

Vincenzo Scimeca

Impianti fotovoltaici

DAL SOPRALLUOGO ALLA REALIZZAZIONE

CD-ROM ALLEGATO

Progetto di impianto fotovoltaico; Schemi elettrici in CAD;
Modelli di istanze ed autorizzazioni; Schede di raccolta dati;
Normativa di riferimento; Documentazioni fotografiche



GRAFILL

Vincenzo Scimeca

IMPIANTI FOTOVOLTAICI – DAL SOPRALLUOGO ALLA REALIZZAZIONE

ISBN 13 978-88-8207-342-8

EAN 9 788882 073428

Formulari & Guide, 14

Prima edizione, marzo 2010

Scimeca, Vincenzo <1976->

Impianti fotovoltaici : dal sopralluogo alla realizzazione / Vincenzo Scimeca.

– Palermo : Grafill, 2010.

(Formulari ; 14)

ISBN 978-88-8207-342-8

1. Impianti solari – Progettazione.

621.31244 CDD-21

SBN Pal0224079

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313

Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

Finito di stampare nel mese di marzo 2010

presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

Indice

▣ Presentazione	p.	7
▣ Introduzione	"	9
▣ CAPITOLO 1		
FONDAMENTI GENERALI E PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO	"	13
1.1. La radiazione solare.....	"	13
1.2. Il principio fotovoltaico	"	14
1.3. Il processo produttivo	"	17
1.4. Tecnologia: silicio monocristallino, policristallino, amorfo.....	"	18
1.5. Modulo fotovoltaico	"	20
1.6. Inverter	"	25
1.7. Impianto fotovoltaico isolato "stand alone"	"	29
1.8. Impianto fotovoltaico connesso alla rete "grid connected"	"	34
▣ CAPITOLO 2		
PROGETTAZIONE E DIMENSIONAMENTO	"	37
2.1. Il sopralluogo	"	37
2.2. Dimensionamento di un sistema fotovoltaico	"	41
2.3. Componenti di un sistema fotovoltaico	"	44
2.4. Messa a terra	"	50
2.5. Protezione dai fulmini.....	"	51
2.6. Le fasi progettuali	"	53
2.7. Autorizzazioni e permessi	"	56
2.8. Dimensionamento mediante software: i configuratori	"	56
▣ CAPITOLO 3		
MONTAGGIO E MESSA IN SERVIZIO DI UN IMPIANTO: CASO PRATICO	"	59
3.1. Montaggio di un impianto da 4,8 kWp	"	59

3.2. Montaggio delle strutture di supporto	p.	60
3.3. Montaggio dei moduli	"	62
3.4. Lavorare in sicurezza sulle coperture	"	64
3.5. Posa dei cavi in corrente continua.....	"	65
3.6. Quadri elettrici: cablaggio e posa in opera	"	67
3.7. Montaggio e collegamento dell'inverter	"	69
3.8. Allaccio alla rete elettrica e attivazione dell'impianto	"	72
3.9. Collaudo, gestione e manutenzione	"	74
□ CAPITOLO 4		
CONSIDERAZIONI ECONOMICHE:		
PROGRAMMI DI INCENTIVAZIONE E FINANZIAMENTI	"	77
4.1. Considerazioni economiche ed ambientali	"	77
4.2. Perché promuovere il fotovoltaico	"	77
4.3. Il mercato fotovoltaico in Italia: opportunità e sviluppo.....	"	78
4.4. Il sistema di incentivazione: il nuovo "Conto Energia"	"	79
4.5. I costi di un impianto fotovoltaico ed il ritorno economico dell'investimento	"	82
4.6. L'assicurazione dell'impianto: polizze assicurative "all risk"	"	86
4.7. Contratto di manutenzione e gestione	"	86
4.8. Finanziamenti per gli impianti fotovoltaici.....	"	87
□ CAPITOLO 5		
COME PREDISPORRE UNA PRATICA:		
ITER REALIZZATIVO	"	89
5.1. Principali norme	"	89
5.2. Iter di realizzazione di un impianto fotovoltaico.....	"	89
5.3. Le autorizzazioni	"	90
5.4. Connessione alla rete elettrica	"	92
5.5. Misura dell'energia elettrica e contratti.....	"	92
5.6. Officina elettrica	"	94
5.7. Richiesta incentivo in conto energia.....	"	94
□ APPENDICE LEGISLATIVA		
MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO – DECRETO 19 FEBBRAIO 2007 <i>Criteria e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387</i>	"	101
MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO – DECRETO 2 MARZO 2009 <i>Disposizioni in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare</i>	"	117

DELIBERA ARG/ELT 1/2009

Attuazione dell'articolo 2, comma 153, della Legge n. 244/2007 e dell'articolo 20 del decreto ministeriale 18 dicembre 2008, in materia di incentivazione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili tramite la tariffa fissa onnicomprensiva e di scambio sul posto p. 119

DELIBERA ARG/ELT 33/2008

Condizioni tecniche per la connessione alle reti di distribuzione dell'energia elettrica a tensione nominale superiore ad 1 kV " 127

DELIBERAZIONE 3 GIUGNO 2008 – ARG/ELT 74/2008

Testo integrato delle modalità e delle condizioni tecnico-economiche per lo scambio sul posto (TISP) " 132

DELIBERAZIONE 23 LUGLIO 2008 – ARG/ELT 99/2008

Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (Testo integrato delle connessioni attive – TICA) " 139

DELIBERA ARG/ELT 150/2008

Ulteriori disposizioni in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di generazione e in materia di misura dell'energia elettrica prodotta e immessa da impianti di produzione Cip n. 6/1992..... " 147

DELIBERA ARG/ELT 161/2008

Modificazione della Deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 13 aprile 2007, n. 90/2007, in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici " 150

DELIBERA ARG/ELT 184/2008

Disposizioni transitorie in materia di scambio sul posto di energia elettrica " 152

DELIBERA N. 88/2007

Disposizioni in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di generazione " 154

DELIBERA N. 89/2007

Condizioni tecnico-economiche per la connessione di impianti di produzione di energia elettrica alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi a tensione nominale minore o uguale ad 1 kV..... " 161

DELIBERA N. 90/2007	
<i>Attuazione del decreto del Ministro dello Sviluppo Economico, di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 19 febbraio 2007, ai fini dell'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante impianti fotovoltaici</i>	p. 172
▣ GUIDA ALL'INSTALLAZIONE E ALL'USO DEL SOFTWARE	
Introduzione.....	" 177
Requisiti minimi hardware e software	" 177
Richiesta della "password utente"	" 178
Procedura per l'installazione del software	" 178
Procedura per la registrazione del software	" 179
Procedura per l'utilizzo del software	" 179
▣ BIBLIOGRAFIA.....	" 181

Presentazione

Questo libro vuole essere una guida pratica alla realizzazione di sistemi solari fotovoltaici e fornire quelle nozioni necessarie per costruire impianti fotovoltaici correttamente funzionanti. Con questo obiettivo, dopo una breve trattazione sui principi generali di funzionamento di un sistema fotovoltaico, sono stati affrontati gli aspetti tecnico-pratici ovvero le fasi del sopralluogo, del corretto dimensionamento, della progettazione e delle relative istanze ed autorizzazioni.

Per dare al testo un taglio pratico, sono state illustrate dettagliatamente le varie fasi di realizzazione di un impianto fotovoltaico traendo spunto da un caso reale: un impianto fotovoltaico da 4,8 kWp al servizio di un'abitazione privata, realizzato nel 2007 in provincia di Palermo e già incentivato ai sensi del decreto ministeriale 19 febbraio 2007, il decreto che dispone le tariffe incentivanti definito anche "conto energia".

L'impianto fotovoltaico è stato realizzato dalla Enersystems Srl, azienda siciliana che da qualche anno opera attivamente nel settore, ed è stato uno dei primi impianti della provincia di Palermo ad essere entrato in esercizio ai sensi del nuovo conto energia.

Sono stati trattati anche i programmi di incentivazione e gli aspetti economici ed ambientali legati alla realizzazione dei sistemi fotovoltaici.

Per una rapida consultazione il testo è stato suddiviso in cinque parti principali:

1. Fondamenti generali e principio di funzionamento.
2. Progettazione e dimensionamento.
3. Montaggio e messa in servizio di un impianto: caso pratico.
4. Considerazioni ambientali ed economiche.
5. Come predisporre una pratica: iter realizzativo

Il CD-ROM allegato riporta i principali riferimenti legislativi, utilissime schede di raccolta dati per i sopralluoghi, modulistica relativa alla richiesta di connessione, modelli per le istanze di autorizzazione, schemi elettrici in formato *cad* per un pronto utilizzo ed una copia di progetto preliminare di un impianto. Lo scopo è stato quello di mettere a disposizione degli operatori, dei tecnici e dei progettisti del settore, informazioni precise necessarie alla progettazione ed all'installazione di impianti fotovoltaici realizzati a regola d'arte.

Ing. Vincenzo Scimeca

Amministratore e Direttore Tecnico ENERSYSTEMS s.r.l.

Introduzione

Energia, un termine oggi assai discusso, argomento frequentemente trattato dai quotidiani internazionali, da svariate trasmissioni televisive e anche oggetto di dibattiti politici.

L'energia assume varie forme e, tra queste, l'energia elettrica ha una rilevanza primaria nell'attuale contesto socio-culturale ed economico di una civiltà industriale e informatizzata.

L'industria di produzione e distribuzione dell'energia elettrica ha avuto inizio dopo l'invenzione della lampada ad incandescenza (1879) ed ha assunto in seguito un tale sviluppo da acquisire una posizione di prim'ordine, segnando in poco meno di cento anni il passaggio da una civiltà prettamente agricola ad una civiltà industriale sempre più sofisticata.

L'energia ha assunto forme sempre più potenti, e dai primi impianti (Edison) in corrente continua, che avevano basse potenze e servivano principalmente piccole reti per l'illuminazione, si è passati da poche decine di chilowatt alle migliaia attuali, grazie all'entrata in uso della corrente alternata che già dal 1910 portò ad un notevole progresso nella potenza degli impianti.

Nel contesto internazionale l'Italia fu la prima fra le nazioni europee ad avere un impianto di produzione e distribuzione di energia elettrica per l'illuminazione sia pubblica che privata (Edison) e nel 1883, appena un anno dopo che a New York entrava in esercizio la centrale di Pearl Street, a Milano sorgeva la centrale elettrica di Santa Radegonda. Nel 1892 sorgeva invece la centrale idroelettrica di Tivoli (Roma), primo esempio di sfruttamento delle risorse rinnovabili e che in quegli anni si ritenne potesse intensificare il processo di industrializzazione.

Enormi passi sono stati compiuti da quel periodo, creando centrali sempre più potenti e permettendo all'umanità di compiere grandi progressi in tutti i campi. L'evoluzione delle civiltà è direttamente legata all'energia e le nazioni più sviluppate sono infatti quelle che oggi ne consumano maggiormente. Questo aumentato fabbisogno energetico si è tradotto nel corso degli anni nell'utilizzo sempre più massiccio dei combustibili fossili che hanno permesso di rispondere all'aumentata richiesta energetica, tra cui il petrolio, combustibile fossile per eccellenza e divenuto principale fonte per la produzione di energia elettrica e per tutto il settore dei trasporti.

Il petrolio rappresenta oggi la principale fonte di energia. Non è un'esagerazione, le scelte passate hanno fatto sì che il petrolio diventasse di vitale importanza per ogni cosa che facciamo. Il 90% di tutti i trasporti terrestri, aerei e marittimi utilizzano il petrolio; il 95% dei prodotti che troviamo nei negozi richiede l'utilizzo del petrolio.

Nel mondo oggi si consumano più di 80 milioni di barili di petrolio al giorno e questa cifra sta rapidamente crescendo e continuerà a farlo nei prossimi anni.

Diversi studi condotti in materia nel corso degli ultimi anni hanno portato a risultati e pareri discordanti circa il picco di produzione di petrolio, ovvero il periodo in cui la richiesta sarà maggiore della produzione. Nonostante i pareri discordanti, un fattore comune lega questi diversi gruppi scientifici, cioè che il petrolio, come tutti i combustibili fossili, è una fonte esauribile e pertanto destinato a finire.

Per non parlare del riscaldamento globale e dei cambiamenti climatici in atto, problemi ormai scientificamente riconosciuti a livello mondiale. Infine la concentrazione delle riserve petrolifere in zone del pianeta che presentano un'elevata instabilità politica e che per la loro posizione geo-politica potrebbero rappresentare una seria minaccia in un futuro prossimo, visto il totale controllo delle maggiori riserve e l'indiscutibile dipendenza petrolifera in cui riversano tutti i paesi industrializzati.

A questo punto il mondo scientifico e politico si stanno seriamente interrogando in merito alla questione, e seppur con varie sfumature e pregiudizi, stanno affrontando in maniera determinata il problema.

È indiscutibile infatti che i combustibili fossili non potranno da soli rappresentare il futuro energetico mondiale, e per quanto stime alquanto ottimistiche riferiscano riserve (petrolio, gas, carbone) sufficienti per i prossimi 50-80 anni, è chiaro che già da oggi occorre investire nella ricerca e nello sviluppo di nuove forme di energia alternativa, perché lo sviluppo e l'utilizzazione su larga scala di nuove tecnologie richiedono dei tempi non indifferenti.

È lecito certamente domandarsi se oggi sia possibile una riconversione a fonti energetiche alternative, senza tuttavia abbandonare il livello di comfort e di qualità della vita che si è raggiunto grazie al progresso tecnologico.

Le fonti rinnovabili possono rappresentare una valida alternativa di supporto al sistema energetico attuale e tra queste il fotovoltaico, una tecnologia ormai matura e consolidata. La Germania è stata la nazione capofila in questo settore a mettere a punto un programma di incentivazione che è stato poi copiato da molti altri paesi come Spagna, India, Cina, Usa che nell'ultimo anno hanno avviato una seria politica di sviluppo in questo settore. Anche l'Italia nel 2007 ha avviato un programma di incentivazione (Conto Energia) che ha avuto un concreto sviluppo, confermato nel 2008 e nel 2009 e che sta facendo registrare numeri impressionanti: migliaia di impianti fotovoltaici vengono collegati ogni mese alla rete elettrica. Il sistema di incentivazione è definito appunto "Conto Energia" e fa parte di un programma europeo finalizzato a favorire la diffusione degli impianti fotovoltaici attraverso un incentivo che viene riconosciuto in relazione alla quantità di energia elettrica prodotta. La funzione dell'incentivo è quella di accelerare il ritorno economico dell'investimento che può essere calcolato tra i 5 e i 9 anni a seconda di alcuni fattori, tra cui l'orientamento, l'inclinazione dell'impianto ri-

spetto al sole, il costo iniziale dell'impianto e soprattutto la localizzazione geografica, ad esempio per gli impianti realizzati in Sicilia il ritorno dell'investimento può essere calcolato tra i 5 e i 7 anni. Questi incentivi vengono riconosciuti per un periodo di 20 anni (mediante contratto sottoscritto con il GSE: Gestore dei Servizi Elettrici) a chi installa un nuovo impianto fotovoltaico collegato alla rete elettrica. I vantaggi del Conto Energia non si limitano alla sola tariffa incentivante, a questa infatti va sommato il risparmio che si ottiene dall'autoconsumo di energia elettrica. Il Conto Energia italiano, in termini di rendimento economico, è considerato dagli operatori del settore il migliore incentivo tra i paesi europei.

Il fotovoltaico oggi, pur non rappresentando l'unica alternativa, potrà certamente contribuire allo sviluppo di nuove tecnologie nel campo delle energie rinnovabili, nel contempo potrà favorire la creazione di nuovi posti di lavoro e costituire una risposta concreta al problema di uno sviluppo economico sostenibile, uno "sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni".

Capitolo 1

Fondamenti generali e principio di funzionamento

1.1. La radiazione solare

Il sole, come tutti i corpi caldi, emette una radiazione elettromagnetica chiamata radiazione solare, che scaturisce dai processi di fusione dell'idrogeno contenuto nello stesso. La radiazione solare costituisce il combustibile principale di tutti i processi vitali del pianeta terra.

La potenza della radiazione elettromagnetica incidente sull'unità di superficie prende il nome di *irraggiamento solare* che può essere misurato con appositi strumenti (piranometro o solarimetro).

L'irraggiamento solare all'esterno dell'atmosfera prende il nome di *costante solare* ed è pari a 1367 watt al metro quadro (W/m^2). Nell'attraversare l'atmosfera terrestre la radiazione solare si attenua venendo in parte dispersa ed in parte assorbita. La radiazione che giunge al suolo è quindi la risultante di una componente *diretta*, di una *diffusa* e di una *riflessa* (figura 1).

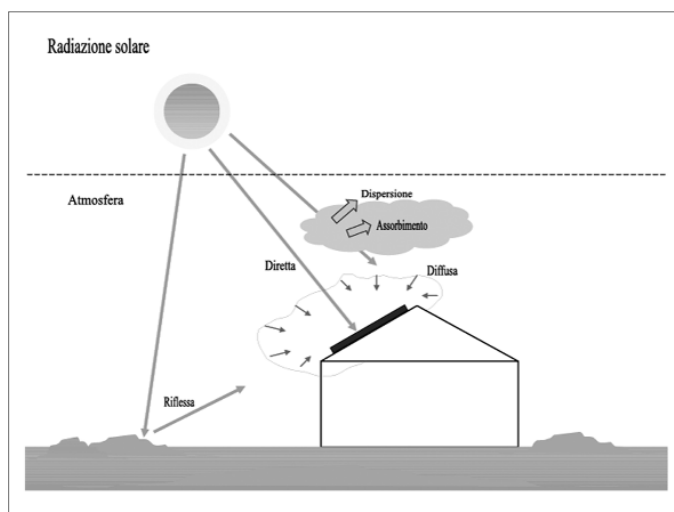


Figura 1. La radiazione solare

D'inverno la componente diffusa è molto maggiore di quella diretta e su base annua può arrivare a rappresentare circa il 50% della radiazione solare globale. La radiazione riflessa dipende dal coefficiente di albedo (coefficiente di riflessione), che è funzione dell'ambiente circostante (asfalto, erba, ecc.). L'intensità della radiazione solare al suolo dipende inoltre dall'angolo di inclinazione della radiazione stessa (vedi figura 1) e quindi dalla localizzazione geografica (latitudine, longitudine). La radiazione solare varia quindi in funzione dell'orientamento e dell'inclinazione. Per massimizzare l'energia captata nell'arco dell'anno, con riferimento alle latitudini italiane, l'angolo di inclinazione ottimale è di 30° con orientamento a sud. Nella figura 2 è riportato lo scostamento percentuale dell'irraggiamento solare al variare dell'inclinazione e dell'orientamento cardinale.

ORIENTAMENTO	INCLINAZIONE (orizzontale = 0° – verticale = 90°)						
Sud = 0° Est/Ovest = 90°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0°	0,89	0,97	1,00	0,99	0,93	0,83	0,69
15°	0,89	0,96	1,00	0,98	0,93	0,83	0,69
30°	0,89	0,96	0,99	0,97	0,92	0,82	0,70
45°	0,89	0,94	0,97	0,95	0,90	0,81	0,70
60°	0,89	0,93	0,94	0,92	0,87	0,79	0,69
75°	0,89	0,91	0,91	0,88	0,83	0,76	0,66
90°	0,89	0,88	0,87	0,83	0,78	0,71	0,62

Figura 2. Energia solare al variare dell'orientamento e dell'inclinazione (fonte Enerpoint)

1.2. Il principio fotovoltaico

La conversione diretta dell'energia della radiazione solare in energia elettrica, realizzata con la cella fotovoltaica, utilizza il fenomeno fisico dell'interazione della radiazione luminosa con gli elettroni di valenza nei materiali semiconduttori, denominato appunto effetto fotovoltaico. Qualunque sia il materiale impiegato (silicio o altro), il meccanismo con cui la cella trasforma la luce solare in energia elettrica è sempre lo stesso. Per semplicità si considera il caso in cui la cella fotovoltaica sia costituita da silicio cristallino: normalmente l'atomo di silicio possiede 14 elettroni, 4 dei quali sono elettroni di valenza, che quindi possono partecipare alle interazioni con gli altri atomi, sia di silicio sia di altri elementi. Due atomi affiancati di un cristallo di silicio puro, hanno in comune una coppia di elettroni, uno dei quali appartenente all'atomo considerato e l'altro appartenente all'atomo vicino (figura 3).

Esiste quindi un forte legame elettrostatico fra un elettrone e i due atomi che esso contribuisce a tenere uniti. Tale legame può essere però spezzato da una certa quantità di energia: se l'energia fornita è sufficiente, l'elettrone viene portato ad un livello ener-