



# Il fotovoltaico off-grid per lo sviluppo dell'Africa sub-sahariana

Nei prossimi decenni assisteremo ad un straordinario sviluppo demografico ed economico dell'Africa. Il cambiamento climatico in atto impone che questo sviluppo sia centrato sull'utilizzo su larga scala di energie rinnovabili. L'esperienza ENEA in Senegal, descritta in questo articolo, dimostra che i sistemi fotovoltaici ibridi sono già oggi competitivi e possono perciò consentire, nel prossimo decennio, l'accesso all'energia elettrica a centinaia di milioni di africani. L'Italia, anche attraverso il rilancio della cooperazione internazionale, deve favorire l'ingresso delle nostre imprese in questo enorme mercato e contribuire così efficacemente al superamento della povertà e al contrasto del cambiamento climatico

DOI 10.12910/EAI2015-058

■ G. De Paoli, M. Stefanoni

## Quadro di riferimento

L'Africa, nel 2050, raddoppierà la sua popolazione raggiungendo i 2 miliardi di abitanti. Se consideriamo le gravi condizioni di povertà e carenza di servizi che caratterizzano l'esistenza dei suoi attuali 920 milioni di abitanti, possiamo facilmente prevedere che saranno necessarie enormi quantità di energia, cibo e risorse naturali per assicurare condizioni di vita dignitosa ad una popolazione doppia dell'attuale. Ne consegue che l'Africa, nei prossimi anni, sarà una delle aree a più intenso sviluppo ed uno dei più grandi mercati del pianeta.

Occorre anche considerare che, congiuntamente alla sfida dello sviluppo, l'umanità si trova ad affrontare la sfida ambientale.

Secondo l'IPCC<sup>1</sup> le emissioni mondiali di gas serra devono essere ridotte dal 40 al 70% tra il 2010 e il 2050. Il segretario generale dell'ONU, sottolinea che "dobbiamo agire ora per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> e adottare energie rinnovabili per evitare il peggioramento del clima che si riscalda ad una velocità senza precedenti" e che "l'azione contro il cambiamento climatico può contribuire alla prosperità economica, ad un migliore stato di salute e a città più vivibili".

L'Africa sub-sahariana potrebbe essere una delle aree nelle quali sperimentare con successo nuove forme di produzione di energia distribuita da fonti rinnovabili che possono

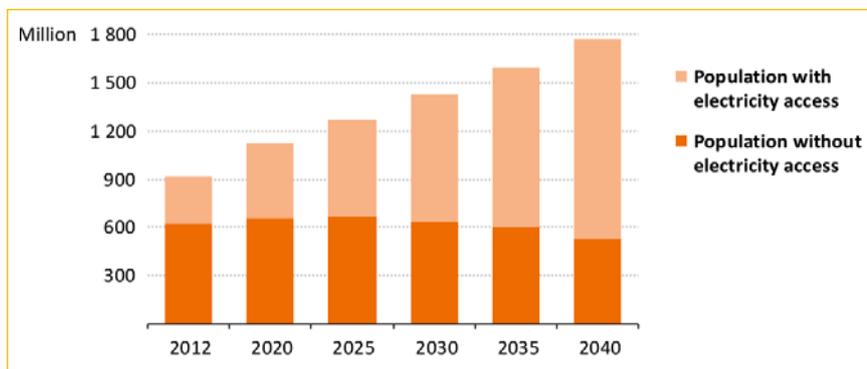
conciliare un rapido e significativo sviluppo di queste regioni con il superamento della povertà e il contrasto ai cambiamenti climatici.

## Opportunità e barriere per l'accesso all'energia

Secondo le stime dell'IEA<sup>2</sup> nel 2040 l'economia della regione quadruplicherà. Oggi solo 300 milioni di persone hanno accesso all'energia elettrica. Il grafico di Figura 1 mostra che nei prossimi 30 anni lo sviluppo dell'Africa sub-sahariana consentirà tale accesso ad oltre 1,5 miliardi di persone.

Il ruolo delle energie rinnovabili non potrà che essere decisivo, in particolare nella elettrificazione delle aree rurali<sup>3</sup>. L'Africa sub-sahariana rappresenta perciò un merca-

Contact person: Marco Stefanoni  
marco.stefanoni@enea.it



**FIGURA 1** Accesso all'energia elettrica nell'Africa sub-sahariana  
Fonte: IEA

to molto promettente per i sistemi di generazione fotovoltaica *off-grid*<sup>4</sup> che potrà interessare 300 milioni di persone nel prossimo decennio e oltre 1 miliardo di persone nei due decenni successivi (Figura 1).

I principali elementi a favore della generazione elettrica fotovoltaica distribuita in questa area sono:

- insolazione favorevole con poche variazioni stagionali;
- facilità di accesso per le zone rurali;
- costo dell'energia già oggi competitivo rispetto a quella prodotta con motori diesel;
- previsione di costi in diminuzione rispetto ai probabili aumenti dei combustibili fossili;
- bassa densità di popolazione e conseguenti elevati costi e tempi di realizzazione di reti di distribuzione;
- ottimi risultati di esercizio nel settore delle telecomunicazioni e dell'industria estrattiva<sup>5</sup>;
- drastica riduzione di costi sociali e ambientali;
- favorisce processi di condivisione, partecipazione e democrazia.

Le barriere che invece si frappongono alla diffusione di questi sistemi nella regione sono:

- scarsa qualità dei componenti e dei sistemi offerti dai distributori locali;
- assenza di una rete di rivenditori in grado di offrire garanzie e parti di ricambio;
- prezzi sensibilmente superiori a quelli del mercato europeo;
- difficoltà di accesso al credito per alti tassi di interesse e assenza di incentivi pubblici;
- carenze del sistema formativo che ostacolano la creazione di tecnici e micro imprese locali;
- significativo numero di installazioni fotovoltaiche pregresse con risultati insoddisfacenti.

In particolare, i tassi di interesse di operatori finanziari privati sono elevati (16-24%) in ragione della percezione di elevati rischi sociali, politici, economici. Le Casse Rurali locali hanno generalmente tassi più bassi (10-12%) ma con una disponibilità limitata. I Fondi di Sviluppo offrono finanziamenti a tassi agevolati, ma solo a progetti di dimensioni considerevoli.

## Sole, energia, cibo, salute e scuola

Le applicazioni dei sistemi distribuiti di generazione fotovoltaica sono moltissime e riguardano settori decisivi per assicurare condizioni di vita dignitose e aumentare il reddito di centinaia di milioni di persone che vivono nelle regioni rurali sub-sahariane, come ad esempio:

- kit per la fornitura di servizi alle famiglie: elettricità, luce, Tv, frigo (0,250-2 kW<sub>p</sub>);
- mini-impianti per l'elettrificazione di scuole, ospedali, ambulatori, uffici, imprese (2-20 kW<sub>p</sub>);
- impianti con piccole reti elettriche di distribuzione a villaggi/paesi (20-2000 kW<sub>p</sub>);
- sistemi di pompaggio di acqua per irrigazione e allevamento (2-200 kW<sub>p</sub>);
- conservazione e trasformazione di prodotti agricoli, celle frigo, mulini ecc. (5-200 kW<sub>p</sub>);
- sistemi di telecomunicazione (5-20 kW<sub>p</sub>).

Lo sviluppo di un modello di produzione di energia elettrica con fonti rinnovabili, autonomo e distribuito, può determinare fortissime ricadute sociali, economiche ed occupazionali. La diffusione di questi impianti migliora, in tempi ragionevoli, l'istruzione, la salute, la condizione femminile, la cura dei bambini, la produzione agricola e il reddito delle famiglie; contrasta gravi fenomeni di inurbamento e di emigrazione; evita danni irreversibili per l'ecosistema.

Un modello energetico, efficace, partecipato e democratico.



## Sistemi fotovoltaici per il pompaggio agricolo

L'utilizzo di sistemi di pompaggio fotovoltaico per scopo irriguo in sostituzione di motopompe diesel è un argomento di grande interesse per lo sviluppo di attività agricole sostenibili e produttrici di reddito. Vaste zone dell'Africa sub-sahariana sono caratterizzate da presenza di acqua di superficie (fiumi e laghi) o di falde poco profonde, con terreni fertili che consentono tre rotazioni colturali all'anno.

Il costo del carburante per le motopompe è sempre più oneroso per gli agricoltori, riducendo quasi a zero il margine di guadagno di ogni attività agricola; la maggior parte dei paesi dell'Africa sub-sahariana non ha infatti nessun tipo di sussidio per i carburanti agricoli.

Ai fini della modernizzazione e dell'aumento della redditività della produzione agricola risulta inoltre decisiva la possibilità di disporre di impianti per la conservazione e trasformazione dei prodotti: celle

frigo, sistemi di essiccazione, impianti per la produzione di conserve e formaggi. Queste attività possono integrarsi perfettamente con questi sistemi per il pompaggio agricolo perché spesso si collocano al termine dei cicli colturali. Ciò significa che il medesimo impianto fotovoltaico può fornire energia agli impianti di conservazione quando essa non è più necessaria per l'irrigazione. Inoltre, la richiesta di energia termica necessaria per gli impianti di essiccazione e conservazione può essere soddisfatta con l'aggiunta di sistemi solari termici dedicati.

## L'esperienza ENEA in Senegal

A seguito della collaborazione con la Direzione Generale per la Cooperazione allo Sviluppo (DGCS) del MAECI<sup>6</sup>, avviata da ENEA nell'ambito del progetto "Educarsi al futuro", si sono create diverse opportunità per fornire supporto tecnico-scientifico alle Organizzazioni Non-

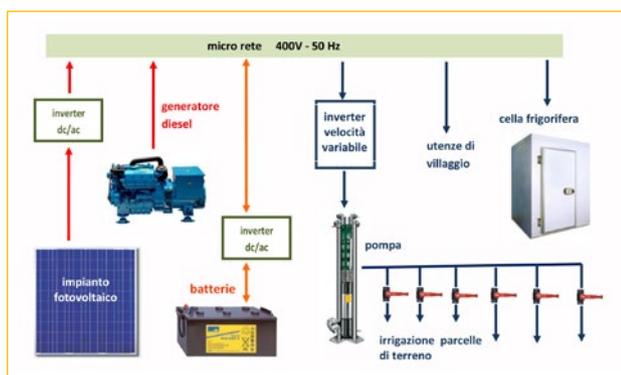
Governative (ONG) impegnate in progetti che prevedono l'utilizzo di nuove tecnologie e di fonti di energia rinnovabile.

In particolare, a partire dal 2012, un gruppo di tecnici ENEA è impegnato nella progettazione e nell'assistenza tecnica alla realizzazione di due impianti di pompaggio fotovoltaico nell'ambito del progetto FREDDAS, promosso da Green Cross Italia e cofinanziato dalla Cooperazione italiana (MAECI), a beneficio di due cooperative agricole nel nord del Senegal.

La progettazione è iniziata dopo due visite sul terreno e un intenso scambio di informazioni e approfondimenti con gli esperti di Green Cross, gli agronomi e le comunità locali per individuare le soluzioni più appropriate. Tenuto conto delle sensibili variazioni mensili di richiesta irrigua e dell'andamento della radiazione solare nell'arco dell'anno, si è scelta una configurazione ibrida fotovoltaico-generatore diesel, oggi utilizzata con successo in diversi settori.

Villaggio	Gouriki	Bokhol
Superficie coltivata	40 ha	20 ha
Numero beneficiari	160	80
Portata irrigazione massima	1.459 m <sup>3</sup> /giorno	1.232 m <sup>3</sup> /giorno
Pressione nominale	6,7 bar	4,3 bar
Volume cella frigo	80 m <sup>2</sup>	65 m <sup>2</sup>
Potenza nominale fotovoltaico	100 kW <sub>p</sub>	50 kW <sub>p</sub>

**TABELLA 1** Principali dati di progetto dei due impianti



**FIGURA 2** Schema di massima impianto ibrido fotovoltaico-diesel

Il progetto, tenuto conto dei vincoli prefissati dal programma FREDDAS, ha privilegiato i seguenti obiettivi:

- massimizzare l'utilizzo di energia fotovoltaica (integrazione diesel max 10%);
- utilizzare componenti commerciali, di alta qualità e con elevata efficienza;
- ottimizzare l'utilizzo dell'acqua attraverso sistemi di irrigazione razionale;
- integrare nel ciclo di produzione agricola la fase di conservazione dei prodotti.

I principali dati di progetto dei due impianti sono riportati in Tabella 1. Lo schema di impianto è riportato in Figura 2. L'energia prodotta dai moduli fotovoltaici viene trasferita tra-

già fotovoltaica prodotta. Le pompe sono alimentate tramite un inverter a velocità variabile per consentire di variare la portata e mantenere costante la pressione nell'impianto di irrigazione. Le valvole di irrigazione delle parcelle vengono aperte e chiuse manualmente in funzione dell'energia solare disponibile e delle esigenze definite dal calendario colturale. In questo modo si minimizza l'accumulo di energia elettrica in batteria e si evitano costosi serbatoi per accumulo d'acqua. Un sistema di monitoraggio e segnalazione permette all'operatore di regolare i tempi di irrigazione delle singole parcelle.

Le celle frigo sono progettate con un isolamento superiore ai normali

mitte l'inverter alla micro-rete (trifase 400 V - 50 Hz) che alimenta le pompe per l'irrigazione, la cella frigo e altre eventuali utenze di villaggio. Il generatore diesel fornisce energia supplementare alla micro-rete nei periodi di maggiore richiesta idrica. Inoltre un modesto accumulo di energia elettrica in batteria consente di minimizzare l'intervento del diesel per compensare carenze o eccessi di ener-

standard al fine di ridurre i consumi e aumentare la loro inerzia termica. Ciò consente il loro corretto funzionamento pur fornendo alimentazione elettrica solo nelle ore diurne.

Le imprese coinvolte nella fornitura e installazione dei componenti del sistema sono: Enel Green Power (moduli fotovoltaici 3SUN), Caprari (pompe e inverter Danfoss), IBC (inverter SMA e batterie Moll), Pramac (generatori diesel), GEA e SOSIE (progettazione esecutiva e installazione), Agrisol (sistema di irrigazione goccia a goccia).

La messa in esercizio dei due impianti è avvenuta lo scorso marzo. Nel progetto è stata coinvolta l'Università Gaston Berger di Saint Louis attraverso la partecipazione di un gruppo di docenti e studenti che seguiranno l'installazione degli impianti e cureranno il monitoraggio e l'analisi delle prestazioni.

ENEA ha realizzato un modello di simulazione<sup>7</sup>, fruibile su web, per il dimensionamento e l'analisi delle prestazioni di sistemi fotovoltaici *off-grid* che verrà anche utilizzato per supportare la formazione di tecnici locali.

## Valutazioni tecnico-economiche

A partire dalla progettazione realizzata e utilizzando il modello di simulazione ENEA citato<sup>7</sup>, si è condotto uno studio volto a individuare le condizioni che rendono conveniente questa tipologia di impianti.

Il caso-studio si riferisce a un sistema di pompaggio nella regione di Matam (Senegal) i cui dati me-

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Totale annua
$H_{tot}$ (radiazione totale orizz.) (kWh/m <sup>2</sup> gg)	4,67	5,47	6,49	6,87	6,93	6,75	6,44	5,96	5,84	5,59	4,91	4,3	5,9
Temperatura max - media nel mese (°C)	31	35	37	40	41	39	36	34	35	37	36	25,7	35,6

**TABELLA 2** Dati meteo della regione del Matam (Senegal)

Fonte: NASA

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
73	28	26	41	27	32	70	70	43	8	27	57

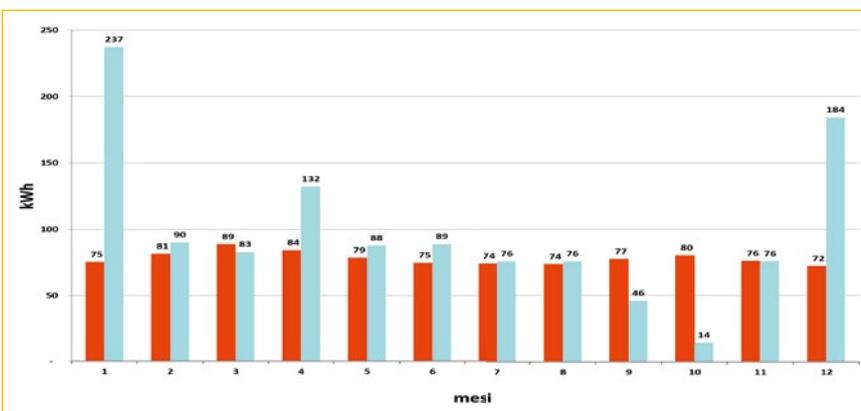
**TABELLA 3** Fabbisogno giornaliero di irrigazione per ettaro (m<sup>3</sup>/giorno)

Costo gasolio	1,2 €/litro
Consumo specifico generatore diesel	0,33 litri/kWh
Costo annuale manutenzione diesel	7%
Tasso di interesse	10%
Manutenzione annuale fotovoltaico	2%
Costo generatore diesel	300 €/kW
Costo batterie	110 €/kWh

Potenza fotovoltaica (kW <sub>p</sub> )	Costo specifico (€/kW <sub>p</sub> )
5	1.994
12	1.634
17	1.484
34	1.452

**TABELLA 4** Dati economici per la valutazione tecnico-economica dei costi dell'impianto ibrido fotovoltaico-diesel

**TABELLA 5** Costo dell'impianto fotovoltaico di pompaggio riferito all'unità di potenza



**FIGURA 3** Energia elettrica giornaliera (kWh medi mensili - impianto fotovoltaico di 17 kW<sub>p</sub> + diesel 30%)

Legenda: produzione da fotovoltaico (rosso); consumo per pompaggio (azzurro)

Produzione da fotovoltaico	Produzione da generatore diesel	Consumo pompaggio	Eccedenza fotovoltaica	Coefficiente utilizzo fotovoltaico
28.099	10.711	35.716	3.094	89%

**TABELLA 6** Energia elettrica prodotta e consumata annualmente (kWh)

teorologici sono riportati in tabella (Tabella 2). La prevalenza massima considerata è di 15 metri e il fabbisogno giornaliero di acqua per l'irrigazione è quello riferito ad un terreno con tre cicli colturali per anno (Tabella 3).

I dati economici inseriti nella simulazione si riferiscono ai prezzi dei diversi componenti dell'impianto, ai costi di installazione e manutenzione praticati da tecnici locali e a un tasso di interesse del 10% ipotizzabile per programmi regionali di sviluppo rurale (Tabelle 4 e 5).

In particolare, per i moduli fotovoltaici, si è considerato il costo di 560 €/kW<sub>p</sub> offerto dal produttore italiano Solsonica, con garanzia di 12 anni sul prodotto e di 25 anni sulla performance. Per gli inverter del produttore SMA la garanzia è di 5 anni, estensibile a 25. La Tabella 5 mostra come, con l'aumento della dimensione dell'impianto da 5 a 34 kW<sub>p</sub>, il costo del sistema può diminuire del 25% per i minori costi specifici di componenti (inverter, pompe, batterie) e dell'installazione. Per impianti di taglia superiore, da 50 a 200 kW<sub>p</sub>, il costo specifico non presenta ulteriori significative diminuzioni.

I risultati principali dello studio sono riportati di seguito.

Prendendo ad esempio un impianto fotovoltaico da 17 kW<sub>p</sub>, destinato all'irrigazione di un terreno di 42 ettari, la simulazione calcola la richiesta di energia giornaliera necessaria al pompaggio (linea blu) e la corri-

Potenza impianto fotovoltaico	Percentuali di integrazione con generatore diesel			
	5%	10%	20%	30%
5 kW	0,45	0,40	0,33	0,32
12 kW	0,36	0,33	0,29	0,29
17 kW	0,34	0,31	0,27	0,27
34 kW	0,32	0,29	0,26	0,26

**TABELLA 7** Costo dell'energia elettrica prodotta da impianto ibrido fotovoltaico-diesel (€/kWh)

Potenza PV	Percentuali di integrazione del generatore diesel			
	5%	10%	20%	30%
5 kW	4	5	8	11
12 kW	10	12	19	25
17 kW	17	21	31	42
34 kW	29	35	53	72

**TABELLA 8** Superficie irrigabile in relazione a potenza fotovoltaica e integrazione diesel (ha)

spondente produzione di energia da fotovoltaico (linea rossa).

La Figura 3 mostra che l'impianto fotovoltaico non è in grado di produrre l'energia necessaria al pompaggio nei mesi di gennaio, aprile e dicembre. La quota mancante, pari al 30% del totale annuo, viene quindi fornita dal generatore diesel.

In Tabella 6 è indicata l'energia elettrica prodotta e consumata annualmente dall'impianto.

Grazie a questo dimensionamento si ottimizza il fattore di utilizzo del fotovoltaico e si raggiunge un risultato economico di grande interesse. Il costo dell'energia prodotta dall'impianto ibrido fotovoltaico-diesel risulta essere 0,27 €/kWh, sensibilmente inferiore (-36%) a quello di un generatore diesel convenzionale pari a 0,42 €/kWh (Tabella 7).

In Tabella 8 è riportata la stima fornita dal modello di simulazione

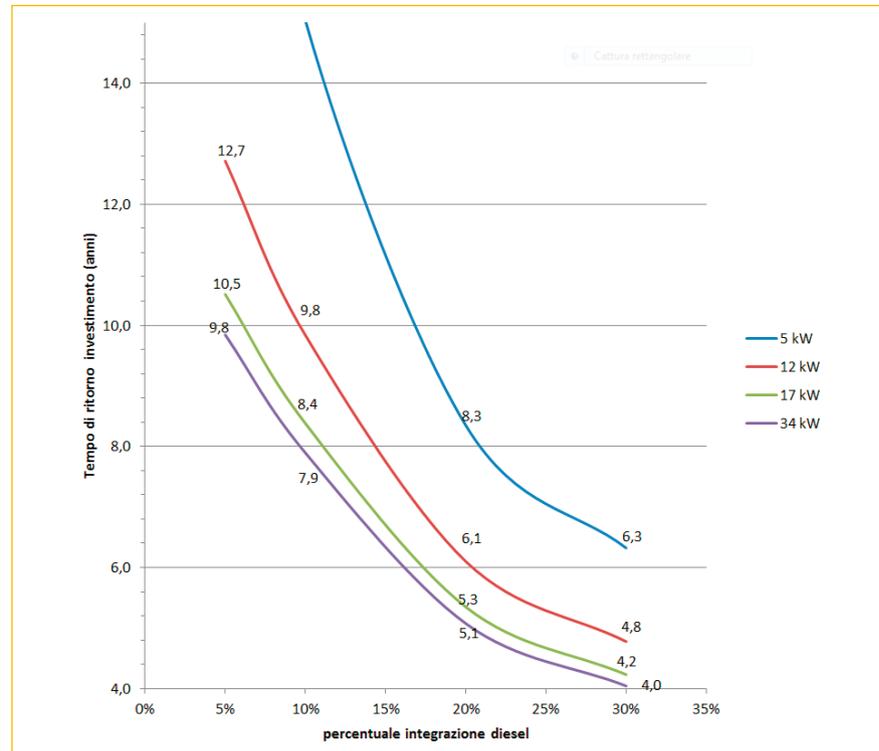
della superficie irrigabile da un impianto ibrido al variare della taglia dell'impianto fotovoltaico e del grado di integrazione diesel. Ad

esempio, un impianto fotovoltaico da 17 kW<sub>p</sub> può soddisfare l'irrigazione di 42 ha se è associato a una integrazione diesel del 30%. Gli ettari serviti scendono a 17 se l'integrazione diesel si riduce al 10% del totale.

Il grafico della Figura 4 mostra come anche i tempi di ritorno dell'investimento variano sensibil-

mente con la taglia dell'impianto e la quota di integrazione diesel. Nell'impianto da 17 kW<sub>p</sub>, il tempo di ritorno scende da 8 a 4 anni se aumentiamo l'integrazione diesel dal 10% al 30%.

La lunga durata di vita dei moduli fotovoltaici, stimata in oltre i 25 anni, evidenzia la forte convenienza economica di questo investimento. Tale vantaggio aumenta considerevolmente se si tiene conto dei trend di riduzione dei costi di moduli, inverter e batterie e dei trend di aumento dei costi dei carburanti. Notevoli anche i benefici ambientali: per l'impianto da 17 kW<sub>p</sub> si evita l'emissione di 21 t CO<sub>2</sub>/anno.



**FIGURA 4** Sistemi ibridi fotovoltaico-diesel. Tempo di ritorno dell'investimento in relazione a potenza dell'impianto fotovoltaico e integrazione diesel

## Conclusioni

L'esperienza ENEA in Senegal ha evidenziato che i sistemi di pompaggio ibridi fotovoltaici-diesel sono già oggi economicamente competitivi rispetto ai sistemi diesel convenzionali. Ciò rende attuabile e conveniente l'avvio di programmi regionali di sostituzione delle motopompe, largamente utilizzate in tutta la regione sub-sahariana per fornire acqua sia per usi civili che agricoli, con elevatissimi benefici economici, sociali ed ambientali.

Un costo dell'energia ridotto del 36% e in prospettiva ancora più basso, apre grandi potenzialità di mercato per questa tipologia di impianti e può consentire un significativo ampliamento delle terre coltivate, degli allevamenti e delle attività di conservazione e trasformazione dei prodotti agricoli, con rilevanti effetti sulla sicurezza alimentare e sulla salute.

Più in generale, occorre considerare

che molte applicazioni del fotovoltaico *off-grid* in Africa diventano ogni giorno più competitive e sono indispensabili per assicurare l'accesso all'energia e la soddisfazione di bisogni primari di centinaia di milioni di persone che vivono distribuite su territori molto vasti. Un mercato di grandissimo interesse, fortemente orientato all'innovazione e che coinvolge molti comparti produttivi. Un mercato che l'Italia non può trascurare, se non altro per ragioni di prossimità con il continente africano.

Anche il mondo della cooperazione nazionale e internazionale sta mettendo a punto nuove strategie di sviluppo in considerazione delle emergenze ambientali e climatiche derivanti dall'uso dei fossili. La creazione dell' Agenzia Italiana per la Cooperazione allo sviluppo può delineare un nuovo e più efficace approccio finalizzato a sostenere lo sforzo di qualificate imprese italiane a entrare in questi mer-

cati nell'ambito di accordi istituzionali con i paesi africani interessati.

ENEA può mettere a disposizione competenze multidisciplinari e laboratori per fornire consulenza scientifica ai diversi soggetti internazionali (MAECT<sup>8</sup>, FAO<sup>9</sup>, IFAD<sup>10</sup>, WFP<sup>11</sup> ecc.) nonché assistenza tecnica alle ONG e alle imprese coinvolte nella realizzazione di progetti innovativi.

Il protocollo d'intesa appena sottoscritto tra Dipartimento Generale Cooperazione allo Sviluppo del MAECT ed ENEA ha aperto ampi spazi di collaborazione che possono ora concretizzarsi nella realizzazione di studi di fattibilità tecnico-economica, programmi finalizzati ad aumentare la *capacity building*, progetti di elettrificazione rurale e collaborazioni con università e centri di ricerca dei paesi interessati.

Giovanni De Paoli, Marco Stefanoni  
ENEA, Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi  
Produttivi e Territoriali

### bibliografia

- "IEA - Africa Energy Outlook 2014" [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2014\\_AfricaEnergyOutlook.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2014_AfricaEnergyOutlook.pdf)
- "Renewable Energies in Africa" JRC - 2011 [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC67752/reqno\\_jrc67752\\_final%20report%20.pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC67752/reqno_jrc67752_final%20report%20.pdf)
- "Mini-grid Policy Toolkit" - EUEI <http://www.euei-pdf.org/thematic-studies/mini-grid-policy-toolkit>
- "Sunshine for mines: implementing renewable energy for off-grid operations" - Johns Hopkins -The Carbon War room- March 2014 [http://static.squarespace.com/static/52dfe864e4b005a175c9fd59/t/5348126ce4b02c4a1416d693/1397232236588/CWR14\\_MinesReport\\_singles.pdf](http://static.squarespace.com/static/52dfe864e4b005a175c9fd59/t/5348126ce4b02c4a1416d693/1397232236588/CWR14_MinesReport_singles.pdf)
- "Modello per il dimensionamento energetico-economico di impianti fotovoltaici non connessi alla rete per irrigazione e elettrificazione rurale" M. Stefanoni - ENEA - UTMEA <http://utmea.enea.it/research/MVPM/index.php>

### note

1. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change
2. IEA - Africa Energy Outlook 2014 [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2014\\_AfricaEnergyOutlook.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2014_AfricaEnergyOutlook.pdf)
3. Renewable Energies in Africa" JRC - 2011 [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC67752/reqno\\_jrc67752\\_final%20report%20.pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC67752/reqno_jrc67752_final%20report%20.pdf)
4. Mini-grid Policy Toolkit - EUEI <http://www.euei-pdf.org/thematic-studies/mini-grid-policy-toolkit>
5. Per l'utilizzo degli impianti fotovoltaici ibridi nel settore estrattivo vedi: Sunshine for mines [http://static.squarespace.com/static/52dfe864e4b005a175c9fd59/t/5348126ce4b02c4a1416d693/1397232236588/CWR14\\_MinesReport\\_singles.pdf](http://static.squarespace.com/static/52dfe864e4b005a175c9fd59/t/5348126ce4b02c4a1416d693/1397232236588/CWR14_MinesReport_singles.pdf)
6. MAECT - Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale
7. Il modello di simulazione è fruibile sul sito <http://utmea.enea.it/research/MVPM/index.php> e consente il dimensionamento e la valutazione economica di impianti fotovoltaici per il pompaggio, l'irrigazione e l'elettrificazione rurale
8. MAECT - Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale
9. FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations
10. IFAD - International Fund for Agricultural Development
11. WFP - World Food Program