1.714,6	1.715	0,45	0,52	0,52	0,60	0,60	0,67	0,62	0,78	1,25
75	1.493,7	1.494	0,51	0,60	0,60	0,68	0,68	0,77	0,72	0,90	1,43
90	1.234,9	1.235	0,62	0,72	0,72	0,83	0,83	0,93	0,87	1,08	1,74

Tabella 13 – Valutazione del costo al kWh (€/kWh) prodotto con i vari tipi di impianti in funzione dell'inclinazione dei pannelli.

Napoli

Inclinazione (°)	Els (kWh/m ² anno)	he (h/anno)	Centrali di grande taglia (€/kWh)		Centrali di media taglia (€/kWh)		Impianto di supporto alla rete (€/kWh)		Tetto collegato alla rete B.T. (€/kWh)	Sistema isolato di piccola taglia (€/kWh)	
0	1.653	1.653	0,46	0,54	0,54	0,62	0,62	0,70	0,65	0,81	1,30
15	1.784,44	1.784	0,43	0,50	0,50	0,57	0,57	0,64	0,60	0,75	1,20
30	1.833,75	1.834	0,42	0,49	0,49	0,56	0,56	0,63	0,58	0,73	1,17
45	1.793,22	1.793	0,43	0,50	0,50	0,57	0,57	0,64	0,60	0,75	1,20
60	1.668,25	1.668	0,46	0,54	0,54	0,61	0,61	0,69	0,64	0,80	1,28
75	1.462,22	1.462	0,52	0,61	0,61	0,70	0,70	0,79	0,73	0,92	1,47
90	1.194,36	1.194	0,64	0,75	0,75	0,86	0,86	0,96	0,90	1,12	1,79

Tabella 14 – Valutazione del costo al kWh (€/kWh) prodotto con i vari tipi di impianti in funzione dell'inclinazione dei pannelli.

Salerno

Inclinazione (°)	Els (kWh/m ² anno)	he (h/anno)	Centrali di grande taglia (€/kWh)		Centrali di media taglia (€/kWh)		Impianto di supporto alla rete (€/kWh)		Tetto collegato alla rete B.T. (€/kWh)	Sistema isolato di piccola taglia (€/kWh)	
			0,54	0,63	0,63	0,72	0,72	0,81	0,75	0,94	1,51
0	1.419,47	1.419	0,54	0,63	0,63	0,72	0,72	0,81	0,75	0,94	1,51
15	1.524,03	1.524	0,50	0,59	0,59	0,67	0,67	0,75	0,70	0,88	1,41
30	1.561,64	1.562	0,49	0,57	0,57	0,65	0,65	0,74	0,69	0,86	1,37
45	1.502,42	1.502	0,51	0,60	0,60	0,68	0,68	0,77	0,71	0,89	1,43
60	1.411,81	1.412	0,54	0,63	0,63	0,72	0,72	0,81	0,76	0,95	1,52
75	1.240,5	1.241	0,62	0,72	0,72	0,82	0,82	0,93	0,86	1,08	1,73
90	1.016,58	1.017	0,75	0,88	0,88	1,01	1,01	1,13	1,05	1,32	2,11

Tabella 15 – Valutazione del costo al kWh (€/kWh) prodotto con i vari tipi di impianti in funzione dell'inclinazione dei pannelli.

Un'analisi più accurata dei costi sugli impianti fotovoltaici è stata condotta con riferimento a due casi di studio che riguardano i campi fotovoltaici ed i tetti fotovoltaici

Si analizza il caso di un **campo fotovoltaico** disposto su **100 m²** di area adatta all'installazione dell'impianto, e caratterizzato da 50 m² di area di pannello ed una potenza pari a 5.5 kW_p

I risultati dell'analisi economica sono riportati considerando sia la configurazione grid-connected (tabella 16) che quella stand-alone (tabella 17).

Località	Avellino	Benevento	Caserta	Napoli	Salerno
C _{pv} (£/kWh)	1.103	1.141	1.009	1.034	1.214
C _{pv} (€/ kWh)	0,57	0,59	0,52	0,53	0,63

Tabella 16 – Costo del kWh_e prodotto con il campo fotovoltaico installato su un'area di 100 m² in configurazione grid-connected.

Località	Avellino	Benevento	Caserta	Napoli	Salerno
C _{pv} (£/kWh)	1.268	1.312	1.160	1.189	1.214
C _{pv} (€/ kWh)	0,65	0,68	0,60	0,61	0,72

Tabella 17 – Costo del kWh_e prodotto con il campo fotovoltaico installato su un'area di 100 m² in configurazione stand-alone.

Il costo al kWh prodotto con il campo fotovoltaico non è sicuramente competitivo con il costo del kWh prodotto con una centrale tradizionale (ENEL) che si può ritenere variabile tra 200 – 400 £/kWh (0,10 €/kWh – 0,21 €/kWh) a secondo del tipo di utenza; per rendere conveniente la soluzione fotovoltaica è quindi necessario un intervento di finanziamento pubblico sul costo di installazione I dell'impianto.

Con riferimento all'esempio precedente (campo fotovoltaico connesso alla rete installato su 100 m² di area disponibile con una potenza di 5,5 kW_p) si vuole valutare l'entità dell'intervento di finanziamento in conto capitale con cui coprire una parte del costo d'impianto: tale valutazione è stata effettuata, per ogni capoluogo di provincia e per un costo del kWh prodotto con una centrale tradizionale (ENEL) variabile (tabella 18); si è calcolata, infine, anche la percentuale del costo d'impianto (%I) che dovrebbe essere finanziata affinché la realizzazione risulti conveniente (fig.1):

C_T £/kWh (€/kWh)	Ic Avellino £ (€)	Ic Benevento £ (€)	Ic Caserta £ (€)	Ic Napoli £ (€)	Ic Salerno £ (€)
200 (0,10)	17.483.333 (9.029,39)	16.900.000 (8.728,12)	19.116.667 (9.872,93)	18.650.000 (9.631,92)	15.883.333 (8.203,06)
250 (0,13)	21.854.167 (11.286,70)	21.125.000 (10.910,15)	23.895.833 (12.341,20)	23.312.500 (12.039,90)	19.854.167 (10.253,80)
300 (0,15)	26.225.000 (13.544,10)	25.350.000 (13.092,18)	28.675.000 (14.809,40)	27.975.000 (14.447,90)	23.825.000 (12.304,60)
350 (0,18)	30.595.833 (15.801,40)	29.575.000 (15.274,21)	33.454.167 (17.277,60)	32.637.500 (16.855,90)	27.795.833 (14.355,30)
400 (0,21)	34.966.667 (18.058,80)	33.800.000 (17.456,24)	38.233.333 (19.745,90)	37.300.000 (19.263,80)	31.766.667 (16.406,10)

Tabella 18 – Costo d’impianto al variare di C_T tra le 200 e le 400 £/kWh (0,10 e le 0,21 €/kWh).

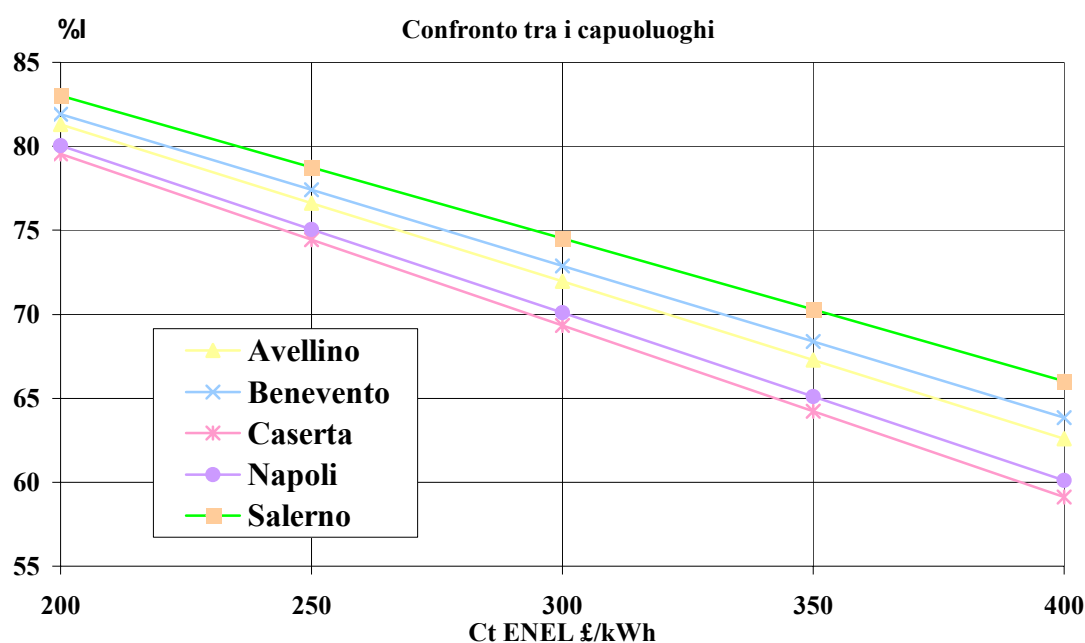


Fig. 1 – Confronto delle percentuali del costo d’impianto (%I) da finanziare per i diversi capoluoghi.

Sempre continuando l’analisi economica del nostro impianto fotovoltaico ubicato su 100 m² di terreno disponibile, però nella configurazione stand-alone per utenze isolate (impianto dotato di sistema di accumulo), lo si confronta con la soluzione tradizionale, cioè l’allacciamento alla linea elettrica ENEL, per valutarne la convenienza economica.

Per la soluzione tradizionale, secondo quanto indicato dai criteri economici di valutazione dell'unificazione ENEL, si utilizza per l'analisi di pianificazione un costo stimato di allacciamento funzione della distanza dell'utenza alla rete di distribuzione, e pari a 40 M£/km (20.658,28 €/km).

A partire da tale parametro si è valutata per ogni provincia, in funzione del costo del kWh_e, la distanza minima dalla linea elettrica per cui conviene installare l'impianto fotovoltaico in esame rispetto all'allacciamento alla rete ENEL (tabelle 19-23).

Avellino

$C_{kwh,E}$ (£/kWh)	$C_{kwh,E}$ (€/kWh)	d min (km)
200	0,10	2,99
250	0,13	2,85
300	0,15	2,71
350	0,18	2,57
400	0,21	2,43

Tabella 19 – Valori di d min (km) in funzione del costo del kWh.

Benevento

$C_{kwh,E}$ (£/kWh)	$C_{kwh,E}$ (€/kWh)	d min (km)
200	0,10	3,01
250	0,13	2,87
300	0,15	2,74
350	0,18	2,6
400	0,21	2,47

Tabella 20 – Valori di d min (km) in funzione del costo del kWh.

Caserta

$C_{kwh,E}$ (£/kWh)	$C_{kwh,E}$ (€/kWh)	d min (km)
200	0,10	2,94
250	0,13	2,78
300	0,15	2,63
350	0,18	2,48
400	0,21	2,33

Tabella 21 – Valori di d min (km) in funzione del costo del kWh.

Napoli

$C_{kwh,E}$ (£/kWh)	$C_{kwh,E}$ (€/kWh)	d min (km)
200	0,10	2,95
250	0,13	2,80
300	0,15	2,65
350	0,18	2,50
400	0,21	2,36

Tabella 22 – Valori di d min (km) in funzione del costo del kWh.

Salerno

$C_{kwh,E}$ (£/kWh)	$C_{kwh,E}$ (€/kWh)	d min (km)
200	0,10	3,35
250	0,13	3,21
300	0,15	3,07
350	0,18	2,93
400	0,21	2,79

Tabella 23 – Valori di d min (km) in funzione del costo del kWh.

Si è preso successivamente in esame un impianto fotovoltaico del tipo connesso alla rete, **tetto fotovoltaico**, da 3 kW_p costituito da moduli (di superficie pari

ca. a 0,5 m² ed in grado di erogare circa 50 W_p) assemblati in modo da avere una superficie complessiva di 30 m². Assumendo, come ipotesi conservativa, un costo d'impianto pari a 20 M€/kW_p (10.329,14 €/kW_p), è stata effettuata una valutazione del costo del kWh elettrico prodotto con la stessa procedura utilizzata per il campo fotovoltaico.

Per ciascun capoluogo si è ottenuto il costo del kWh_e prodotto dall'impianto di 3 kW_p in funzione dell'inclinazione dei pannelli (tabella 24).

Inclinazione (°)	AV C _{pv} (€/kWh)	BN C _{pv} (€/kWh)	CE C _{pv} (€/kWh)	NA C _{pv} (€/kWh)	SA C _{pv} (€/kWh)
0	0,69	0,71	0,64	0,65	0,75
15	0,64	0,66	0,59	0,6	0,70
30	0,62	0,64	0,57	0,58	0,69
45	0,64	0,66	0,58	0,60	0,71
60	0,69	0,71	0,62	0,64	0,76
75	0,80	0,82	0,72	0,73	0,86
90	0,99	1,01	0,87	0,90	1,05

Tabella 24 – Costo del kWh_e (€/kWh) prodotto dal tetto fotovoltaico da 3 kW_p per ogni capoluogo campano.

Emissioni evitate

Nel seguito si è quantificata la possibilità di evitare la produzione di emissioni inquinanti per la Regione Campania, tramite l'utilizzo della tecnologia fotovoltaica, con riferimento alle potenzialità descritte in precedenza. Si è ipotizzato che l'utilizzo di un kWh prodotto con un impianto fotovoltaico, quindi non prelevato dalla rete, determini un risparmio in termini di energia primaria pari a **2.200 kcal (9.21 MJ)⁽¹²⁾ primarie/kWh_e**, corrispondenti ad un rendimento di centrale di riferimento di circa 0,391; nel contempo, si evitano anche le emissioni di:

- CO₂ **0,70 kg/kWh_e¹³**
- NO_x 0,6 g/kWh_e¹⁴
- SO_x 1,0 g/kWh_e
- Polveri 0,10 g/kWh_e

Assumendo la vita di un impianto fotovoltaico pari a 25 anni, si può quantificare il risparmio di combustibile e le emissioni evitate nel periodo di funzionamento dell'impianto fotovoltaico. Va però ricordato che per una valutazione

¹² Fonte ENEA.

¹³ Riportato nel recente "Libro Bianco per la valorizzazione delle fonti rinnovabili" elaborato dall'ENEA.

¹⁴ Stime ENEL per NO_x, SO_x, Polveri.

globale dei risparmi conseguibili occorre tener conto anche di altri aspetti, ed in particolare dell'Energy Pay-Back Time (EPBT), cioè del tempo necessario affinché l'impianto produca l'energia spesa per la sua costruzione (tempo di ritorno energetico). Questo periodo viene stimato attualmente in circa 5 anni, da cui si ricava una vita "efficace" dell'impianto pari a 20 anni; con tale ipotesi si sono valutati i kWh prodotti e le emissioni evitate (per unità di superficie ricoperta) come riportato nella tabella 25.

Località	Avellino	Benevento	Caserta	Napoli	Salerno
Energia elettrica prodotta (kWh/m ²)	2.098	2.028	2.294,8	2.237,2	1.905,2
Energia primaria risparmiata (kcal/m ²)	4.615.600	4.461.600	5.048.560	4.921.840	4.191.440
(MJ/m ²)	19.322,58	18.677,88	21.135,11	20.604,61	17.546,89
CO ₂ (kg/m ²)	1.468,6	1.419,6	1.606,4	1.566	1.333,6
NO _x (g/m ²)	1.258,8	1.216,8	1.376,88	1.342,32	1.143,12
SO _x (g/m ²)	2.098	2.028	2.294,8	2.237,2	1.905,2
Polveri (g/m ²)	209,8	202,8	229,48	223,72	190,52

Tabella 25 – Valutazione del risparmio di energia primaria e di emissioni evitate per m² di terreno ricoperto e per un vita "efficace" del campo fotovoltaico = 20 anni.

La stessa valutazione è stata successivamente effettuata per il **tetto fotovoltaico** da 3 kW_p precedentemente considerato; per tale installazione, ipotizzando una vita "efficace" pari a 20 anni si calcola, per ogni capoluogo, il risparmio in termini di energia primaria e le corrispondenti emissioni evitate (tabelle 26-30)

Avellino

Inclinazione (°)	KWhe (kWh)	Energia primaria risparmiata (kcal)	Energia primaria risparmiata (MJ)	CO ₂ (kg)	NO _x (g)	SO _x (g)	Polveri (g)
0	9.352,2	20.574.840	86.133,76	6.546,54	5.611,32	9.352,2	935,22
15	10.075,2	22.165.440	92.792,59	7.052,64	6.045,12	10.075,2	1.007,52
30	10.320,6	22.705.320	95.052,73	7.224,42	6.192,36	10.320,6	1.032,06
45	10.021,8	22.047.960	92.300,78	7.015,26	6.013,08	10.021,8	1.002,18
60	9.267,6	20.388.720	85.354,6	6.487,32	5.560,56	9.267,6	926,76
75	8.081,4	17.779.080	74.429,69	5.656,98	4.848,84	8.081,4	808,14
90	6.513,6	14.329.920	59.990,26	4.559,52	3.908,16	6.513,6	651,36

Tabella 26 – Valutazione annua dell’energia primaria risparmiata e delle emissioni evitate in funzione dell’inclinazione dei pannelli.

Benevento

Inclinazione (°)	KWhe (kWh)	Energia primaria risparmiata (kcal)	Energia primaria risparmiata (MJ)	CO ₂ (kg)	NO _x (g)	SO _x (g)	Polveri (g)
0	9.060,66	19.933.452	83.448,68	6.342,46	5.436,4	9.060,66	906,07
15	9.752,52	21.455.544	89.820,71	6.826,76	5.851,51	9.752,52	975,25
30	9.977,52	21.950.544	91.892,96	6.984,26	5.986,51	9.977,52	997,75
45	9.719,52	21.382.944	89.516,78	6.803,66	5.831,71	9.719,52	971,95
60	8.995,02	19.789.044	82.844,13	6.296,51	5.397,01	8.995,02	899,5
75	7.864,86	17.302.692	72.435,36	5.505,4	4.718,92	7.864,86	786,49
90	6.370,5	14.015.100	58.672,31	4.459,35	3.822,3	6.370,5	637,05

Tabella 27 – Valutazione annua dell’energia primaria risparmiata e delle emissioni evitate in funzione dell’inclinazione dei pannelli

Caserta

Inclinazione (°)	KWhe (kWh)	Energia primaria risparmiata (kcal)	Energia primaria risparmiata (MJ)	CO ₂ (kg)	NO _x (g)	SO _x (g)	Polveri (g)
0	10.070,82	22.155.804	92.752,25	7.049,57	6.042,49	10.070,82	1.007,08
15	10.935	24.057.000	100.711,4	7.654,5	6.561	10.935	1.093,5
30	11.285,82	24.828.804	103.942,4	7.900,07	6.771,49	11.285,82	1.128,58
45	11.078,34	24.372.348	102.031,5	7.754,84	6.647	11.078,34	1.107,83
60	10.287,66	22.632.852	94.749,35	7.201,36	6.172,6	10.287,66	1.028,77
75	8.962,14	19.716.708	82.541,31	6.273,5	5.377,28	8.962,14	896,214
90	7.409,64	16.301.208	68.242,78	5.186,75	4.445,78	7.409,64	740,964

Tabella 28 – Valutazione annua dell’energia primaria risparmiata e delle emissioni evitate in funzione dell’inclinazione dei pannelli.

Napoli

Inclinazione (°)	KWhe (kWh)	Energia primaria risparmiata (kcal)	Energia primaria risparmiata (MJ)	CO ₂ (kg)	NO _x (g)	SO _x (g)	Polveri (g)
0	9.918	21.819.600	91.344,78	6.942,6	5.950,8	9.918	991,80
15	10.706,64	23.554.608	98.608,15	7.494,65	6.423,98	10.706,64	1.070,66
30	11.002,5	24.205.500	101.333	7.701,75	6.601,5	11.002,50	1.100,25
45	10.759,32	23.670.504	99.093,34	7.531,52	6.455,59	10.759,32	1.075,93
60	10.009,5	22.020.900	92.187,5	7.006,65	6.005,7	10.009,50	1.000,95
75	8.773,32	19.301.304	80.802,28	6.141,32	5.263,99	8.773,32	877,33
90	7.166,16	15.765.552	66.000,33	5.016,31	4.299,7	7.166,16	716,616

Tabella 29 – Valutazione annua dell’energia primaria risparmiata e delle emissioni evitate in funzione dell’inclinazione dei pannelli.

Salerno

Inclinazione (°)	kWhe (kWh)	Energia primaria risparmiata (kcal)	Energia primaria risparmiata (MJ)	CO ₂ (kg)	NO _x (g)	SO _x (g)	Polveri (g)
0	8.516,82	18.737.004	78.439,91	5.961,77	5.110,09	8.516,82	851,68
15	9.144,18	20.117.196	84.217,9	6.400,93	5.486,51	9.144,18	914,42
30	9.369,84	20.613.648	86.296,23	6.558,89	5.621,90	9.369,84	936,98
45	9.014,52	19.831.944	83.023,73	6.310,16	5.408,71	9.014,52	901,45
60	8.470,86	18.635.892	78.016,62	5.929,60	5.082,52	8.470,86	847,09
75	7.443	16.374.600	68.550,03	5.210,10	4.465,80	7.443	744,3
90	6.099,48	13.418.856	56.176,21	4.269,64	3.659,69	6.099,48	609,95

Tabella 30 – Valutazione annua dell’energia primaria risparmiata e delle emissioni evitate in funzione dell’inclinazione dei pannelli.

Aspetti giuridici e quadro normativo

Uno dei principali problemi giuridici legati all’utilizzazione di impianti fotovoltaici riguarda indubbiamente la possibilità da parte dell’utente di autoprodurre energia elettrica; tale problematica è stata affrontata con la legge 308/82, che ha rappresentato uno dei primi strumenti di promozione, consentendo la liberalizzazione della produzione di energia elettrica a mezzo di impianti che utilizzino fonti rinnovabili, fino ad una potenza di 3 MW. Le leggi 9/91 e 10/91, e il successivo provvedimento Cip 6/92, hanno poi costituito un efficace strumento per l’avvio del processo di penetrazione nel mercato, in particolare nel settore elettrico.

La legge 59/97 e il successivo decreto legislativo 112/98 hanno ripartito più chiaramente i compiti tra Stato, Regioni ed Enti Locali, in applicazione del principio di sussidiarietà, stabilendo che, sulle fonti rinnovabili, allo Stato competono i compiti di indirizzo e individuazione degli obiettivi, alle Regioni le funzioni amministrative e agli Enti Locali il ruolo di soggetti destinati alla gestione.

In tale ottica, un primo adempimento ai propri compiti da parte del Governo, è stato fatto con la predisposizione del Libro Bianco¹⁵ per la valorizzazione energetica delle fonti rinnovabili. Un ulteriore passo in avanti nella definizione delle regole di competenze del Governo è stato compiuto con il decreto legislativo n. 79/99 (Decreto

¹⁵ Il Libro Bianco è un documento di indirizzo del settore che individua, per ciascuna fonte rinnovabile, gli obiettivi che devono essere conseguiti per ottenere le riduzioni di emissioni di gas serra che la delibera Cipe (Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica) attribuisce alle fonti rinnovabili, indicando altresì le strategie e gli strumenti necessari allo scopo.

Bersani) di attuazione della direttiva europea 96/92/CE, recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica. Con tale decreto legislativo sono state introdotte rilevanti disposizioni atte a promuovere, con meccanismi innovativi, la penetrazione delle rinnovabili e quindi anche del fotovoltaico, nel mercato dell'elettricità.

Ulteriori risorse per il settore sono rinvenibili nell'ambito dei Fondi Strutturali 2000-2006: diversi tavoli settoriali preposti alla redazione dei rapporti interinali previsti dalla delibera Cipe 22 dicembre 1998 contemplan misure a favore della diffusione delle fonti rinnovabili. In particolare, il tavolo Energia, presieduto dal Ministero dell'Industria, ha proposto uno specifico asse di intervento sulle rinnovabili, indicando nelle Regioni il soggetto attuatore; peraltro, quasi tutte le Regioni hanno attivato iniziative, sia a valere sui Fondi Strutturali 1994-1999, che su risorse di provenienza diversa, atte a sostenere lo sviluppo e la diffusione delle rinnovabili.

Da sottolineare, infine, l'avvio di alcuni programmi significativi per il settore, quali quelli sul solare termico e in particolare sui **“tetti fotovoltaici”**, elaborati dall'Enea.

Il Programma “tetti fotovoltaici” è stato promosso dal Ministero dell'Ambiente e dal Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, ed è divenuto operativo con la pubblicazione del Decreto 16 marzo 2001 del Ministero dell'Ambiente. Tale programma, che propone la realizzazione di impianti fotovoltaici di taglia compresa tra 1 e 50 kW_p collegati alla rete elettrica e integrati nelle strutture edili (tetti, terrazze, facciate, elementi di arredo urbano, etc.), è articolato in due fasi nell'arco di 6 anni: la prima prevede l'installazione di 10.000 impianti per complessivi 50 MW, con l'erogazione di contributi in conto capitale nella misura massima del 75% del costo di investimento (IVA esclusa) dell'impianto (materiali e installazione), la seconda prevederà la realizzazione di ulteriori 40.000 impianti per una potenza complessiva di oltre 200 MW (investimento totale circa 1.900 miliardi cioè circa 981,27 milioni di euro).

La fase di avvio del programma, partita nel 2001, si è articolata con tre progetti specifici per il fotovoltaico:

Programma nazionale per soggetti pubblici (20 miliardi stanziati) .

È destinato a soggetti pubblici quali Comuni capoluogo di provincia, Comuni facenti parte di aree protette, Province, Università statali ed Enti pubblici di Ricerca, per l'installazione di impianti fotovoltaici di taglia compresa fra 1 e 20 kW_p presso edifici o elementi di arredo urbano di loro competenza.

Il Ministero dell'Ambiente per garantire la realizzazione anche di quei progetti che, pur dichiarati ammissibili, non sono stati finanziati per esaurimento dei fondi, ha deciso di destinare al programma ulteriori risorse, contribuendo per le restanti domande con una quota pari al 50%¹⁶.

¹⁶ E stato richiesto alle Regioni di partecipare per l'altra metà, e nel caso specifico la Regione Campania ha manifestato la propria disponibilità

Programmi regionali per tutti i soggetti privati e pubblici (58 miliardi stanziati) (tabella 31)

E' destinato ai soggetti pubblici e privati che intendano installare e collegare alla rete elettrica impianti fotovoltaici di taglia compresa fra 1 e 20 kW_p presso edifici e strutture di loro proprieta'.

Programma "Tetti Fotovoltaici" – Decreto n. 106/2001 del 16/03/2001 – Ripartizione delle disponibilità economiche (in milioni di lire)				
	Contributo Ministeriale	Contributo Regionale	Totale	Percentuale Regioni
Abruzzo	880	377	1.257	2,20%
Basilicata	430	184	614	1,08%
Calabria	1.459	625	2.084	3,65%
Campania	3.967	1.700	5.667	9,92%
Emilia Romagna	2.754	1.500	4.254	6,89%
Friuli Venezia Giulia	844	362	1.206	2,11%
Lazio	3.621	1.552	5.173	9,05%
Liguria	1.181	506	1.687	2,95%
Lombardia	6.239	2.674	8.913	15,60%
Marche	1.007	432	1.439	2,52%
Molise	233	100	333	0,58%
Piemonte	3.031	1.300	4.331	7,58%
Puglia	2.840	1.000	3.840	7,10%
Sardegna	1.181	498	1.679	2,95%
Sicilia	3.499	1.500	4.999	8,75%
Toscana	2.487	1.800	4.287	6,22%
Umbria	572	245	817	1,43%
Valle d'Aosta	82	40	122	0,21%
Veneto	3.066	1.323	4.389	7,67%
Prov. Autonoma di Bolzano	310	133	443	0,78%
Prov. Autonoma di Trento	317	136	453	0,79%
TOTALE	40.000	17.987	57.987	100,00%

Tabella 31 – Finanziamenti al programma “tetti fotovoltaici” .

Come si vede dalla tabella dei finanziamenti 40 miliardi di lire (20.658.275,96 €) sono stati stanziati dal Ministero dell’Ambiente mentre i restanti 18 miliardi di lire (9.296.224,18 €) sono a carico delle Regioni (e delle provincie autonome di Trento e Bolzano)¹⁷.

¹⁷ Con il programma nazionale per soggetti pubblici ed il programma regionale per soggetti pubblici e privati si prevede la realizzazione di 2.200 impianti per una potenza totale di 7 MW_p; ciò comporta una notevolissima accelerazione del comparto fotovoltaico che negli ultimi anni aveva visto in Italia un livello medio di installazioni pari a soli 1,5 - 3 MW_p annui

Fotovoltaico ad alta valenza architettonica

E' destinato ad impianti fotovoltaici di grande taglia, almeno 30 kW_p da integrare in edifici di alta valenza architettonica; per questo programma sono stati stanziati 3 miliardi di lire sufficienti alla realizzazione di 3-5 impianti di potenza superiore ai 30 kW_p con un contributo pubblico in conto capitale dell'85%, per un totale di potenza installata prevista di 150 kW_p.

Regolamenti edilizi, norme elettriche, regime tariffario, regime fiscale

Le norme elettriche, il regime tariffario e quello fiscale attualmente in vigore per quanto riguarda la realizzazione, l'eventuale connessione alla rete e l'utilizzo degli impianti solari fotovoltaici è brevemente descritto nel seguito con riferimento agli aspetti principali:

- **Regolamenti edilizi:** secondo la normativa vigente, la realizzazione di un impianto fotovoltaico può essere equiparata a quella di un impianto tecnologico (intervento di manutenzione straordinaria). A tale riguardo si può fare riferimento alla legge 662/96 che prevede la procedura di silenzio-assenso. Nel caso in cui invece esistano dei vincoli di carattere paesaggistico - ambientale è necessario il rilascio dell'autorizzazione comunale (legge 457/78).
- **Norme elettriche:** considerando il fatto che un impianto fotovoltaico costituisce un sistema di autoproduzione di energia elettrica, il suo collegamento alla rete deve essere effettuato secondo quanto indicato dalle norme CE 11-20 " Impianti di produzione diffusa di energia elettrica fino a 3.000 kW " che regola le modalità di interfacciamento alla rete degli impianti di autoproduzione, e dalle norme CE 64-48 riguardanti la sicurezza degli impianti elettrici. Infatti il funzionamento in parallelo con la rete elettrica di un impianto di autoproduzione deve salvaguardare la sicurezza delle persone ed il corretto funzionamento degli impianti, inoltre devono essere rispettate le prescrizioni che le società elettriche stabiliscono circa le caratteristiche tecniche delle apparecchiature di interfaccia con la rete. L'impianto fotovoltaico collegato alla rete deve essere installato da una ditta in possesso dei requisiti previsti dalla legge 46/90.
- **Regime tariffario:** è previsto lo scambio non oneroso dell'energia tra utente e società elettrica distributrice e gestore della rete. Lo scambio prevede un corrispettivo per l'uso della rete ed il conguaglio annuale sull'energia scambiata. Per approfondimento di quanto sopra esposto vale la delibera 224/00 (disciplina delle condizioni tecnico - economiche del servizio di scambio sul posto dell'energia elettrica prodotta da impianti fotovoltaici con potenza nominale non superiore a 20 kW_p).
- **Regime fiscale:** la terza edizione delle norme CEI 11/20, entrata in vigore nel gennaio '98, consente il collegamento in BT sia in monofase che in

trifase di impianti di autoproduzione fino a 5 kW; su tale argomento vanno inoltre richiamati il decreto legislativo n.504 del 26/10/95 e della legge 133/99 del 13 maggio 1999.

Bibliografia

ENEA

“Regione Campania: analisi socioeconomica, energetica, indicatori energetici e scenari tendenziali al 2010. Potenziale solare, biomasse ed eolico. Catasto delle emissioni. Sistema informativo PenTEc”.

ENEA

“Sviluppo sostenibile: l’energia fotovoltaica”

Marcello Antinucci, Marina Coloni, Ecuba srl (Bologna); Giovanni Fini, Comune di Bologna (Bologna); Christine Joder, Reinhard Six, Rhonalpennergie Environnement (Lyon); Marc Jedliczka, Phebus (Lyon)

“PerseuS. Guida all’installazione di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica destinata all’utente finale. (Progetto PerseuS)
Reggio Emilia, 2001

Prof. Ing. Vito Giorgio Colaianni

“Studio per l’elaborazione del piano energetico regionale della Regione Puglia. Energia solare. Impianti per usi civili ed industriali di piccola e media taglia -Applicazioni - Normative di riferimento – Problematiche tecnico economiche della promozione regionale – Indicazioni territoriali.”
Politecnico di Bari

Prof. Ing. Raffaele Vanoli, Ing. Massimo Dentice D’Accadia, Ing. Maurizio Sasso
Appunti del corso di “Energetica”
Facoltà di Ingegneria di Napoli, 2000

Prof. Annibale Mottana, Prof. Stefano Pignotti

“Problematiche ambientali connesse all’utilizzo di fonti di energia rinnovabile”
La Termotecnica, Maggio 2000

Dott. Ing. Leonardo Marzio, Ing. Roberto Vigotti

“Gli impianti fotovoltaici nel sistema elettrico”
La Termotecnica, Aprile 1999

Dott. Ing. Luciano Barra

“Il Libro Bianco per la valorizzazione energetica delle fonti rinnovabili”
La Termotecnica, Gennaio/Febbraio 2000

Ing. Stefano Allegri, Ing. Gian Battista Zorzoli

“Analisi e prospettive del mercato dei certificati verdi”
La Termotecnica, Ottobre 2000

*M. Dentice D'Accadia, M. Sasso, S. Sibilio, R. Vanoli, E. Bulgari, G. Falcone,
E. Pastore*

“Analisi energetica ed economica di alcune utenze del territorio ubicate nella Regione
Campania: alberghi ed ospedali”

CUEN, Napoli Ottobre 2000

SITI WEB:

www.minambiente.it

www.enea.it

www.isesitalia.it

www.enel.it

www.regionecampania.it

www.grtn.it

www.deasrl.it

www.autorita.energia.it