

Fabio Andreoli



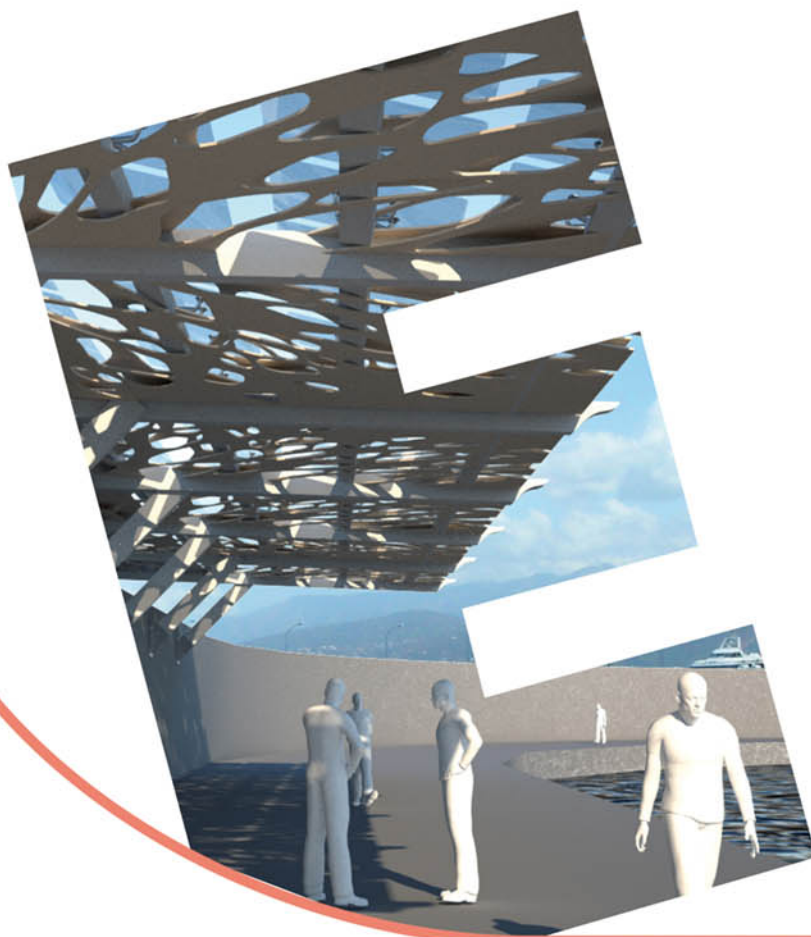
Dario Flaccovio Editore

Fotovoltaico di nuova generazione

Guida alla progettazione e realizzazione

Aggiornato fino alle tecnologie di terza generazione

[Scheda sul sito >](#)



- Componenti, moduli in silicio, a film sottile, a celle organiche, a concentrazione ✓
- Inverter, sistemi a inseguimento, accumulatori, fondazioni e supporto di sostegno ✓
- Soluzioni realizzative e nuove applicazioni, progetto e collaudo ✓
- Manutenzione, sicurezza e decommissioning ✓

Fabio Andreolli

FOTOVOLTAICO DI NUOVA GENERAZIONE

Progettazione e soluzioni



Dario Flaccovio Editore

Dedicato alla mia famiglia

Fabio Andreolli

FOTVOLTAICO DI NUOVA GENERAZIONE

ISBN 978-88-579-0215-9

© 2013 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686

www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

Prima edizione: giugno 2013

Andreolli, Fabio <1964->

Fotovoltaico di nuova generazione : progettazione e soluzioni / Fabio Andreolli. –
Palermo : D. Flaccovio, 2013.

ISBN 978-88-579-0215-9

1. Impianti solari.

621.31244 CDD-22

SBN Pal0257782

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana “Alberto Bombace”

Stampa: Tipografia Priulla, Palermo, giugno 2013

FOTOGRAFIE: Asia e Lea Andreolli

ILLUSTRAZIONI: Fabio Andreolli

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

INDICE

Presentazione <i>dott. ing. Eleonora Monti</i>	pag.	9
Presentazione <i>di The Prospective Club</i>	»	11
Premessa	»	13
1. Energia fotovoltaica		
1.1. Cenni introduttivi.....	»	15
1.2. Sviluppi dei componenti	»	16
1.3. Europa 2020-20	»	19
1.4. Ruolo del fotovoltaico	»	21
2. Sostenibilità dell’investimento		
2.1. Approccio	»	25
2.2. Autorizzazioni.....	»	26
2.3. Valutazione impatto ambientale.....	»	28
2.3.1. Impatto paesaggistico	»	28
2.3.2. Impatto naturalistico	»	29
2.3.3. Impatto acustico	»	30
2.3.4. Impatto dei campi elettromagnetici sulle telecomunicazioni	»	30
2.3.5. Impatto sulla sicurezza dei luoghi	»	31
2.4. Business plan	»	32
2.5. Producibilità elettrica	»	36
2.6. Contratto di vendita dell’energia	»	37
2.7. Costo degli impianti	»	38
2.8. Benefici ambientali	»	39
3. Sole e radiazione		
3.1. Sole	»	41
3.2. Emissione del Sole.....	»	42
3.3. Disponibilità dell’energia solare sulla Terra	»	43
3.3.1. Influenza della posizione geografica	»	44
3.3.2. Influenza del clima	»	46
3.4. Anche dati e mappe	»	46
3.5. Misura di radiazione solare.....	»	50
3.5.1. Pyrheliometri ed eliofanometri.....	»	50

3.5.2. Pyranometri	»	51
3.5.3. Radiometri netti	»	51
3.5.4. Radiometri per specifica banda fotovoltaica	»	51
3.5.5. Installazione e manutenzione dei radiometri	»	52
3.5.6. Raccomandazioni generali riguardo alle misure solari	»	53
4. Cenni sul principio fotovoltaico		
4.1. Cenni introduttivi	»	55
4.2. Effetti sui semiconduttori	»	55
4.3. Cella fotovoltaica	»	57
4.4. Rendimento massimo	»	59
5. Tecnologie		
5.1. Componenti	»	63
5.2. Moduli silicio (<i>wafer based</i>)	»	64
5.3. Moduli a film sottile (<i>thin-film</i>)	»	66
5.4. Moduli a celle organiche (<i>ultra low cost</i>)	»	68
5.5. Moduli a concentrazione (<i>ultra high efficiencies</i>)	»	70
5.6. Inverter	»	73
5.7. Sistemi a inseguimento	»	75
5.8. Accumulatori	»	77
5.9. Accessori di cablaggio	»	78
5.10. Fondazioni e supporto di sostegno	»	82
5.11. Telecontrollo	»	82
6. Soluzioni realizzative e nuove applicazioni		
6.1. Impianti in isola	»	85
6.1.1. Applicazioni urbane e civili	»	86
6.1.2. Applicazioni industriali	»	88
6.1.3. Applicazioni mobili	»	89
6.2. Impianti in isola applicati alla mobilità	»	90
6.2.1. Applicazioni di mobilità	»	90
6.2.2. Autoveicoli	»	91
6.2.3. Imbarcazioni	»	94
6.2.4. Velivoli	»	95
6.3. Impianti connessi in rete per lo scambio sul posto	»	96
6.4. Impianti connessi solo in rete	»	97
6.5. Impianti ibridi	»	100
6.6. Impianti a recupero di energia fotovoltaica a idrogeno	»	101
6.7. Green design	»	102

7. Progetto e collaudo

7.1. Fasi principali	» 107
7.2. Studio di fattibilità	» 107
7.3. Realizzazione	» 112
7.4. Collaudo	» 115

8. Manutenzione, sicurezza e decommissioning

8.1. Manutenzione	» 119
8.2. Sicurezza	» 122
8.3. Decommissioning	» 124

PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI	» 127
----------------------------------------	-------

BIBLIOGRAFIA	» 131
--------------------	-------

SITOGRAFIA	» 133
------------------	-------

Presentazione

Perché un libro sul fotovoltaico proprio adesso che secondo molti “esperti” il settore è moribondo? Tanto per cominciare, perché non è vero: è morto (forse) il fotovoltaico speculativo, che viveva di incentivi, ma anch’esso ha contribuito a mettere le basi e creare le competenze per uno sviluppo più sano e realmente competitivo del settore.

Ora che il costo dei moduli è in calo e che il processo di integrazione delle rinnovabili nel sistema elettrico si sta consolidando, si apre una nuova strada per il fotovoltaico e in particolare per le soluzioni più innovative – come quelle ben illustrate da Fabio Andreolli in questo volume – che da una parte acquisiscono maggiore competitività e dall’altra contribuiscono a introdurre all’opinione pubblica applicazioni di fotovoltaico diverse, architettonicamente integrate ed esteticamente gradevoli, innescando un circolo virtuoso che incentiva le attività di ricerca e sviluppo anche attraverso soluzioni ardite e rivoluzionarie.

In un quadro economico complesso e selettivo come quello attuale, investire in innovazione è cruciale per le imprese: non solo per aumentare le prestazioni delle celle fotovoltaiche e ridurre il costo, ma anche per identificare nuove applicazioni e tipologie installative. Una maggiore consapevolezza del pubblico sulle reali potenzialità del fotovoltaico è importante per agevolarne un’introduzione sempre più capillare, eliminando la diffidenza che viene dalla poca familiarità: opere come questa, in cui l’aspetto divulgativo è sostenuto da solide basi tecnico-scientifiche, sono fondamentali per sviluppare nel Paese quella cultura tecnologica la cui mancanza è stata alla base di tanti malintesi in passato.

Dott. ing. Eleonora Monti
Contributing Editor for Science & Industry Magazines and conferences

Presentazione

Descrivere il futuro è un paradosso della realtà quotidiana, non è mai stato realistico ed è stato sempre stato smentito dalla realtà dei fatti. Nel passato il futuro era l'inimmaginabile. Nelle età più recenti, grazie al susseguirsi dei progressi tecnologici questo è diventato rapidamente il presente.

Un presente di transizioni quotidianamente impercettibili ma continue e volatili che al momento permettono all'umanità di vivere un periodo di prosperità globale, mai registrata precedentemente, vertiginosamente pericolosa per se stessa.

Si possono però sempre immaginare nuove prospettive per l'umanità in funzione di diversi e nuovi scenari che considerano importanti *megatrends* come le mutazioni sociali, dettate ad esempio dalla crescita della popolazione, e le risorse finite del nostro pianeta a partire dalla sua stessa superficie.

Uno di questi è l'energia.

In questo momento un terzo del mondo spreca energia, un terzo ne ha fame e un terzo vive praticamente al buio, una situazione che genera conflitti e un bilancio globale energetico instabile di cui si è ormai tutti consapevoli.

L'energia fotovoltaica, nel passato a lungo sottovalutata e relegata a quasi una curiosità, nel presente ha un ruolo sempre più preponderante fra le fonti energetiche rinnovabili e non, che la porterà, nelle varie ipotesi, approssimativamente nel 2070 ad essere la prima fonte energetica mondiale grazie alla sua capacità di sfruttare direttamente gli inesauribili e gratuiti raggi del sole, che gli permettono di produrre silenziosamente energia ovunque sul pianeta, senza la necessità di importanti vincoli infrastrutturali.

Questo importante risultato non sarà raggiunto solo tramite gli scontati progressi tecnologici che si susseguiranno sempre più frequentemente ma attraverso nuove sfide, che metteranno a prova creatività e immaginazioni di soluzioni e applicazioni innovative che porteranno una rapida e invisibile diffusione, della generazione fotovoltaica.

The Perspective Club

Dott.ri *Danilo Mauro Boneschi, Giuseppe Lacerenza,
Paolo Maggiolini, Fabius Von Faß, Mauro Zanzottera*

Premessa

Questo testo è destinato a tutti coloro che hanno già compreso che l'ampia diffusione degli impianti fotovoltaici ha permesso a questi di raggiungere economie di scala tali da raggiungere la *grid parity* con gli impianti alimentati da fonte nucleare e fossile, ma che sanno anche che ci sono limiti importanti dettati dal Sole, fonte inesauribile ma disponibile solo di giorno e che comunque sono certi che sia possibile cercarne uno sfruttamento ancora più efficace.

Questo testo è destinato a tutti gli insoddisfatti di quanto fatto fino a ora nel campo delle energie da fonti rinnovabili, che non credono nel produrre energia per solo calcolo speculativo ma che sono invece interessati a valutare correttamente il potenziale, anche etico, di un investimento e a conoscere i criteri fondamentali per progettare e realizzare impianti di taglia sostenibili, a un costo contenuto e con un rapido raggiungimento del punto di pareggio di quanto investito.

Nel testo ho raccolto appunti, esperienze, fotografie e disegni che ho sintetizzato in forma di guida da consultare ogni qualvolta se ne presenti la necessità.

Il libro si articola in un percorso che conduce il lettore a conoscere la necessità e il valore delle fonti rinnovabili, in modo specifico impiegando tecnologia fotovoltaica, la loro storia, la loro origine fisica e la tecnologia a disposizione, nonché le modalità di progettazione e realizzazione di un impianto, le soluzioni innovative, anche attraverso esempi concreti. In conclusione sono riportate le norme di riferimento e le fonti di consultazione, comprese quelle più referenziate disponibili su internet.

Auguro a tutti una buona lettura e rilettura di questo mio testo che, con gli altri già pubblicati, permette di vedere le fonti di energia rinnovabili come un'opportunità di innovazione, ricerca e progresso.

1. Energia fotovoltaica

1.1. Cenni introduttivi

La reazione termonucleare che alimenta le stelle, in particolare il Sole, la stella a più vicina, diffonde nello spazio cosmico un flusso di onde elettromagnetiche che, quando viene intercettato e assorbito dal pianeta Terra, ne diventa il motore energetico che permette la crescita e lo sviluppo della vita. Infatti, i raggi solari, quando entrano nell'atmosfera, costituita da gas e vapori che aderiscono alla crosta terrestre per gravità, cedono gradualmente la loro energia alla Terra, illuminandola e riscaldandola, creando così i fenomeni meteorologici come il vento e le piogge, alimentando la fotosintesi clorofilliana.

Il Sole è anche il motore delle fonti di energia rinnovabili: quando forma il vento crea l'energia eolica, quando scioglie le acque crea l'energia idraulica, quando riscalda crea l'energia termica, quando alimenta l'energia chimica della natura crea l'energia da biomasse e biogas, quando illumina permette l'effetto fotovoltaico.

Tutti i testi concordano nell'attribuire al fisico e premio Nobel francese Antoine Henri Becquerel la scoperta degli effetti fotoelettrici nel 1839 quando, ripetendo delle sperimentazioni dello scienziato e inventore italiano Alessandro Volta sulle celle elettrolitiche di una pila, egli nota il formarsi di una differenza di potenziale dipendente dall'intensità e dal colore della luce tra due elettrodi identici di platino, uno illuminato e l'altro al buio.

Negli anni successivi si susseguono sperimentazioni atte a ripetere il fenomeno e a comprenderne i meccanismi a nome di vari scienziati, fino alla pubblicazione il 17 marzo 1905 di un articolo scientifico del fisico e poi premio Nobel Albert Einstein.

Questi, riprendendo il concetto della teoria dei quanti, ipotizzato pochi anni prima dallo scienziato tedesco Karl Max Plank, spiega l'effetto fotoelettrico come causato dall'estrazione di elettroni da un metallo colpito da quanti di luce.

Dalle successive evoluzioni e sperimentazioni, in particolare dopo la seconda guerra mondiale, con il crescente interesse per possibili applicazioni militari e come fonte di alimentazione per i satelliti artificiali, nel 1952 viene dimostrata la prima cella fotovoltaica alimentata da radiazioni solari dai Laboratori Bell negli Stati Uniti, seguita poco dopo dalla dimostrazione del concorrente statunitense

RCA di una cella fotovoltaica alimentata da radiazioni di origine atomica generate da un isotopo dello stronzio (^{90}Sr).



Figura 1.1. Pila a bicchierini di Alessandro Volta

Da quel momento è un susseguirsi di sviluppi e di nuovi prodotti in crescendo di pari passo con la crescente domanda di energia mondiale e di consapevolezza e preoccupazione sulla salvaguardia ambientale che vedono impianti fotovoltaici installati ovunque incluso su palazzi di capi di stato e sedi religiose.

L'attuale successo di questa forma di sfruttamento e generazione di energia è sostanzialmente dovuto alla larga disponibilità di tecnologie e prodotti affidabili, alla convenienza economica (si pensi ad esempio alla possibilità di poter produrre indipendentemente da crisi economiche e politiche, contrariamente a molte fonti oggi utilizzate) e alla valenza etica di tutte le fonti rinnovabili nell'ottica del rispetto dell'ambiente.

Gli impianti possono avere dimensioni microscopiche fino a occupare vaste aree di territorio, soddisfacendo così utenze portatili, residenziali e domestiche, commerciali, industriali e centrali elettriche.

1.2. Sviluppi dei componenti

Attualmente non c'è disciplina tecnica o scientifica che non sia coinvolta in programmi di sviluppo o ricerca nel settore fotovoltaico, dettati dalla fame di nuovi generatori di energia elettrica da fonti rinnovabili e agevolati dalla semplicità

ed ecletticità dei componenti che permettono ogni volta di realizzare o scoprire soluzioni fra le più diverse.

Si possono delineare due principali filoni di attività: il primo è orientato verso l'applicazione in campi come la mobilità, le soluzioni architettoniche, le grandi centrali e l'integrazione a fini di risparmio energetico, mentre il secondo si spinge nella ricerca scientifica con lo scopo di migliorare l'efficienza della conversione energetica, facendo affidamento sulle caratteristiche dei materiali e sull'economicità.

Il primo filone, dopo un recente periodo di crescita frenetica e disordinata, che ha determinato abusi, speculazioni e incidenti, è diventato ora pilota di nuove norme tecniche e regole di connessione che hanno portato a nuovi prodotti specifici di settore e a trasformare sperimentatori in progettisti.

Tabella 1.1. Segmentazione del mercato fotovoltaico per dimensione e applicazione

Tipo di applicazione	Residenziale < 10 kWp	Commerciale 10 kWp-100 kWp	Industriale 100 kWp-1 MWp	Utility > 1 MWp
Campo a terra	-	-	SI	SI
Tetto	SI	SI	SI	-
Integrata	SI	SI	-	-

Si è passati così da prototipi di laboratorio e frettolose installazioni a prodotti industriali *high tech*, costruiti in aziende specializzate e spesso nate per soddisfare il mercato fotovoltaico, a installazioni di dimensioni importanti come dimensioni o impegnative e visionarie in edifici e infrastrutture con spesso risvolti artistici.

Il secondo filone, dopo un lungo periodo di disinteresse che lo ha relegato in nicchie isolate e periferiche costringendo all'immobilità per anni dei prodotti di massa, è diventato ora dipartimento essenziale negli ambiti istituzionali delle università e centri di ricerca, capace inoltre di attrarre fondi e finanziamenti.

Si è passati così, velocemente, dalle celle ricavate dai wafer di silicio, dette anche *di prima generazione*, alla riscoperta delle leghe metalliche riportate su film sottile, la seconda generazione, alle celle organiche e multigiunzione o di terza generazione.

Particolarità di questo succedersi di generazioni è che queste non si sovrappongono o annullano a vicenda: nascono in periodi successivi sull'esperienza delle precedenti e si evolvono seguendo percorsi diversi. Esistono ancora enormi margini di sviluppo per questo filone grazie a continui progressi del calcolo teorico e delle nanotecnologie che permettono di inventare nuovi materiali fotovoltaici ad alta efficienza.

1.3. Europa 2020-20

L'Unione Europea ha svolto un ruolo di primo piano nell'elaborazione dei due grandi trattati internazionali sui cambiamenti climatici: la Convenzione quadro delle Nazioni Unite del 1992 e il relativo Protocollo di Kyoto, approvato nel 1997.

Nonostante si tratti di due risultati importanti, le recenti prove scientifiche dimostrano che urge un'azione globale molto più ampia e rapida per evitare che l'effetto serra raggiunga livelli irreversibili. A titolo di esempio, la temperatura media globale è già aumentata di 0,8 °C rispetto all'era preindustriale.

In occasione della conferenza ONU del dicembre 2009 sui cambiamenti climatici, l'Unione Europea ha offerto il proprio sostegno all'accordo di Copenaghen, considerato il primo passo verso un trattato globale giuridicamente vincolante in grado di sostituire il Protocollo di Kyoto nel 2013.

Nel 2008 l'Europa ha assunto l'impegno incondizionato di ridurre le emissioni entro il 2020 di almeno il 20% rispetto ai livelli del 1990 e sta già attuando norme vincolanti al fine di:

- ridurre i gas a effetto serra del 20%;
- ridurre i consumi energetici del 20% attraverso un aumento dell'efficienza energetica;
- soddisfare il 20% del fabbisogno energetico europeo mediante l'utilizzo delle energie rinnovabili.

Quest'azione è mirata a indirizzare l'Europa verso un futuro sostenibile sviluppando un'economia a basse emissioni di CO₂ improntata all'efficienza energetica, rafforzando la sostenibilità e la sicurezza degli approvvigionamenti, contribuendo nel contempo a promuovere lo sviluppo economico e l'occupazione e a limitare i costi energetici per le famiglie e le imprese.

Al vertice di Copenaghen, scienziati e uomini politici hanno riconosciuto che il surriscaldamento del pianeta non deve superare i 2 °C; per rimanere al di sotto di questa soglia, le emissioni globali devono stabilizzarsi prima del 2020, per poi essere almeno dimezzate rispetto ai livelli del 1990 entro il 2050, e continuare anche in seguito a diminuire.

L'Unione Europea ha reiterato la propria disponibilità ad abbattere le emissioni anche del 30%, a condizione che gli altri paesi industrializzati assumano un impegno analogo, inclusi i paesi in via di sviluppo che beneficeranno di un contributo. Riducendo i consumi energetici del 20% entro il 2020, l'UE punta ad abbattere le emissioni di quasi 800 milioni di tonnellate l'anno, con un risparmio di circa 100 miliardi di euro. L'iniziativa prevede di coinvolgere i tre settori maggiormente responsabili, ovvero edilizia, trasporto e industria.

Per l'edilizia, dove abitazioni ed edifici rappresentano il 40% del fabbisogno energetico europeo e dove il consumo di energia potrebbe essere ridotto di un ter-

zo, sono state adottate misure per migliorare la progettazione e dotare gli edifici di sistemi più efficienti per l'illuminazione, il riscaldamento, il condizionamento e la produzione di acqua calda sanitaria (il D.Lgs. 192/2005, e D.Lgs. 311/2006, reso attuativo dal D.P.R. 59/09, che recepisce la Direttiva 2002/91/CE).

Per quanto riguarda il trasporto, che rappresenta il 26% del fabbisogno energetico europeo, le misure prevedono limitazioni delle emissioni a 120 g di CO₂/km per le vetture dal 2012 (Regolamento n. 443/2009), mentre verrà promossa la vendita di automobili meno inquinanti attraverso una campagna che fornisca informazioni più chiare in merito al prodotto. Verranno inoltre previsti incentivi per soluzioni alternative, come ad esempio il trasporto pubblico, il trasporto non motorizzato e il telelavoro.

Per l'industria, che rappresenta il 25% del fabbisogno energetico europeo, verranno applicati standard di progettazione ecocompatibile a taluni articoli, quali ad esempio boiler, televisori (Regolamento CE n. 642/2009), frigoriferi e congelatori (Regolamento CE n. 643/2009) e prodotti per l'illuminazione (Regolamento CE n. 244/2009 e CE n. 245/2009), motori elettrici e inverter (Regolamento CE n. 640/2009), al fine di migliorarne il rendimento. Anche in questo caso verrà promosso il marchio di qualità ecologica che indicherà al consumatore i prodotti più rispettosi dell'ambiente e più efficienti dal punto di vista del consumo energetico. I numerosi vantaggi offerti dalle fonti energetiche rinnovabili sono ormai ampiamente riconosciuti: contribuiscono a contrastare i cambiamenti climatici, offrono un approvvigionamento energetico sicuro e soddisfano interessi economici di lungo termine. Da ciò consegue l'impegno dell'UE a diversificare ulteriormente il proprio mix energetico, portando al 20% la quota delle fonti rinnovabili e puntando all'utilizzo dei biocarburanti e di altre energie rinnovabili nel settore dei trasporti entro il 2020.

Infatti, privilegiando le fonti rinnovabili, sarà possibile ridurre su base annua il consumo di combustibili fossili di 200-300 milioni di tonnellate e le emissioni di CO₂ di ben 600-900 milioni di tonnellate, riducendo inoltre progressivamente la dipendenza dalle forniture esterne e le esposizioni alle fluttuazioni dei prezzi dei combustibili fossili.

In quest'ottica anche i settori dell'alta tecnologia potranno cogliere nuove opportunità economiche attraverso lo sviluppo di tecnologie a basse o a zero emissioni basate su fonti energetiche rinnovabili come l'energia eolica, solare o idroelettrica e la biomassa.

Sarà compito di ciascun paese promuovere lo sviluppo e il consumo di fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica, il riscaldamento, il condizionamento dell'aria e i trasporti. Per questi ultimi, in particolare, è previsto in tutti i Paesi un tasso di utilizzo dei biocarburanti e altri carburanti derivanti da fonti rinnovabili pari al 10% che dovranno essere prodotti in maniera sostenibile, per non pregiudicare la produzione alimentare e la biodiversità e non causare fenomeni di deforestazione.

Tutti i paesi stanno promuovendo lo sviluppo di tecnologie, prodotti e servizi a basso consumo nei settori che più si prestano al risparmio energetico.

1.4. Ruolo del fotovoltaico

Attualmente l'energia fotovoltaica rappresenta una risibile parte di tutta l'energia prodotta al mondo, stimabile in meno dello 0,05% pari a oltre 70 GW, dove circa il 75% di questi installati prevalentemente nel territorio dell'Unione Europea dove l'energia generata da fonte fotovoltaica raggiunge il 3% dell'energia prodotta, di cui molta per autoconsumo nel settore residenziale. I Paesi europei che vantano la maggior produzione si suddividono in quelli che hanno incominciato per primi spinti da una forte motivazione ambientale, indipendentemente da quanto siano soleggiati i loro territori, come la Germania, il Belgio la Repubblica Ceca, e in quelli favoriti proprio dall'esposizione solare, come l'Italia e la Spagna, sviluppi favoriti in tutti i casi da incentivazioni governative atte a diffondere e incrementare l'impiego di energie da fonti rinnovabili. Nel caso della Germania, poi seguita da Italia, Spagna e Svizzera, l'investimento si è reso doppiamente profittevole, in quanto, oltre a essere aumentata la sostenibilità ambientale del Paese, è cresciuta anche quella economica grazie a una raggiunta capacità di sviluppo di una intera filiera produttiva e culturale della tecnologia fotovoltaica.

Unico Paese al di fuori dell'Europa che ha seguito con lo stesso impegno e sviluppo l'energia fotovoltaica è il Giappone, che ogni anno raddoppia la propria produzione ed è anche uno dei più grandi costruttori ed esportatori di moduli in particolare *high tech*.

Gli altri Paesi si stanno affacciando solo ora all'impiego dell'energia da fonte fotovoltaica. Negli Stati Uniti, grazie alle politiche ambientali del governo del Presidente Barack Obama, Premio Nobel per la Pace, il fotovoltaico sta scardinando logiche legate al superconsumo, in particolare, di energia fossile, e insieme all'eolico si sta affermando come la prima fonte da energia rinnovabile.

Nei Paesi emergenti l'energia fotovoltaica è al momento vista come un'ulteriore alternativa nel soddisfacimento di una grande fame di energia diretta alla crescita di produzione e di consumi interni.

Hanno invece creduto fin dal primo momento nell'energia fotovoltaica associazioni umanitarie come The Alliance for Rural Electrification, vicina all'Unione Europea, la Solar Electric Found vicina all'organizzazione delle Nazioni Unite, l'indiana Solar Electric Light Company, che l'hanno adottata, per i loro progetti di energizzazione in aree rurali e povere nel mondo.

Tra le cause del tardo sviluppo dell'energia fotovoltaica ci sono anche le logiche industriali e di mercato.

L'industria condiziona la produzione di silicio e wafer in grandi volumi a causa di importanti barriere di accesso finanziarie e tecnologiche; oltre a drenare la

maggior parte della produzione verso il primo mercato di riferimento che è quello dell'elettronica, tutto questo fa sì che per i produttori di silicio il mercato per il fotovoltaico sia secondario e detenuto al 90% della produzione mondiale da sole 7 aziende che ne determinano la disponibilità e il prezzo. A valle dei produttori di silicio ci sono i produttori di moduli. Il 60% del mercato è composto da grandi aziende, in particolare cinesi, che si occupano di costruire sia celle che moduli, mentre il restante 40% è costituito da aziende di assemblatori di varie dimensioni, ma prevalentemente piccolissime. A seguire vi è la realizzazione degli impianti che, in funzione della complessità e dell'impegno economico, viene per i grandi impianti relegata a EPC Contractors (Engineering Procurement Construction), ovvero società che dispongono di importanti competenze tecniche, gestionali e finanziarie per incaricarsi delle diverse fasi, dallo studio alla costruzione di un impianto, per i medi impianti a integratori di sistema (*system integrators*), aziende in grado di realizzare impianti su specifiche del cliente impiegando i prodotti più idonei al caso, fino a una miriade di imprese di piccole dimensioni, rivenditori, installatori e professionisti che hanno la loro forza nella presenza e conoscenza del loro territorio.

Attualmente la più grande centrale di produzione di energia elettrica da fotovoltaica ha una taglia di 247 MWp. Si tratta dell'Agua Caliente Solar Project, situata negli Stati Uniti, più precisamente in Arizona, a Yuma; costruita con 5.200.000 pannelli che occupano 9.712.530 m² di superficie desertica, sarà estesa nei prossimi anni fino a una taglia di 397 MWp, arrivando così a occupare quasi 20 milioni di metri quadrati, possibilità offerta proprio dalla vastità dello spazio inabitato che la circonda.

Altre grandi centrali sono Charanka Solar Park in India, dalla capacità di 214 MWp, Golmud Solar Park in Cina, con 200 MWp; seguono molte altri grandi installazioni in territori poco urbanizzati, così come sono di prossima costruzione impianti di dimensioni gigantesche con taglie di 1 GW negli Stati Uniti, in particolare in California, Stato da sempre sensibile alle problematiche ambientali, favorito dall'irraggiamento e da ampie aree desertiche e non più coltivabili.

Alle grandi centrali si contrappongono le innumerevoli centrali residenziali, di taglia piccolissima, che però rappresentano l'80% di tutto l'installato mondiale con milioni di impianti ovunque.

Le logiche di mercato sono sempre state condizionate dalla convenienza dell'energia da fonte rinnovabile e da forti ostacoli posti dai governi che hanno sempre privilegiato l'impiego di fonti fossili, su cui gravano imposte, per la produzione di energia e limiti alla autoproduzione di energia elettrica superata solo recentemente dalle nuove ondate di liberalizzazione del mercato spinte da nuovi interessi economici sovranazionali.

La convenienza delle fonti rinnovabili è misurabile nel raffronto fra il costo di produzione di energia elettrica da queste fonti con quelle fossili e nucleari. Oggi

si preferisce raffrontarle con il costo di acquisto dell'energia stessa dalla rete. Il punto di pareggio è comunemente detto *grid parity*.

La valutazione di parità va svolta attentamente correlando le fonti a valori netti e non ai dati drogati da incentivi economici che falsano il vero costo dell'energia o che si riferiscono a Paesi con basso costo di energia immesso in rete.

In diversi casi, comunque, il fotovoltaico ha già raggiunto la *grid parity* a cui vanno a sommarsi altri benefici di non secondaria importanza come la salvaguardia ambientale, il prolungamento nel tempo della disponibilità delle risorse minerarie e l'indipendenza dalle speculazioni sulle stesse.

Tra i vari scenari ipotizzati relativi allo sviluppo dell'energia da fonte fotovoltaica quello più avanzato e ambizioso è quello pubblicato dalla European Photovoltaic Industry Association (EPIA), che impiega per identificarlo l'espressione coniata dallo storico della scienza e filosofo statunitense Thomas S. Kuhn: *cambiamento di paradigma (paradigm shift)*. Lo studio, basandosi sulla rapidità di crescita registrata finora dal settore fotovoltaico, indica che a oggi si tratta della fonte rinnovabile a più rapida diffusione e, constatando la continua diminuzione dei prezzi degli impianti fotovoltaici, prevede entro il 2020 il raggiungimento della quota dell'energia elettrica prodotta da fotovoltaico del 12%. Se questo avvenisse si avrebbe un cambiamento epocale dove le fonti rinnovabili avrebbero un'influenza decisiva sul comportamento dell'intero sistema economico creando così un nuovo paradigma tecno-economico dove quanto più grande sarà la penetrazione di mercato del fotovoltaico tanto più sarà elevato il beneficio netto in termini economici, di sviluppo e di emissioni di CO₂ evitate.

Il progetto più ardito, Desertec, si propone di coprire una quota consistente della domanda di elettricità dell'Europa con diversi impianti per la produzione di energia, di origine solare termica e fotovoltaica, ubicati nel deserto dell'Africa settentrionale e collegati al continente europeo con l'obiettivo di coprire il 15% della domanda dell'area entro il 2050 a un costo inferiore di quello medio dell'elettricità prodotta da fossili con un importante impatto sulla riduzione delle emissioni di CO₂. In questo modo l'utilità complessiva del progetto aumenta nei settori in cui ha un vantaggio comparativo, ovvero se un Paese dispone di un vantaggio comparativo nella produzione di un bene e se tale nazione ha fattori di produzione impiegati intensamente per realizzare tale bene. Di fatto i Paesi dell'Africa settentrionale presentano un solido vantaggio comparativo rispetto alle controparti europee: i principali fattori di produzione per la generazione di energia solare sono disponibilità, prezzo del terreno irrisorio e irradiazione solare doppia. Ma lo scambio può essere anche reciproco, perché l'Europa dispone di energia idroelettrica, eolica e biomasse.

Oltre all'impatto sull'equazione energetica europea, l'iniziativa Desertec ha altresì il potenziale di migliorare l'equilibrio geopolitico e i legami fra Europa e Nord Africa, rendendo nuovamente il Mar Mediterraneo un'area di riferimento.

2. Sostenibilità dell'investimento

2.1. Approccio

Lo sviluppo tecnologico operato dall'uomo ha sempre interagito e pesato profondamente sul pianeta, arrivando a modificarne equilibri ecologici naturali, determinando fra l'altro la crescita della popolazione umana fino a 7 miliardi di individui. Allo stesso modo non è più possibile trovare un singolo appezzamento di terreno o di foresta o un corso di un fiume che non sia stato modificato dall'uomo, fin dal termine dell'ultima era glaciale, in particolar modo nei Paesi più industrializzati.

Un progetto, per un impianto di produzione di energia da fonte rinnovabile, non può per definizione prescindere da scelte e decisioni a loro volta sostenibili nei confronti di ciò che sta intorno.

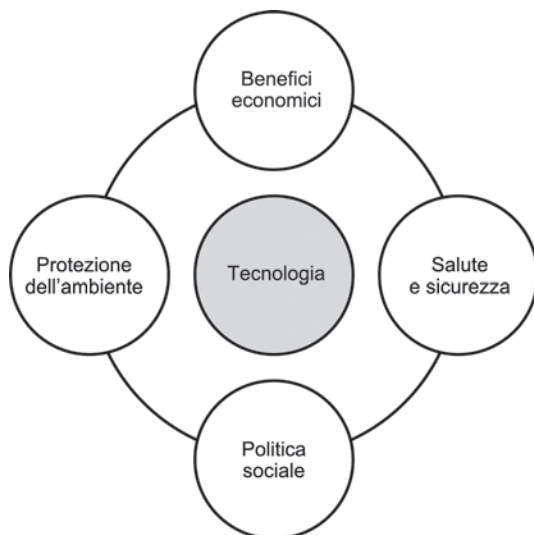


Figura 2.1. Sviluppo tecnologico ed evoluzione sostenibile

È importante comprendere che un impianto alimentato da energia rinnovabile per

funzionare sfrutta forze naturali che richiedono disponibilità di superfici e di volumi, ovvero di territorio. In particolare, quando si parla di impianti fotovoltaici, questi funzionano sfruttando la radiazione solare, sia diretta che diffusa, captata per ogni metro quadrato di terreno e convertita in funzione della tecnologia a disposizione più ottimale. L'occupazione di un territorio per un'attività industriale, finanche domestica, si pone in contrasto con l'idea di salvaguardare l'ambiente. L'occupazione indiscriminata del territorio, se non condivisa e risolta con la comunità che la abita, non è socialmente sostenibile.

L'uomo non deve essere asservito alle proprie invenzioni. Lo sviluppo tecnologico deve permettere di migliorare la qualità della vita dell'uomo, e quindi è necessario aprirsi a nuove valutazioni che vedono il progetto di un impianto inserirsi in uno scenario più ampio di quello della mera produzione di corrente elettrica.

Il terreno da impegnare deve valere poco qualitativamente più che quantitativamente. Il costo di una superficie urbana è sicuramente più alto di quello di una periferica, ma lo sfruttamento di una superficie improduttiva cementificata è sicuramente molto meno impattante dal punto di vista ambientale di una superficie agraria. Su ampia scala invece la disponibilità di aree popolate come quelle europee non permettono di realizzare grandi impianti che invece trovano collocazione ideale nelle ampie superfici desertiche e soleggiate del vicino Nord Africa e Medio Oriente.

La popolazione può sicuramente ritrovarsi in una comunità, se quanto si propone si traduce in un comune giovamento della salute e della spesa pubblica, tramite la riduzione di inquinanti, una stabilità economica e la crescita della propria reputazione.

2.2. Autorizzazioni

Come tutti gli impianti, anche quelli di generazione fotovoltaica sono soggetti a specifiche autorizzazioni, che possono variare in base a dimensione, capacità produttiva e impatto paesaggistico.

Naturalmente, quanto più gli impianti saranno semplici e di dimensione ridotta tanto più sarà agevole e breve l'iter burocratico.

Una volta redatto il progetto di massima e il relativo piano di impresa o *business plan* già descritto nel precedente capitolo, prima di procedere è necessario intervistare i principali enti preposti al rilascio delle autorizzazioni per conoscere i loro regolamenti e la loro predisposizione, così da non doversi trovare a formalizzare richieste che saranno difficilmente o lentamente (se non addirittura mai) approvate.

Esistono, ad esempio, comunità che non gradiscono la copertura di aree per risorse diverse da quelle agricole o turistiche, o enti di distribuzione elettrica che spesso per obsolescenza o complicazioni tecniche dell'allaccio in rete si trovano

in difficoltà nell'inserimento del nuovo impianto per l'inaspettato ammontare degli oneri a loro carico.

Al tal proposito, molti paesi hanno pubblicato indicazioni, come ad esempio l'Italia, dove il Ministero dello sviluppo economico, di concerto con quello dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e dei beni e attività culturali, il 10 settembre 2010 ha emesso il decreto *Linee guida per l'autorizzazione degli impianti da fonti rinnovabili*, a cui sono seguite circolari di precisazione.

In ogni caso si consiglia di avvalersi sempre di professionisti iscritti all'albo di appartenenza, ovvero con preparazione tecnica adeguata e riconosciuta, per la redazione di tutte le pratiche, meglio se competenti o accreditati presso il proprio territorio, anche in considerazione del fatto che ormai in ogni Paese, a tutela delle varie comunità, esistono norme e regole diverse per zone e aree geografiche; inoltre, l'aggiornamento della burocrazia in base alle nuove esigenze porta allo scioglimento e alla creazione di nuovi enti competenti a cui indirizzare per tempo le domande.

Tra i fattori da prendere in considerazione è sempre opportuno verificare i tempi delle procedure e la loro legittimità, inclusa l'applicazione della formula di tacito assenso.

Nulla vieta di realizzare l'impianto presso un terreno o un fabbricato in affitto o in concessione d'uso, ma in questi casi la formula contrattuale migliore con il proprietario sarà regolata come meglio convenuto con quest'ultimo nel rispetto della legge, considerando che l'installazione di generatori fotovoltaici non richiede la modifica della destinazione d'uso del terreno.

È necessario ricordare che completare l'impianto senza aver concluso l'iter autorizzativo significa disporre di un impianto illegale, quindi sanzionabile o sequestrabile. Realizzare l'impianto senza rispettare la regola dell'arte significa diventare responsabili dei relativi pericoli per se stessi, gli altri e l'ambiente, nonché suscettibili di denuncia, sanzione, condanna e sequestro, oltre che disporre di un impianto poco efficace. Infine, completare l'impianto senza disporre dell'allaccio alla rete di distribuzione significa avere il capitale investito immobilizzato senza la possibilità di vendere la produzione.

Per gli impianti di piccola taglia, anche se spesso sono quasi invisibili per le ridotte dimensioni e raramente sono interessati a vincoli paesaggistici o accostamenti architettonici e cromatici, si raccomanda comunque di verificare preventivamente presso il Comune dove si intende realizzarlo che non esistano problemi in merito. Nel caso, a meno di indicazioni formali, si raccomanda di evidenziare nel progetto l'impiego di accorgimenti e soluzioni di installazione atte a mitigare opportunamente l'impatto visivo che se previste fin dalle fasi di studio e al momento delle scelte dei componenti, non avranno importanti ripercussioni economiche sul risultato finale e invece andranno in qualche modo a impreziosire o a valorizzare la struttura circostante.

Per gli impianti di grandi dimensioni, questi sono assoggettabili a vere e proprie centrali di generazione di energia elettrica con tutte le complicazioni del caso, in quanto gli impianti hanno dimensioni e strutture importanti e la quantità di energia immessa in rete cresce tanto da essere soggetta a un controllo fiscale.

Anche in questo caso si consiglia, prima di istruire le pratiche, di consultare l'ufficio regionale o provinciale di competenza per conoscere l'iter e i documenti richiesti.

2.3. Valutazione impatto ambientale

Le centrali fotovoltaiche si inseriscono inevitabilmente nel paesaggio e, con le loro strutture di sostegno e infrastrutture logistiche, occupano spazi, nel caso degli impianti fotovoltaici, spesso importanti rispetto alle potenze degli impianti. Tali spazi hanno un'incidenza sull'ambiente circostante in termini di occupazione di volumi del paesaggio, di impatto naturalistico, di emissioni elettromagnetiche, oltre a rappresentare una nuova fonte di pericolo diretto, pertanto spesso sono sottoposti alla procedura di valutazione di impatto ambientale (VIA) per ottenere la concessione di sfruttamento di tale risorsa; le voci di interesse sono:

- impatto paesaggistico
- impatto naturalistico nell'ecosistema complessivo del sito
- impatto acustico
- impatto dei campi elettromagnetici e sulle telecomunicazioni
- impatto sulla sicurezza dei luoghi.

Questi impatti sono proporzionali alle dimensioni degli impianti. Per quelli di taglia domestica, come si è già detto, gli impatti possono essere di modesta entità, ma è comunque opportuno descriverli, seppur brevemente, considerando le molteplici applicazioni dei piccoli impianti e le relative soluzioni di installazione. Si ritiene comunque importante fornire queste informazioni al fine di accrescere la conoscenza e la sensibilità, ricordando che, in ogni caso, il progresso tecnologico e l'opportunità economica non possono ignorare la salute dell'uomo e il benessere dell'ambiente in tutte le loro manifestazioni.

2.3.1. *Impatto paesaggistico*

Si raccomanda di verificare che il sito in cui si prevede di installare l'impianto non ricada nelle seguenti aree:

- siti di importanza comunitaria (SIC)
- zone di protezione speciale (ZPS)
- zone limitrofe, ovvero all'interno delle distanze di rispetto da SIC o ZPS
- aree con vincolo paesaggistico

- aree con vincolo idrogeologico
- zone umide e/o di nidificazione
- zone di transito della fauna, in particolare acquatica, migratoria o protetta
- aree riserva integrale, generale, parchi, oasi, riserve naturali.

Si tenga presente che ogni regione italiana attua propri regolamenti che possono derogare o inasprire ulteriormente le restrizioni, anche in funzione delle taglie di potenza, relative all'installazione di impianti fotovoltaici.

Questo accade nell'ottica della tutela del territorio, considerando, ad esempio, l'eterogeneità del territorio italiano in cui si alternano, spesso a distanze minime, zone di straordinario interesse archeologico, turistico e culturale ad aree densamente popolate, industriali e abusive.

La difficoltà maggiore nella fase di studio di fattibilità e di richiesta di autorizzazione è che la valutazione di impatto è soggetta a un giudizio estetico totalmente soggettivo. In alcuni casi, specie per ciò che attiene agli effetti visivi, tale autorizzazione è normata da specifici regolamenti comunali ed è approvata dalla commissione edilizia.

Per gli effetti sull'amenità dei luoghi, la soluzione migliore è quella di prefigurare il risultato finale attraverso la realizzazione di fotomontaggi.

Si consideri comunque che l'inserimento inopportuno o deturpante dell'impianto nel paesaggio potrebbe comportare una svalutazione del patrimonio immobiliare tale da vanificare l'investimento; esistono esempi in proposito, in cui il sacrificio di un bosco svilisce l'intero complesso in virtù di un dubbio guadagno.

2.3.2. Impatto naturalistico

Un nuovo impianto occupa uno spazio prima considerato libero all'interno di un habitat naturale, producendo così alterazioni dell'equilibrio preesistente che si ripercuotono sulla fauna e sulla flora circostante.

Le caratteristiche degli impianti fotovoltaici e le capacità evolutive delle specie viventi del pianeta Terra sono tali da rispondere quasi immediatamente all'occupazione dell'habitat; l'iter di adattamento è però disseminato da vittime e danni che un progetto attento e consapevole dovrebbe riuscire a ridurre a valori prossimi a quelli dei normali ricambi generazionali o climatici.

Sempre più sono da tenere in conto gli effetti sulle acque sotterranee e sull'erosione del suolo: è necessaria pertanto una perizia geologica, che va anche allegata alle pratiche per il Genio Civile.

Si raccomanda comunque di evitare di realizzare impianti in siti a elevata valenza naturalistica poiché non ha senso dal punto di vista del bilancio energetico/ambientale. Voler a tutti i costi realizzare un impianto in ambienti naturalisticamente rilevanti avrebbe tali implicazioni da gravare sul costo complessivo e rendere così antieconomico l'investimento.

2.3.3. *Impatto acustico*

Durante il funzionamento, i generatori non producono rumore. Le emissioni dei componenti statici, come i convertitori, sono da considerarsi trascurabili anche nelle condizioni di maggior fatica per le piccole taglie, mentre per le grandi taglie è importante porre adeguata attenzione ai sistemi di raffreddamento basati su areazione forzata tramite ventilatori. Al fine di minimizzare le emissioni acustiche degli inverter, la soluzione più efficace è quella di adottare sistemi di raffreddamento a liquido.

È comunque consigliabile una campagna di misura precedente all'installazione per verificare lo stato ambientale esistente. I dati andranno poi inseriti in uno studio che contenga anche le emissioni delle nuove apparecchiature previste e si dovrà verificare che i risultati siano conformi a quanto richiesto. La campagna si conclude con l'impianto in esercizio per verificare la rispondenza con i risultati attesi e per poterli eventualmente dimostrare. Con il variare delle condizioni climatiche, lo stesso punto d'ascolto può recepire, durante le ore e le stagioni di funzionamento, un rumore diverso e a diversi livelli acustici. Allo stesso modo, punti di ascolto posizionati in luoghi opposti subiscono riflessioni delle onde sonore diverse in funzione del terreno e degli ostacoli che incontrano. In ogni caso all'interno della centrale il rumore deve sempre rientrare nei limiti di legge e pertanto si consiglia di specificarlo sempre al momento dell'acquisto delle apparecchiature.

2.3.4. *Impatto dei campi elettromagnetici sulle telecomunicazioni*

Per quanto concerne l'impatto dei campi elettromagnetici sulle telecomunicazioni, il riferimento è il rispetto della Legge n. 36 del 22 febbraio 2001, *Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*, e del Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 8 luglio 2003, *Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettromagnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti*.

Le soglie di attenzione sono per lo più rivolte a impianti in media e alta tensione. Anche in questo caso, è necessario effettuare una campagna di misura precedente all'installazione per verificare lo stato ambientale esistente. I dati andranno poi inseriti in uno studio che contenga anche le emissioni delle nuove apparecchiature previste e, infine, si dovrà verificare se i risultati sono conformi a quanto richiesto.

Non è previsto, ma può essere utile, effettuare un successivo riscontro con l'impianto in esercizio per verificare la rispondenza con i risultati attesi e per poterli eventualmente dimostrare.

Solitamente si ottengono ottimi risultati con l'interramento dei cavi (operazione

che peraltro solitamente corrisponde alla pratica più idonea per evitare ingombri inutili del territorio a disposizione) e nell'impiego di adeguati isolamenti e schermature.

I generatori in bassa tensione e al massimo trifase con frequenza 50 Hz rappresentano una sorgente di campo elettromagnetico a bassissima frequenza (ELF), con frequenze fino a 300 Hz, corrispondenti a emissioni in aria con lunghezze d'onda in aria molto grandi (6000 km a 50 Hz), dove il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e sono calcolati e misurati separatamente.

In particolare, i campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche e la loro intensità, che viene misurata in Volt al metro (V/m) o in chiloVolt al metro (kV/m), è massima vicino alla sorgente e diminuisce con la distanza. Tali campi vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune.

Si raccomanda sempre l'impiego di apparecchiature marchiate CE e la corretta realizzazione dell'impianto elettrico con particolare attenzione alla rete di terra e all'impiego, ove necessario, di adeguate schermature e di collegamenti interrati atti ad aumentare l'effetto schermante.

2.3.5. Impatto sulla sicurezza dei luoghi

Le principali cause di rischio di incidenti a persone, ambiente o beni di un impianto fotovoltaico sono generalmente relativamente basse.

La semplicità e l'affidabilità della costruzione fanno sì che, perché funzioni un impianto fotovoltaico, esso non abbia bisogno di essere presidiato. In questo modo raramente si ha la presenza contemporanea di molti addetti sul posto, se non in caso di manutenzione, condizione comunque obbligatoriamente regolamentata e sorvegliata, in modo così da diminuire ulteriormente la probabilità di un incidente che coinvolga persone al lavoro sull'impianto.

I principali rischi specifici per la salute e la sicurezza possono essere identificati in:

- rischio elettrico
- esposizione ai campi elettromagnetici
- lavoro in quota
- presenza di elementi mobili per gli impianti a inseguimento.

I rischi crescono con le dimensioni della taglia di impianto in termini di potenza e di relativa struttura di sostegno.

In tutti i casi, è necessario l'intervento di personale adeguatamente formato e informato sui rischi specifici.

Gli impianti fotovoltaici non rientrano fra le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi e, infatti, il carico di incendio rappresentato è sempre minimo e può essere facilmente contrastato adottando le linee guida emanate dal corpo

locale dei Vigili del Fuoco che in generale richiedono la conformità ad adeguate precauzioni ingegneristiche e di mitigazione dotando il presidio locale di un numero sufficiente di estintori e di sezionatori di corrente.

Le fondazioni di supporto dei moduli fotovoltaici devono essere progettate e installate nel rispetto della normativa vigente in materia di sisma a seconda della classificazione della zona di installazione.

Sono sempre possibili evenienze di cedimenti o di distacco di parti o componenti delle strutture. Si raccomanda pertanto la valutazione delle distanze di sicurezza da strutture adiacenti che potrebbero essere coinvolte da un crollo, così come adeguate precauzioni da agenti esterni. Tutti i rischi presi in esame in tale sede sono ulteriormente minimizzabili con la buona conduzione e manutenzione dell'impianto e delle singole apparecchiature. Anche se molti degli accorgimenti qui considerati sembrano ovvi e scontati, è opportuno notare che la loro adozione non è disgiunta dal mantenimento in efficienza dell'impianto in piena regola con le leggi vigenti, cosa che assicura il ritorno economico dell'investimento.

2.4. Business plan

Una nuova iniziativa deve essere valutata e verificata nella sua sostenibilità economica fin dalla fase concettuale e il punto di avvio è la conoscenza del mercato in cui si vuole andare a operare. A tal fine occorre quantomeno effettuare valutazioni relative al quadro normativo/legislativo di riferimento, alle regole che lo gestiscono, alla concorrenza esistente, alle aziende già presenti nel settore nonché alle proiezioni di consumo e di offerta con un'analisi economico/finanziaria e di mercato.

Un'azienda che intenda affrontare una nuova iniziativa deve conoscere le proprie politiche aziendali e sapere di quali risorse disponga in modo da proporre al mercato un sistema che le permetta di essere competitiva e assicuri un determinato rientro economico: questo studio si chiama *piano industriale* o *business plan*.

Una volta individuata l'iniziativa, è importante svilupparne il progetto di fattibilità, comprensivo di un preventivo di dettaglio che, una volta approvato dalla proprietà, verrà finanziato autonomamente oppure ricorrendo a finanziamenti esterni e quindi sarà sottoposto a banche e altre sostituzioni che porteranno a termine studi indipendenti sull'investimento, commerciali, economici e di mercato, volti a confermarne la fattibilità economica, quali:

- analisi di ritorno progetto ed *equity*: si valuta la remunerazione dell'impianto in sé e della porzione di *equity* (capitale erogato dai partner finanziari nel progetto);
- analisi di finanziabilità: non più formale, ma sostanziale, conduce al *project financing* (si tratta con le banche per ottenere i finanziamenti della parte di progetto non coperta dall'*equity*).

Raggiunti tutti gli accordi del caso seguirà la fase realizzativa, che comprende le attività di:

- pianificazione per la realizzazione
- definizione dei requisiti e richieste di offerta a fornitori
- progettazione
- ingegnerizzazione di dettaglio
- approvvigionamento
- costruzione e avviamento
- esercizio e manutenzione
- dismissione.

Tutto ciò è applicabile, nelle dovute proporzioni, a sistemi di qualunque dimensione, per iniziative relative a un nuovo impianto o per l'estensione di un impianto esistente o al suo rifacimento.

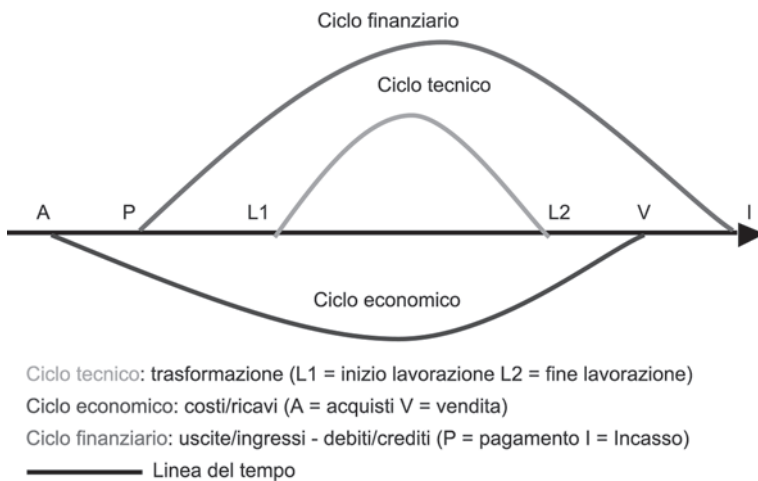


Figura 2.2. Schema semplificato dei cicli di impresa

Il *project financing* o finanza di progetto è un'innovativa tecnica di finanziamento per la realizzazione di iniziative alternative alle tradizionali forme di finanziamento d'impresa (*corporate finance*). Rispetto a queste ultime, ove particolare attenzione viene posta sulle capacità patrimoniali dei suoi promotori, nel *project financing* l'unico asset a protezione degli interessi dei finanziatori è rappresentato dalla validità tecnico-economica e dalla redditività e flussi di cassa del progetto. In quest'ottica, il *project financing* può rappresentare uno straordinario volano per favorire importanti investimenti, senza che gli sponsor del progetto debbano sostenere ingenti oneri finanziari diretti. Tuttavia, proprio per la natura di questa forma di finanziamento e per la centralità dell'elemento "progetto" rispetto alle

tradizionali forme di credito, diviene imperativo per i finanziatori proteggere nella maniera più completa il progetto stesso, mettendolo il più possibile al riparo da possibili eventi che possano compromettere il rispetto del programma di rientro del debito. Appare chiaro come divenga quindi centrale il processo di gestione e trasferimento dei rischi al mercato assicurativo: infatti grazie a quello che viene definito appunto *finanziamento del rischio*, gli effetti di eventi sinistrosi, che non potrebbero essere sopportati nell'ambito del rigido modello finanziario del progetto, divengono oggetto di indennizzo e compensazione.

Nel settore privato, per iniziative medio-piccole, esistono facilitazioni orientate alla crescita imprenditoriale e al relativo indotto occupazionale o più esplicitamente di crescita di business. Sono disponibili inoltre specifiche opportunità per l'imprenditoria femminile.

In ogni caso, l'azienda dovrà poter identificare e valutare i rischi di progetto attraverso un'analisi (*due diligence*).

In particolare, per un progetto fotovoltaico i principali elementi di criticità sono rappresentati da:

- producibilità elettrica dell'impianto
- contratto di vendita/cessione dell'energia
- autorizzazioni e concessioni.

Riguardo alla producibilità dell'impianto (rischio produttivo), considerando che il combustibile (il Sole) è a costo zero, gli elementi di rischio da analizzare sono l'analisi dell'irraggiamento del sito, ovvero la sua disponibilità, e la scelta più opportuna della tecnologia di sfruttamento da impiegare.

Per ciò che attiene la vendita (rischio di mercato), considerato che l'energia fotovoltaica è una fonte rinnovabile che il gestore di rete è obbligato a ritirare e a distribuire con priorità, non presenta rischio di vendita, quindi tutto il prodotto viene comunque venduto; i rischi sono invece legati alla variabilità del prezzo di vendita.

Per gli impianti destinati al funzionamento in isola al fine di alimentare utenze isolate dalla rete, queste considerazioni non sussistono in quanto rappresentano necessità imprescindibili da qualunque aspetto speculativo ma, come per gli impianti di taglia inferiori a 1 kW, per i quali non è possibile il collegamento in rete, rientrano in un piano finanziario dove l'energia è ripagata da altre variabili economiche indirette legate all'impiego finale.

Riguardo alle autorizzazioni e concessioni (rischio termine), i rischi sono legati ai lunghi tempi di ottenimento che possono causare ritardi sulla costruzione e sulla interconnessione; inoltre, anche se le scadenze delle concessioni sono ultradecennali, oggi sono soggette ad aumenti di canone e rinegoziazioni temporali che possono vanificare alcune circostanze finanziarie favorevoli.

È opportuno a questo punto fare qualche considerazione pratica rispetto a un finanziamento. Non è sufficiente avere a disposizione un capitale; bisogna anche

conoscere i meccanismi di base su come gestirlo e sapere a chi rivolgersi. Tutti i progetti che hanno successo seguono una strategia di investimento progressivo: in questo modo il progetto limita i suoi rischi e induce un comportamento appropriato da parte del soggetto che chiede il prestito e che ha bisogno di finanziamenti complementari e che inoltre riduce i suoi rischi in ragione della sua debole capacità di autonomia; se ricevesse un prestito per una somma troppo elevata rispetto al suo livello di attività, vedrebbe parte di questo prestito stornata in spese diversamente produttive e avrebbe considerevoli difficoltà a procedere al rimborso.

Spesso questi atteggiamenti inducono a chiedere ulteriori finanziamenti, aggravando la situazione, inclusa la possibilità di perdere la proprietà del progetto. Per garantire la sostenibilità dell'investimento in tutto il suo percorso, è importante prevedere all'interno dell'operazione un settore di mobilitazione del risparmio; le modalità concrete di questa relazione possono variare a seconda delle caratteristiche del progetto, ad esempio prevedendo un risparmio preliminare (o apporto personale) o di un risparmio forzato durante il periodo di rimborso.

Il credito è una necessità strutturale che richiede tempo e, in ultima analisi, il denaro è un mezzo: quello che si riceve in prestito in realtà è il tempo. È pertanto necessario distinguere fra credito a *breve termine* e credito a *medio termine*, che hanno due obiettivi differenti e che generano effetti differenti.

Il credito a breve termine, infatti, permette di finanziare i bisogni in fondi di rotazione di imprese esistenti. Tale tipologia di credito termina rapidamente (da 6 a 18 mesi), favorendo quelli a brevissimo termine (meno di 6 mesi), che consentono di far girare il fondo di credito diverse volte nel corso dello stesso anno. Questo tipo di credito non comporta modifiche nel sistema di produzione e di commercializzazione di colui che chiede il prestito e non necessita pertanto di interventi specifici complementari. Appare chiaro che tali progetti sono dunque poco dispendiosi dal punto di vista delle spese operative e permettono a imprese esistenti di funzionare con migliori risultati e di trarre maggiore profitto, senza però modificare la loro struttura. Dal momento che questi prestiti presentano rischi minimi per le banche, generalmente minime sono anche le garanzie richieste. I crediti a medio termine solitamente finanziano l'apertura di una nuova impresa o l'acquisizione di nuove attrezzature (e sono generalmente completati da un fondo di rotazione appropriato). Per chi chiede un prestito questo significa uscire dal proprio ambito tradizionale tanto in termini di tecniche di produzione quanto in termini di mercato. Il rimborso di tale credito avviene a medio termine (da 2 a 7 anni) e dipende quindi da fattori esogeni difficilmente valutabili che aumentano gli oneri e il rischio legato a queste operazioni. A garanzia dell'operazione si possono utilizzare formule tipo *leasing* (l'attrezzatura fornita non diventa di proprietà di colui che ha preso in prestito finché non ha rimborsato interamente il credito), completato da garanzie personali o reali fornite da colui che ha preso

il prestito: in questo caso è anche possibile coinvolgere i fornitori come partner tecnologici. Da quanto appena detto consegue la considerazione per cui il credito a medio termine presenta vantaggi non trascurabili in un'ottica di sviluppo, permettendo ad esempio di accrescere la capacità produttiva e le dimensioni dell'azienda e consentendo di stipulare accordi con altre imprese.

Se non si è vincolati in risposta a uno specifico bando promosso dalle istituzioni bisognerà effettuare la scelta più cruciale e delicata, quella dell'operatore. Va osservato che le banche, generalmente, sono scarsamente propense al rischio ed esprimono spesso preoccupazioni sulle iniziative proposte perché, in caso di insuccesso, questo si potrà ripercuotere sull'immagine della banca, anche se questa non corre alcun rischio finanziario. Per quanto riguarda progetti di taglio medio-grande, esistono operatori più specializzati, quali finanziarie e banche d'affari. Nella maggior parte dei casi, di norma, è meglio rivolgersi a una banca vicina all'impresa, presente da tempo e radicata nel territorio, che conosca a fondo rischi e limiti dell'area in termini di sviluppo economico e sociale.

Non bisogna dimenticare che si è clienti della banca e quindi, come in qualsiasi altro business, è opportuno valutare più di un operatore e confrontare le diverse condizioni di vendita per trovare quella più consona.

2.5. Producibilità elettrica

Un impianto fotovoltaico è alimentato da una fonte di energia rinnovabile, considerata intermittente, quale il Sole, il cui quantitativo varia durante l'arco della giornata in funzione degli eventi meteorologici e delle stagioni. Questa fonte di energia non può essere impiegata a discrezione, ma solo quando è effettivamente disponibile, pertanto la producibilità di un impianto fotovoltaico è legata alla disponibilità della radiazione solare, espressa in funzione della distribuzione di frequenza e della durata e dell'efficienza della conversione dei moduli.

Il calcolo della producibilità può essere espresso nella funzione integrale:

$$E_{anno} = \eta_{STC} \eta_{MIS} \eta_{NOCT} \eta_2 F_D A \sum_i \left(\int_0^{24} \eta_i I_i(t) dt \right) \quad (2.1)$$

dove

E_{anno} = energia prodotta in un anno

η_{STC} = efficienza dei moduli in condizioni standard (1.000 W/m², 25 °C e spettro AM 1,5)

η_{MIS} = fattore di perdita dovuto alle perdite di serie/parallelo dei moduli o mismatching (MIS)

η_{NOCT} = fattore di perdita di rendimento alle temperature di esercizio o Nominal Operating Conditions Temperature (NOCT)

η_2 = efficienza delle apparecchiature elettroniche di conversione o inverters