

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

# QUADERNO

## FOTOVOLTAICO

LUGLIO 2011

**A cura di: E. Terzini, A. De Lillo, F. Di Mario, C. Privato, G. Graditi, G. Di Francia,  
A. Antonaia, A. Mittiga, P. Delli Veneri, C. Minarini**

## INDICE

<b>1. QUADRO DI RIFERIMENTO INTERNAZIONALE</b>	<b>5</b>
Stato della tecnologia e del mercato mondiale	5
Normativa e indirizzi politici	6
<b>2. IL FOTOVOLTAICO IN ITALIA</b>	<b>8</b>
La domanda	8
L'Industria e le altre imprese di settore	9
Valore economico del settore e impatti occupazionali	10
<b>3. LA RICERCA</b>	<b>12</b>
<b>4. PROBLEMI APERTI</b>	<b>15</b>
Obiettivi PV e IV conto energia	15
Quadro regolatorio. Analisi, valutazioni e necessità	15
<b>5. CONCLUSIONI</b>	<b>17</b>





## **1. QUADRO DI RIFERIMENTO INTERNAZIONALE**

### ***Stato della tecnologia e del mercato mondiale***

Si può certamente affermare che il 2010 sia stato un altro anno di straordinario successo per il fotovoltaico. A livello mondiale la potenza cumulata ha raggiunto i 38,4 GW, con 14,9 GW installati proprio nel 2010 (il 39% del totale cumulato). L'Europa guida la classifica delle aree geografiche per installazioni con 25,6 GW di potenza cumulata, dei quali ben 12 GW (47% del totale) sono da ascrivere all'anno 2010. In particolare a livello mondiale, la Germania è la nazione leader per potenza installata nel 2010 con 7,2 GW seguita dall'Italia con 2,3 GW e dalla Repubblica Ceca con 1,36 GW. Giappone (1 GW), Stati Uniti (0,88 GW) e Francia (0,72 GW) seguono nel ranking mondiale per potenza installata nel 2010.

La tecnologia "classica" del silicio mono e poli cristallino continua a dominare il mercato con una percentuale, nel 2010, pari all'81% del totale (in particolare con un 45% per il poli silicio e un 35% per il mono, il restante 1% per altre tecnologie a base di c-Si).

Le celle di seconda generazione (film sottile) hanno avuto una crescita inferiore alle attese. Le quote di share di mercato per le tre tecnologie principali a film sottile, silicio amorfo (a-Si), Tellururo di cadmio (CdTe) e Diseleniuro di rame e indio (e gallio) CIGS/CIS, sono state nel 2010 rispettivamente l'8%, il 9% e il 2%.

Il confronto dei dati 2009-2010 per tecnologie di mercato indica una leggera flessione per il silicio cristallino di 5 punti percentuali a vantaggio dei film sottili che registrano un incremento di +3% per il a-Si, +1% per il CdTe e +1% per il CIGS/CIS.

Il prezzo di vendita dei moduli fotovoltaici continua a scendere come già registrato nel 2009 anche se in maniera più contenuta. Era stato registrato un calo del 30% nel corso del 2009 che però è rallentato nel 2010 attestandosi al 13%, dato l'alto livello della domanda che si è verificato ad opera di paesi come Italia e Germania.

A dicembre 2010, il prezzo medio dei moduli al silicio cristallino è stato di circa 1,58 €/W. Il calo è da ascrivere alla forte competizione tra produttori occidentali e asiatici, questi ultimi in possesso di oltre il 50% del mercato mondiale con prezzi di vendita, nel 2010, mediamente del 10-15% più bassi rispetto ai produttori occidentali. La necessità di far fronte a questi prodotti, alcuni molto competitivi anche in termini di qualità, ha innescato il trend di abbattimento del costo dei moduli occidentali con evidenti effetti di mercato (riduzione dei prezzi dei moduli occidentali di oltre il 20%).

Una certa vivacità di attività e mercato è riferibile alla tecnologia del fotovoltaico a concentrazione (C-PV). Molti operatori internazionali, principalmente Stati Uniti, Germania e Spagna, hanno sviluppato sistemi ormai industrializzati o molto vicini alla industrializzazione. Nuovi player, anche in Italia, si stanno focalizzando su questa tecnologia. Le capacità produttive cominciano a consolidarsi e ad assumere una certa valenza, molti impianti, anche di taglia importante, si vanno realizzando. Si stima che al 2010 la potenza C-PV cumulata si attesti intorno ai 160 MW. Il C-PV ha ovviamente un valore di mercato prospettico. Nei prossimi anni sono attesi importanti passi per una riduzione dei costi e un conseguente crescita del mercato.

È importante riportare il trend osservato nei prezzi di vendita degli inverter, elemento fondamentale e critico dell'impianto fotovoltaico che, per le correnti installazioni residenziali, pesa per il 10-11% sul costo totale d'impianto.

A livello internazionale, nel 2010, si è assistito ad un calo medio dei prezzi degli inverter di circa il 25%. Il costo dell'inverter è legato alla taglia con importi di circa 0,4 €/W per taglie fino a 5kW, 0,29 €/W da 5 a 10 kW e 0,25 €/W tra 10 e 200 kW.

Per le taglie fino a 10 kW la discesa dei prezzi è stata di circa il 20%; calo più sensibile (37%) è stato registrato per gli inverter di taglia maggiore.

La produzione mondiale di inverter nel 2010 (potenza totale prodotta 29,8 GW) è guidata ancora una volta dalla Germania con 13,3 GW seguita dall'Italia che ha prodotto inverter per 4,9 GW. Cina (2,3 GW), Danimarca (1,5 GW) e Stati Uniti (1,45 GW) seguono nelle posizioni di rincalzo.

Complessivamente il prezzo di un sistema chiavi in mano può variare da 3 a 5 €/Wp, a seconda del tipo di sistema (tetto retrofit, integrati negli edifici, con base a terra e così via), di fattori di dimensioni, di paese, e altro. La cifra di 3-4 €/Wp, tuttavia, è considerata rappresentativa e in prospettiva (2015) sono attesi ulteriori ribassi con prezzi compresi tra 1,5 e 2,5 €/Wp.

### ***Normativa e indirizzi politici***

Molti paesi europei adottano regimi di incentivazione per favorire l'incremento di produzione energetica da fotovoltaico. Largamente utilizzato è lo strumento delle tariffe feed-in (FiT). Alcuni stati utilizzano il meccanismo dei certificati verdi mentre in alcuni casi sono adottate misure di detassazione o sussidi all'investimento.

In particolare, tra i principali paesi europei si segnala la Germania con un sistema di tariffe incentivanti che nel corso del 2010 ha continuato il trend a ribasso con un decremento medio di circa il 10%. Il meccanismo di riduzione, legato al volume installato, è confermato anche per il 2011. Nonostante le previsioni, il mercato in questo paese mostra estrema solidità e la politica della tariffa unica omnicomprensiva è diretta principalmente a favorire l'immissione in rete, vietando il cumulo dell'incentivo con il profitto per la vendita dell'energia elettrica prodotta.

Nel corso del 2010 anche nel Regno Unito è stato varato un sistema di FiT con tariffe garantite per 25 anni ma con valore ridefinito annualmente. È possibile cumulare la tariffa con il premio per la vendita dell'energia alla utility elettrica. La tariffa sembra favorire gli impianti a terra di grande taglia e ciò ha già attivato il governo inglese per un intervento correttivo sulle tariffe spettanti ai grandi impianti.

A gennaio 2010 la Francia ha provveduto ad una modifica del proprio sistema FiT con il chiaro indirizzo di favorire l'integrazione del fotovoltaico negli edifici (BIPV) e in particolare in quelli pubblici (scuole, ospedali ecc.). Infatti per impianti su detti edifici è stato stabilito un incremento della tariffa dell'11,5% raggiungendo un valore di 0,58 €/kWh. Inoltre le tariffe sono corrette per un fattore legato al livello di irraggiamento del sito di installazione. Una revisione del sistema tariffario è previsto per il 2011 ma sempre con l'obiettivo di preservare l'integrazione architettonica. Sono infatti previste riduzioni di oltre il 50% per le tariffe dedicate agli impianti a terra.

Politica analoga di riduzione tariffaria è stata seguita anche dalla Spagna che nel 2010 ha ridotto di circa il 20% le tariffe per gli impianti a terra e solo del 6% quelle relative agli impianti residenziali fino a 20 kW. Ulteriori tagli sono attesi per il 2011 e sempre nella stessa direzione, con abbattimento del 45% per le tariffe per gli impianti a terra e del 5% per impianti residenziali fino a 20 kW.

Un quadro dei sistemi tariffari nei maggiori paesi europei è riassunto nella tabella 1.1 di seguito riportata:

	Potenza impianto (kW)	Impianti a terra (€/kWh)	Impianti su edificio (€/kWh)	Durata tariffa (anni)
Germania	P < 30	0,2426	0,3303	20
	30 < P < 100		0,3142	
	100 < P < 1000		0,2973	
Inghilterra	P < 4 su nuovi edifici	0,425		25
	P < 4 su edifici esistenti	0,413		
	4 < P < 10	0,425		
	10 < P < 100	0,369		
	100 < P < 5000	0,345		
	A terra	0,354		
Francia	P ≤ 250	0,314	0,40 (edificio) 0,58 (ed. pubblici) 0,50 (BIPV altro)	20
	P > 250	0,314 (1+R) R coeff. Irragg. 0<R<2		
Spagna	P < 20	0,32		20
	20 < P < 2000	0,286		
	A terra fino a 10.000	0,258		
Bulgaria	P ≤ 5	0,405		25
	P > 5	0,372		
Grecia	P ≤ 100 su terraferma	0,441		20
	P ≤ 100 su isole	0,49		
	P > 100 su terraferma	0,392		
	P > 100 su isole	0,441		
Rep. Ceca	P ≤ 30	A scelta tra: 0,474 (feed-in) oppure 0,436 (Premio mercato+Certif. verdi)		20 indicizzato con l'inflazione
	P > 30	0,460 (feed-in)		

Tab. 1.1 : Tariffe incentivanti in vigore nei maggiori paesi europei

## 2. IL FOTOVOLTAICO IN ITALIA

### La domanda

Anche se, a livello mondiale, il primo megawatt di moduli è stato prodotto nel 1978, a livello italiano la tecnologia ha cominciato ad affermarsi verso la fine degli anni '90 a seguito dell'introduzione dei primi incentivi erogati con il programma "Tetti Fotovoltaici". In realtà non si può parlare di vero e proprio mercato per la rete elettrica se non a partire da metà degli anni 2000 quando con il "Conto energia" gli impianti fotovoltaici crescono a ritmi superiori al 50% annuo (Fig. 2.1).

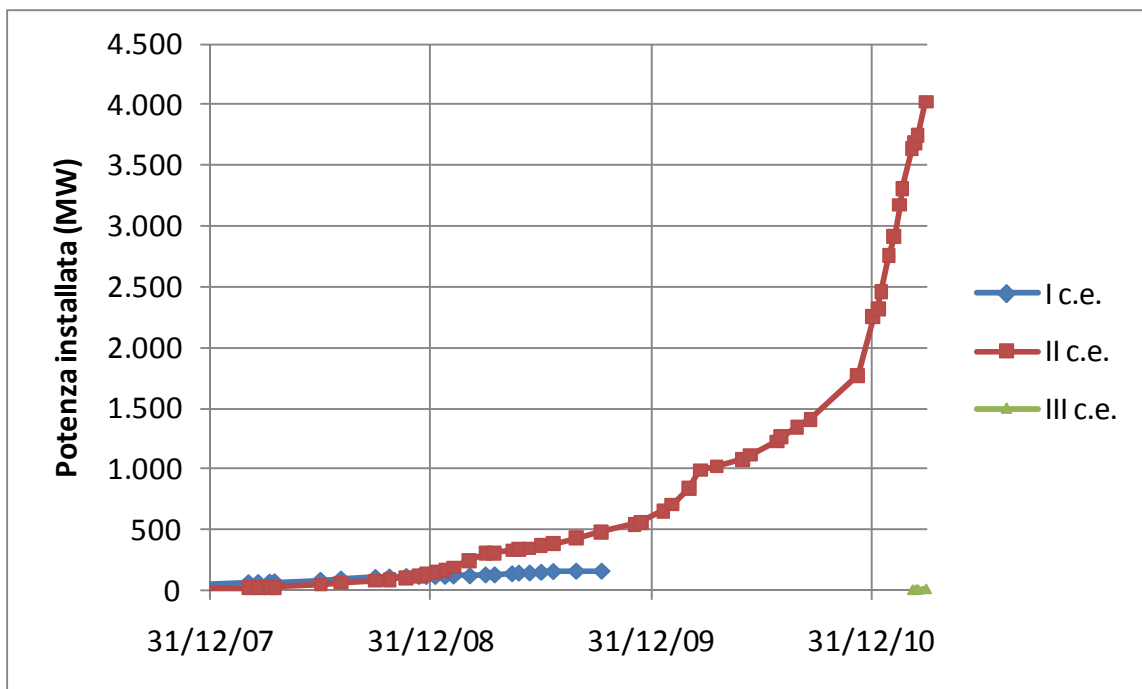


Fig. 2.1: Potenza installata in Italia

A fronte di un quadro regolatorio stabile, anche se con incentivi via via calanti negli anni, si sarebbe potuto facilmente immaginare che la crescita registrata nel corso del 2010 potesse proseguire negli anni successivi fino a raggiungere la completa competitività della tecnologia. In realtà già la prima turbativa di mercato, introdotta con il decreto "salva Alcoa" (L. 129 del 18/08/2010), ha fatto sì che il mercato italiano raddoppiasse il suo valore nell'arco di sei mesi. Gli impianti oggi installati in Italia hanno una potenza complessiva di oltre 7 GW. Le nuove tariffe incentivanti (IV conto energia) non sono state ancora applicate ma sembra che il mercato potrà rispondere ancora in modo positivo anche se a ritmi di crescita non altrettanto sostenuti. Gli obiettivi prefissati per la tecnologia fotovoltaica in Italia sembrano raggiungibili e soprattutto, grazie all'elevato costo di vendita dell'energia convenzionale, il raggiungimento della cosiddetta "grid parity" sembra a portata di mano. Rimane comunque vincolante per la crescita del mercato il problema delle procedure burocratiche ancora lunghe e farraginose che hanno un impatto negativo, in particolare, sulla redditività dell'investimento per l'impianto di grande taglia. L'avvio del IV conto energia consentirà, inoltre, di verificare l'impatto sul mercato di nuove tecnologie quale quella dei sistemi a concentrazione che, anche se costosi, potrebbero trovare nicchie significative di mercato nelle regioni ad alta insolazione in modo da generare un volume sufficiente per sfruttare le economie di scala e apprendimento.



## L'Industria e le altre imprese di settore

Il settore industriale italiano delle celle e dei moduli fotovoltaici (Fig .2.2), pur non evidenziando competitività a livello internazionale, è cresciuto nel corso degli ultimi 5 anni a ritmi molto sostenuti non riuscendo però a coprire l'intera filiera produttiva.

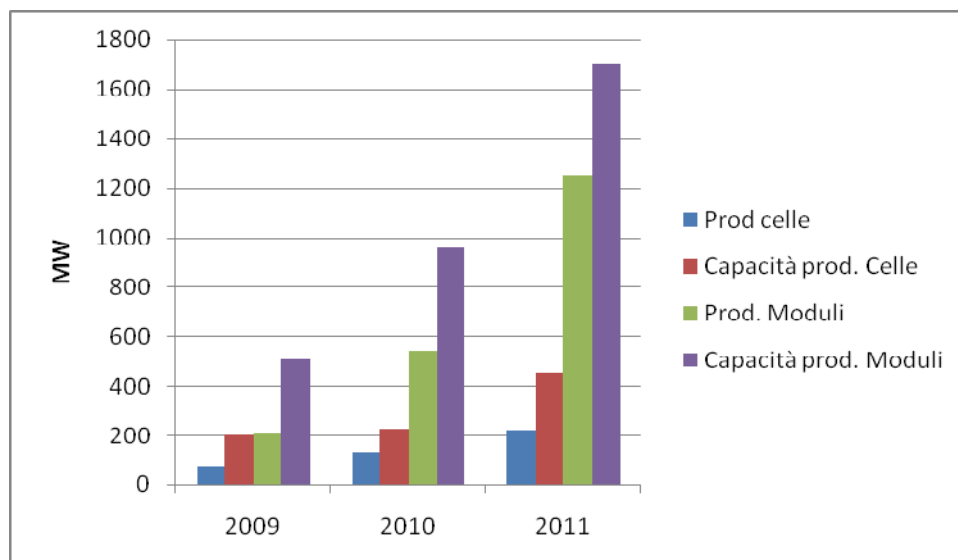


Fig. 2.2: Produzione e capacità produttiva italiana (dati Solar Energy Report, Politecnico MI)

Risalendo la filiera produttiva, non sono presenti in Italia significative produzioni di silicio, sia lingotti che fette (tecnologie nelle quali eravamo pionieri negli anni 80), mentre per quanto riguarda le celle si comincia a intravedere uno sforzo importante. Anche se i ritmi di crescita di tale settore sono ben lontani da quanto accade a livello internazionale è comunque da notare l'interesse degli imprenditori verso la produzione maggiormente integrata sull'intera filiera e non esclusivamente verso l'alto (vedi tabella 2.1). È infatti significativo notare che quasi tutte le imprese italiane si sono dotate di capacità di progettazione di impianti in modo da poter accorciare la filiera verso l'utente finale. In pratica con il rapporto diretto produzione/installazione si cerca di superare la concorrenza internazionale tagliando passaggi ulteriori che comunque gravano sul costo finale.

PRODUTTORI INTERGRATI (celle e moduli)				
Impresa	Capacità produttiva 2009 (MW)	Capacità Produttiva 2010 (MW)	Produzione 2010 (MW)	Ricavi 2010 (mln €)
Solsonica	25 celle-50 moduli	35 celle-70 moduli	35 celle-64 moduli	100
Helios Techno.	60 celle-55 moduli	60 celle-55 moduli	n.d.	61
XGroup	90 celle-30 moduli	90 celle-55 moduli	55 celle-55 moduli	57
EniPower	30 celle-30 moduli	30 celle-30 moduli	1 celle-10 moduli	6,5
PRODUTTORI MODULI				
MX Group	60	90	48	83
Solarday	60	90	42	73
Renegies	30	40	37	60
Brandoni Solare	20	40	28	43
Vipiemme Solar	20	25	21	32

Tab. 2.1: I principali produttori integrati e di soli moduli italiani (dati Solar Energy Report, Politecnico MI)

Per quanto riguarda invece i produttori di moduli, che importano dal mercato estero le celle, sono mediamente piccole imprese locali che naturalmente contano sulla fidelizzazione del cliente e che quindi risentono poco delle concorrenza internazionale. Tutto l'intero settore si è sviluppato sulla tecnologia del silicio cristallino. L'unica eccezione a quest'ultima considerazione è l'iniziativa 3sun (ENEL, Sharp e STMicroelectronics) che a Catania sta realizzando un impianto per la produzione di film sottili con capacità produttiva a fine 2011 di 180 MW.

Un altro settore importante, ma non esclusivo del fotovoltaico, è la produzione di inverter. L'industria italiana degli inverter fotovoltaici nasce a metà degli anni 80 con le prime realizzazioni di impianti fotovoltaici di grande taglia per i quali, la scelta di utilizzare componentistica italiana (moduli e inverter), risultava strategica al fine di creare le condizioni per uno sviluppo competitivo dell'industria nazionale. Tuttavia, terminate queste realizzazioni (metà anni 90) l'industria italiana è rimasta ferma rispetto alle industrie internazionali più attive, fatta eccezione per l'Elettronica Santerno che, pur essendo impegnata anche in altri settori produttivi, ha comunque continuato a sviluppare inverter fotovoltaici.

Anche per l'industria italiana degli inverter, così come accaduto per quella dei moduli e delle celle, gli incentivi nazionali sono stati fondamentali per rilanciarne la produzione e, in alcuni casi, per crearne di nuove.

Come già accennato, a differenza dell'industria delle celle, e, in misura minore, dell'industria dei moduli, gli investimenti finanziari richiesti dall'industria degli inverter sono oggettivamente meno ingenti. Ciò ha creato le condizioni per l'ingresso nel mercato degli inverter di nuove aziende italiane che avevano competenze nell'elettronica di potenza; tra queste si segnala, sia per il livello qualitativo dei propri prodotti che per i volumi di vendita, la Power One Italia (ex. Magnetek). Oggi, il panorama italiano si presenta molto più articolato (Tab. 2.2) con notevoli capacità di esportazione.

Impresa	Capacità Prod. 2010 (MW)
Power-One Italy	3000
Elettronica Santerno	1400
Siel	400
Aros Solar Technology	310
Answer Drives	190
Italcoel	110
Fimer	240

Tab. 2.2: Principali produttori italiani di inverter e relative capacità produttive  
(dati Solar Energy Report, Politecnico MI)

### **Valore economico del settore e impatti occupazionali**

Dare una valutazione economica del settore fotovoltaico in Italia nell'ultimo anno è alquanto complesso proprio per la presenza di fasi perturbative della crescita del mercato (Legge "Salva Alcoa") che hanno determinato scelte legate alla necessità di rispettare tempi molto stretti. Il business di settore per il 2010, escludendo gli impianti "Salva Alcoa", ammonta a circa 7,6 mld€ (2.100 MW installati e collegati) che rappresenta un aumento del 160% rispetto al mercato del 2009 (2,9 mld€). Qualora volessimo sommare gli impianti "Salva Alcoa", realizzati entro il 31/12/2010 e collegati a rete entro il 30/06/2011, il mercato salirebbe a circa 21,5 mld€ (circa 4.000 MW installati ma non tutti collegati). I benefici di questo mercato si sono distribuiti sull'intera filiera, dai produttori di celle fino agli installatori. È però interessante osservare la distribuzione di

questo mercato per tipologia di applicazione (Fig. 2.3)

Per il residenziale e l'industriale il "Salva Alcoa" è stato un'opportunità di realizzazione di nuovi impianti che, anche se non programmati, sono stati realizzati per le positive condizioni incentivanti offerte.

Per gli impianti di grande taglia (fino a 1 MW) il "Salva Alcoa" ha pesantemente mutato la situazione triplicando il volume d'affari del settore. Ad avvantaggiarsi di questo incredibile aumento sono state per la maggior parte le imprese italiane che hanno realizzato il maggior numero di impianti con prodotti interamente italiani.

Per le centrali (potenza > 1MW) sembrerebbe che il "Salva Alcoa" abbia introdotto minori turbative in quanto si tratta probabilmente di impianti già in corso d'opera, in larga parte già pianificati, che hanno usufruito dell'incentivo offerto ma che probabilmente sarebbero comunque stati realizzati a seguito del II conto energia che dava più tempo per gli impianti di grande taglia.

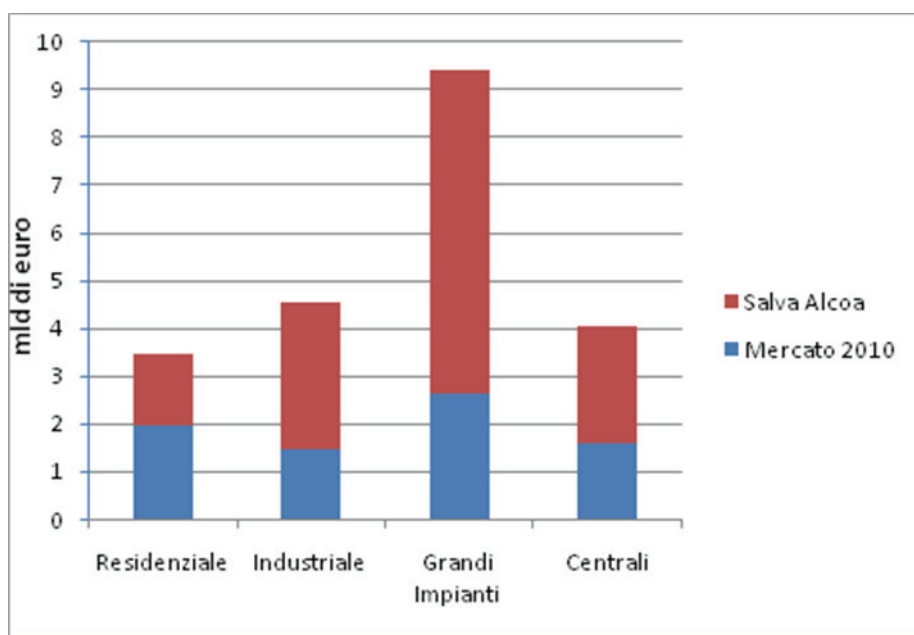


Fig. 2.3: Volume d'affari per tipologia di applicazione  
(dati Solar Energy Report, Politecnico MI)

Infatti, il "salva Alcoa" è del 18/08/2010 e dava tempo fino al 31/12/2010 per la realizzazione dell'intero impianto: i tempi per ottenere tutte le autorizzazioni, che comunque servivano, sono molto più lunghi per i grandi impianti spesso sottoposti anche a valutazione di impatto ambientale.

Per quanto riguarda il mercato nel prossimo futuro è ragionevole supporre che gli impianti "residenziali" verranno realizzati con ritmi analoghi a quelli del mercato 2010 (senza il salva Alcoa) mentre verrà in larga parte meno la frazione "centrali" in quanto il recepimento della direttiva comunitaria sulle rinnovabili ha fortemente ridotto la possibilità di realizzare grandi impianti su terreni agricoli. Per quanto riguarda gli impianti "industriali" le tariffe incentivanti del IV conto energia dovrebbero garantire un significativo interesse per questa taglia.

L'impatto sull'occupazione del settore è altrettanto evidente: oltre 8.000 installatori, circa 3.500 addetti nelle società di ingegneria e servizi, oltre 7.000 addetti nella produzione di celle, moduli, inverter e componentistica.

Un totale quindi di 18.500 unità in termini di occupazione diretta cui si sommano oltre 30.000 addetti dell'indotto, per un settore che solo qualche anno fa contava solo poche centinaia di occupati.

### 3. LA RICERCA

Nell'analisi degli sforzi di ricerca e sviluppo nel fotovoltaico è bene operare una distinzione tra le tecnologie di fabbricazione di celle e moduli.

Allo stato possono essere distinte le seguenti categorie:

- 1) tecnologie a base di silicio cristallino (wafer)
- 2) tecnologie a base di film sottili esistenti (amorfo/microcristallino, CIGS e CdTe)
- 3) tecnologie emergenti e nuove (a base organica, semiconduttori a bandgap intermedia, dispositivi hot-carrier, convertitori di spettro ecc.)
- 4) la concentrazione (caso a parte, contenitore di approcci differenziati alla generazione e problematiche interdisciplinari)

	Silicio cristallino		Film sottile			emergenti	Concentrazione
	Si mono	Si multi	Si amorfo	CdTe	CIS/CIGS	DSSC	c-Si o III-V
Efficienza (%)	15-19	12-14	6-8	10-11	10-11	5-6	18-23
Pay back time (anni)	2	1,7	1,5	1	1	-	-
Costo di produz. (€/W)	1,2-1,5	0,8-1,2	0,5-0,8	0,5-1,0	0,6-1,0	-	3,0-4,0

Tab. 3.1: Caratteristiche tipiche di moduli di mercato per categoria tecnologica.

Dette tecnologie in molti casi individuano obiettivi di ricerca e sviluppo condivisi:

- a) Efficienza, resa energetica, stabilità e durata
- b) Alta produttività di fabbricazione con monitoraggio e controllo on line
- c) Sostenibilità ambientale
- d) Integrazione

Un rapido confronto dello status delle categorie tecnologiche sopra elencate è riportato nella seguente tabella 3.1 relativa a moduli industrializzati o in fase di industrializzazione.

È inoltre interessante confrontare, nella tabella 3.2, la differenza tra le efficienze ottenute in laboratorio e quelle dei moduli ottenuti in produzione con le stesse tipologie di celle per individuare i settori con più ampio spazio di miglioramento e necessità di focalizzazione della ricerca.

Per il silicio cristallino e multicristallino gli sforzi sono concentrati sul miglioramento dei processi di fabbricazione che mirano alla riduzione del materiale di base (celle sottili e ultrasottili) e al miglioramento dell'efficienza.

Ciò comporta inoltre un particolare sforzo nello sviluppo di nuovi processi produttivi ad alta automazione su tutta la catena di fabbricazione. Per il 2030 sono attesi traguardi di resa di materiale per potenza specifica inferiore a 2g/Wp con costi minori di 10-15€/kg e spessori di cella sotto i 100 μm.

Come giusto attendersi, anche nell'ambito dei film sottili di silicio la ricerca mira alla riduzione del costo del materiale attivo e al miglioramento della qualità del dispositivo completo. Obiettivo primario resta l'incremento dell'efficienza stabilizzata dei moduli con target di efficienza a 3-5 anni sopra il 10%. Gli sforzi sono pertanto concentrati su nuove strutture di dispositivo, proprietà dei materiali microcristallini e leghe, stati di interfaccia, riflettori intermedi e materiali attivi nanostrutturati.

<b>Tecnologia</b>	<b>Eff. record di laboratorio (%)</b>	<b>Eff. di modulo commerciale (%)</b>	<b>R Eff.comm. /Eff. record</b>
c-Si (monocristallino)	25,0 UNSW (Australia)	19,7 Sunpower SPR 425E	19,7/25,0 = 78,8%
mc-Si (multicristallino)	20,4 FhG-ISE (Germania)	18,4 Anaf Solar H-NRG	18,4/20,4 = 90,2%
HIT (eterogiunzione) aSi/cSi	23 Sanyo (Giappone)	19,0 Sanyo HIT-N240SE10	19,0/23 = 82,6%
CIGS	20,3 ZSW (Germania)	12,7 Q-Cells Qsmart UF 95	12,7/20,3 = 62,6%
CdTe	16,7 NREL (USA)	11,1 First Solar FS-280	11,1/16,7 = 66,5%
a-Si	10,1 Oerlikon S. L. (Svizzera)	7,0 Schuco MPE 100 AL 01	7,0/10,1 = 69,3%
a-Si/nc-Si/nc-Si	12,5 United Solar (USA)	6,7 United Solar Ovonic PVL-144	6,7/12,5 = 53,6%
a-Si/ $\mu$ c-Si	11,9 Oerlikon S. L. (Svizzera)	9,8 Kaneka U-EA120	9,8/11,9 = 82,3%

Tab. 3.2: Confronto tra efficienze di celle di laboratorio e moduli commerciali

I film sottili a base di CIS/CIGS, a differenza di quelli a base di silicio, lasciano aperte un maggior numero di istanze di ricerca di base mentre, parallelamente, con l'operatività delle linee di produzione, si prevedono forti necessità di rivisitazione dei processi e degli impianti per l'ottimizzazione dei costi. L'impiego delle nanotecnologie per la realizzazione dello strato attivo sembra offrire una nuova opportunità per la riduzione dei costi. Resta alta la focalizzazione sulla sperimentazione di materiali sostitutivi di elementi critici quali Indio e Gallio.

L'ampia gamma di processi idonei alla realizzazione di dispositivi a base di CdTe offre numerosi spunti di ricerca per il miglioramento della tecnologia di fabbricazione. Resta pertanto prioritaria l'individuazione di processi ottimizzati compatibili con produzioni massive a basso costo. Tra i problemi aperti si individuano la realizzazione del contatto elettrico posteriore per una maggiore stabilità a lungo termine e la riduzione dello spessore della cella per il miglior utilizzo di materiali strategici come il tellurio.

Tra le tecnologie emergenti va citata quella relativa alle Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) che, in sintesi, è un sistema fotochimico a base mista organico-inorganico. Maggiore sforzo della ricerca resta la stabilità dei moduli per la quale l'incapsulamento gioca un ruolo fondamentale. Le altre tecnologie organiche sono a livello di laboratorio (efficienze su piccola area del 5-7%) con obiettivi di individuazione dei mix polimerici e strutture di cella ideali passibili di implementazione in processi di stampa per produzione massiva.

Il fotovoltaico a concentrazione abbraccia un numero di tematiche molto ampio che possono essere settorializzate: dispositivo - ottiche - modulo - inseguitore.

A parte le problematiche della realizzazione di celle ad alta efficienza con semiconduttori III-V (alta concentrazione) o silicio (bassa concentrazione), la ricerca è focalizzata sul modulo e relativa componentistica ottica che richiedono l'individuazione e la sperimentazione di materiali per l'affidabilità (sigillanti, guarnizioni, incapsulanti) per il contenimento dei costi e la produzione su larga scala. Molta attenzione è anche rivolta allo sviluppo dell'elettronica di controllo degli inseguitori e al loro design costruttivo con nuovi materiali. Obiettivo a 3-5 anni resta la produzione di moduli con efficienze pari al 30%.

Non secondaria è la ricerca sui sistemi e componenti in cui massima priorità si dà allo sviluppo di moduli "intelligenti" con funzionalità aggiuntive (monitoraggio, diagnostica, antifurto, autoconfigurazione ecc.) e inverter di nuova generazione atti a offrire servizi di

rete in ottica smart-grid. Sono pure in crescita le attività di Life Cycle Assessment comprensivi dei processi per il riciclaggio dei moduli.

C'è una buona base di strutture di ricerca pubbliche (poche le presenze dei privati) in Italia impegnate sul fotovoltaico. Un'idea dei gruppi e delle tematiche trattate è riportata nella tabella 3.3 di seguito riportata:

Organizzazione	Aree di Ricerca & Sviluppo
ENEA	Tecnologie del silicio cristallino, film sottili, eterogiunzioni e organico. Componenti BOS e sistemi. Concentrazione. Caratterizzazione e qualificazione componenti e sistemi. Integrazione architettonica. Normativa.
CNR IMM Bologna	Tecnologie del silicio cristallino a eterogiunzione.
CNR Bari	Tecnologie del silicio a film sottile.
CNR IMEM Parma	Tecnologie dei materiali III-V.
CNR ISOF Bologna	Tecnologie delle celle solari organiche.
CNR ISMAC Milano	Tecnologie delle celle solari organiche.
CNR IMM Lecce	Tecnologie dei materiali III-V, del silicio a film sottile e del termofotovoltaico.
Università di Milano Bicocca	Tecnologie del silicio cristallino e a film sottile.
Politecnico di Milano	Integrazione architettonica.
Politecnico di Torino	Tecnologia dei convertitori statici di potenza. Sistemi.
Università di Ferrara	Tecnologie del silicio cristallino. Celle dye-sensitized. Sistemi a concentrazione.
Università di Bologna	Tecnologie delle celle solari organiche.
Università di Parma	Tecnologie del CdTe e del CIGS a film sottile. Tecnologie dei materiali III-V.
Università di Firenze	Tecnologie per la produzione del silicio.
Università di Camerino	Tecnologie dei materiali III-V.
Università di Roma 1	Tecnologie del silicio a film sottile e a eterogiunzione.
Università di Roma 2	Tecnologie delle celle dye-sensitized.
Università di Napoli 1	Tecnologie del silicio cristallino. Modellistica.
Università di Salerno	Modellistica e caratterizzazioni. Tecnologia dei convertitori statici di potenza.
Università di Palermo	Tecnologia dei convertitori statici di potenza.
CCR IES Ispra	Certificazione di moduli fotovoltaici. Normativa.
RSE	Tecnologie delle multigiunzioni III-V per applicazioni spaziali e terrestri a concentrazione. Sistemi. Normativa.
STMicroelectronics	Tecnologia del silicio a film sottile amorfo/microcristallino. Tecnologia dei convertitori DC-DC

Tab. 3.3: Principali strutture di ricerca in Italia con relative tematiche.



## **4. PROBLEMI APERTI**

### ***Obiettivi PV e IV conto energia***

Come stabilito dal IV Conto Energia, entrato in vigore il 13 maggio 2011, da giugno a dicembre 2011, le tariffe incentivanti subiranno un decalage progressivo mese per mese, e dal 2012 fino al termine del nuovo conto energia, la riduzione avverrà, invece, su base semestrale. In particolare, dal primo gennaio 2013 il meccanismo d'incentivazione diverrà molto simile al modello tedesco. Si passerà, infatti, da una tariffa di tipo feed-in premium a una tariffa onnicomprensiva e sarà introdotto un sistema di regolazione automatica del livello degli incentivi basato su obiettivi indicativi di progressione temporale della potenza installata, in funzione delle previsioni annuali di spesa. In altri termini, il superamento dei costi indicativi, in un dato semestre, comporterà, in quello successivo, un'ulteriore riduzione delle tariffe incentivanti in misura direttamente proporzionale al differenziale di costo. Tale meccanismo, accoppiato ad un quadro normativo "labile", soprattutto dal punto di vista dei tempi richiesti per la regolazione delle procedure di autorizzazioni ai nuovi impianti e di concessione della connessione alla rete elettrica - che attualmente pesano, rispettivamente, sino al 18% e al 10% sul valore complessivo dell'investimento - potrebbe generare notevoli criticità operative, compromettendo la stabilità degli investimenti nel settore con forti ricadute negative sulla ripresa economica, sull'occupazione e sugli obiettivi di potenza installata programmati. Appare, pertanto, prioritaria e imprescindibile la necessità di definire un percorso regolatorio agevole (meno burocratizzato) stabile e "stringente", soprattutto per i tempi autorizzativi, idoneo a garantire una visione di lungo termine agli investimenti nel settore, senza cambiamenti in corso d'opera e/o l'introduzione di misure retroattive, favorendone l'attuazione e il superamento dell'incertezza finanziaria della loro sostenibilità.

### ***Quadro regolatorio. Analisi, valutazioni e necessità***

In tale prospettiva è auspicabile l'introduzione di un sistema di incentivazione economico-finanziario di tipo misto (sulla base del modello tedesco) orientato a sostenere l'offerta tecnologica e a sviluppare una reale filiera manifatturiera industriale, mediante l'attivazione di strumenti dedicati ad una serie di incentivi alle imprese. Si tratta, in particolare, di attivare un meccanismo di erogazione di incentivi di diversa natura: dai rimborsi "cash" dei costi diretti d'investimento ai prestiti a tassi agevolati e a garanzie pubbliche alle banche; dagli incentivi per i costi del personale a quelli per attività di ricerca e sviluppo.

Allo stato attuale, infatti, nonostante l'industria italiana mostri segnali di ripresa, è palese ancora una marcata tendenza all'importazione di prodotti per le fonti energetiche rinnovabili, soprattutto nel settore fotovoltaico. A riguardo il disaccoppiamento tra la capacità fotovoltaica installata e l'offerta tecnologica di sistemi e componenti, da parte dell'imprenditoria nazionale, ha inevitabilmente generato un incremento del deficit commerciale, dove l'Italia registra un trend peggiore rispetto alla media europea (nel 2010 soltanto il 15% dei moduli e il 30% degli inverter sono stati prodotti da imprese nazionali). La principale ragione di tale ritardo è da ricercare, soprattutto, nell'assenza di una efficace policy di promozione industriale orientata a sostenere gli investimenti in innovazione tecnologica per lo sviluppo e il potenziamento della capacità produttiva di tecnologie, componenti e sistemi "made in Italy".

Nell'ottica di concorrere all'affermazione di un nuovo modello energetico orientato a politiche di sviluppo ambientale ed economico sostenibile, adottate dall'Unione Europea (20-20-20), il ricorso alla generazione distribuita e all'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, costituisce sempre più una necessità, piuttosto che un'opzione (visto anche l'esito della recente consultazione referendaria in materia di nucleare). In tale contesto

appare evidente l'opportunità di "rivedere" il ruolo e il compito che il fotovoltaico deve svolgere nella generazione distribuita di energia elettrica, anche, nella prospettiva futura, ma già in atto, di rivoluzione del sistema elettrico verso un nuovo modello identificabile con il termine smart grids. Si tratta di "ripensare" la concezione degli impianti fotovoltaici connessi alle reti elettriche per un utilizzo più efficiente e "innovativo" mediante l'erogazione di servizi avanzati alla rete. Oggi tali impianti, in accordo al Grid Code italiano, si comportano come sistemi passivi nei confronti della rete, erogando potenza attiva senza contribuire in alcun modo all'erogazione di servizi di rete, con una conseguente limitazione in termini di "attrattività e interesse" da parte dei soggetti distributori. Tuttavia, è da evidenziare come il IV Conto Energia introduca, anche se in una visione prospettica, - e in analogia a quanto già previsto dai codici di rete di altri paesi quali Germania, Giappone, Stati Uniti - l'obbligo per gli impianti fotovoltaici, che entreranno in esercizio dal 1/1/2013, di utilizzare inverter in grado di fornire servizi di rete avanzati, con positive ricadute e benefici per i gestori della rete, come: contribuire alla regolazione della tensione mediante l'erogazione o l'assorbimento di potenza reattiva, consentire la disconnessione dalla rete a seguito di un comando da remoto, mantenere insensibilità a rapidi abbassamenti di tensione e garantire un adeguato livello di compensazione dell'inquinamento armonico. In attesa della definizione dei criteri, delle modalità operative e delle regole per la fornitura di tali servizi, i produttori nazionali di inverter si stanno già attivando, anche se in una fase interlocutoria, per avviare il processo di ridefinizione e adeguamento del ruolo del sistema di controllo e condizionamento della potenza alle nuove esigenze, con interessanti potenziali implicazioni sia intermini di sviluppo industriale, sia di ricaduta occupazionale.

Un altro aspetto meritevole di citazione riguarda la fornitura di garanzie delle prestazioni energetiche degli impianti che è stato introdotto dal IV conto energia. Si tratta del "Collaudo Energetico" dell'impianto, che consiste nel verificare che, in fase di avvio del medesimo, il rapporto fra l'energia prodotta in c.a. e l'energia producibile in c.a. sia superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore. Tale strumento servirà a garantire la producibilità di un impianto fotovoltaico, stabilendo valori minimi per il Performance Ratio. Il CEI si occuperà di definire le condizioni di misura e dei metodi di calcolo per l'esecuzione del collaudo energetico.

Infine, con riferimento alla generazione fotovoltaica è da sottolineare, come l'immissione di energia in rete, in particolare durante le ore di picco della domanda, ad un costo marginale particolarmente basso, concorrerebbe alla riduzione del prezzo dell'elettricità sul mercato facendo diminuire automaticamente, anche, la componente energia pagata dai consumatori finali. In tal modo il "peso" dell'incentivazione sarebbe meno gravoso proprio in virtù dell'effetto calmierante della produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili sul prezzo dell'energia.

## 5. CONCLUSIONI

È fuori di dubbio che il fotovoltaico costituisca un'opzione energetica di primaria importanza nel quadro della quota complessiva di energia da fonti rinnovabili necessaria al nostro paese per il raggiungimento degli obiettivi europei per il 2020.

Nel nostro paese, i vari regimi di tariffe incentivanti hanno prodotto una crescita di mercato senza precedenti con cifre assolute nel 2010 che hanno visto triplicare il volume d'affari rispetto al 2009 (o anche settuplicare se confermati gli impianti "Salva Alcoa").

Un tale mercato, se da una parte ha acceso l'attenzione sugli aspetti speculativi e affaristici, dall'altra ha favorito lo sviluppo di interessanti dinamiche industriali con una crescita di numero di imprese in Italia di circa il 13% rispetto al 2009 e una presenza di imprese italiane su quasi tutta la filiera fotovoltaica.

Da quanto osservato, la solidità di questo mercato e di questo comparto d'impresa è primariamente connessa alla certezza di un quadro normativo stabile, di procedure autorizzative univoche, snelle e con tempi certi, fattori che, inoltre, contribuiscono all'incremento del ritorno degli investimenti e rendono più praticabili politiche di tagli progressivi agli incentivi.

La produzione energetica da fotovoltaico deve assumere carattere di attrattività sul mercato dell'energia tanto per il DSO (Distribution System Operator), quanto per l'utente finale. È necessario pertanto rivoluzionare il concetto di sistema fotovoltaico, proiettandolo verso un'ottimale integrazione nelle smart grid del futuro per lo sviluppo della domanda/offerta attiva. Ciò implica nuovi concetti di modulo e di inverter che richiedono sforzi di ricerca e sviluppo e danno spazio d'innovazione anche alle imprese nazionali.

Altro discorso vale per il segmento "alto" della filiera, le tecnologie. Quest'ambito è decisamente il più importante e il più complesso. Uno sguardo all'impresa nazionale lascia individuare un problema di dimensione e di posizionamento tecnologico e, il confronto con i "giganti" del settore, fa intravedere un percorso che solo in parte abbiamo coperto.

Il supporto della ricerca nazionale alle imprese per favorire lo sviluppo di questo segmento si scontra con l'elevato costo delle ricerche e l'estrema maturità delle tecnologie "dominanti" con spiragli minimi agli avanzamenti innovativi.

La situazione suggerisce, per il nostro paese, lo sforzo di sostenere una ricerca finalizzata allo sfruttamento di tecnologie non usuali e allo sviluppo di elementi di processo significativamente limitanti per il PV del prossimo decennio, quali ad esempio le celle ultrasottili. Non secondaria deve essere l'attenzione agli sviluppi e all'implementazione di nuove macchine e attrezzature per i vari segmenti della filiera. Una presenza forte della ricerca in questo comparto potrebbe essere un elemento utile affinché il nostro paese, generalmente leader nelle macchine di processo, non perda questa sua specificità nel settore fotovoltaico.

Il panorama produttivo nei paesi leader e la storia tecnologica (anche dalle testimonianze del mondo dell'elettronica) ci suggeriscono che la produzione di innovazione è frutto dello stretto connubio tra ricerca e impresa e della forte focalizzazione delle risorse.

Pertanto, pur riconoscendo nel sistema incentivante del 4° Conto Energia un aiuto efficace alla creazione di un filiera industriale nazionale, è più che mai necessario individuare un Progetto Bandiera sul fotovoltaico che stimoli la collaborazione pubblico-privato per una netta crescita di competitività dell'imprenditoria nazionale.

Edito dall'ENEA

Unità Comunicazione

Copertina: Paola Carabotta

Stampato presso il Laboratorio Tecnografico ENEA – Frascati

Finito di stampare nel mese di luglio 2011