

# L'elettrificazione in Paesi in via di sviluppo

*Energy4Growing è un progetto del Politecnico di Milano per lo sviluppo di una microrete che servirà a portare l'elettricità alle zone rurali delle aree svantaggiate del mondo. Prevede di realizzare un'Interface Converter che integri diverse fonti di energia, gestite da un'unità di controllo dedicata.*

di Stefano Mandelli e Paolo Guidetti

Ci sono estese aree del Globo in cui la maggior parte della popolazione vive in zone isolate dove l'energia elettrica non è disponibile e l'estensione della rete elettrica è tecnicamente ed economicamente improponibile. Tale situazione è tipica dei Paesi ad economia critica (Africa sub-Sahariana in primis [1]): qui la rete di distribuzione non raggiunge tutta la popolazione e la prospettiva di elettrificazione rurale mediante risorse rinnovabili risulta molto interessante. In questi contesti infatti molti utenti usufruiscono già di sistemi isolati, tipicamente generatori diesel, e l'avvento delle rinnovabili pone l'opportunità per aumentare l'accesso al servizio elettrico. L'accoppiamento di più risorse rinnovabili con i generatori diesel incrementerebbe l'efficienza dei sistemi e la qualità del servizio.

Le caratteristiche di ogni contesto in cui si potrebbe intervenire con sistemi in isola basati su rinnovabili variano molto e non permettono di formulare un'unica soluzione tecnica valida globalmente. Per ciascun

villaggio isolato, oltre alle condizioni ambientali, vi sono specifici problemi e situazioni che influenzano la progettazione del sistema elettrico. Aspetti decisivi in fase di progettazione per ottenere una soluzione tecnica che realizzi un equilibrio fra fabbisogno degli utenti, entità dell'investimento, costi di funzionamento e vincoli ambientali.

Nel supporto all'accesso all'energia elettrica sono impegnate diverse organizzazioni che si dedicano a progetti di sviluppo locale [2]. In questo contesto si inserisce il programma Polisocial, lanciato nel 2012 da Politecnico di Milano insieme a Fondazione Politecnico, per promuovere l'iniziativa Polisocial Award che finanzia progetti di ricerca a fini sociali. Tra i vincitori del Polisocial Award 2013 vi è il progetto Energy4Growing, condotto da un gruppo di ricercatori del Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano con la collaborazione dell'Associazione Produttori Energia da Fonti Rinnovabili (APER), di Euroimpresa, di RE-Energy Foundation Onlus

(REEF), del Dar es Saalam Institute of Thecnology (DIT) e dell'Arusha Technical College (ATC). Il progetto si propone di sviluppare soluzioni per diffondere le fonti rinnovabili nel processo di elettrificazione rurale e prevede lo studio e la realizzazione di un "Interface Converter" in grado di integrare diverse fonti di energia che, gestite da un'unità di controllo dedicata, garantirà l'alimentazione della scuola del villaggio rurale di Ngarenanyuki, nei pressi di Arusha, in Tanzania (fig.1).

Partner rilevante è anche Fondazione OIKOS per l'esperienza in progetti di sviluppo locale in Paesi dell'Africa sub-sahariana e già attiva in Tanzania nelle aree toccate da Energy4Growing ed in grado di fornire supporto tecnico e organizzativo e di mobilitare le comunità locali. Per la progettazione e la realizzazione del prototipo il gruppo di ricerca collabora con MCM Energy Lab, spin-off del Politecnico di Milano, specializzato nello studio di soluzioni hardware/software per sistemi energetici con alta penetrazione di fonti rinnovabili e convertitori di potenza.

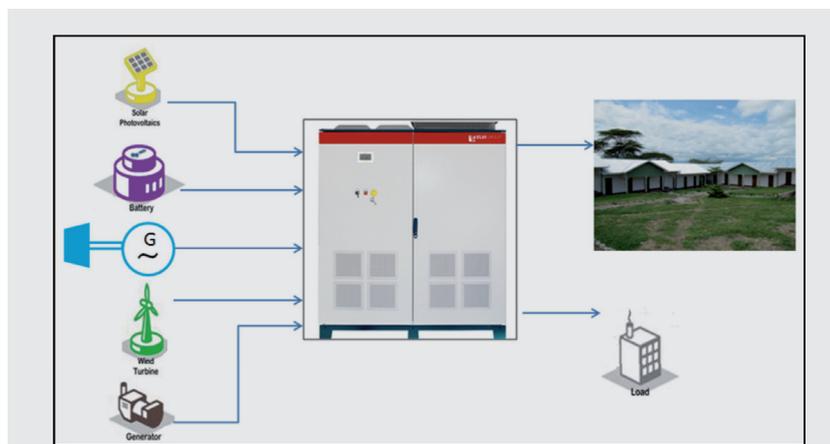


Fig.1

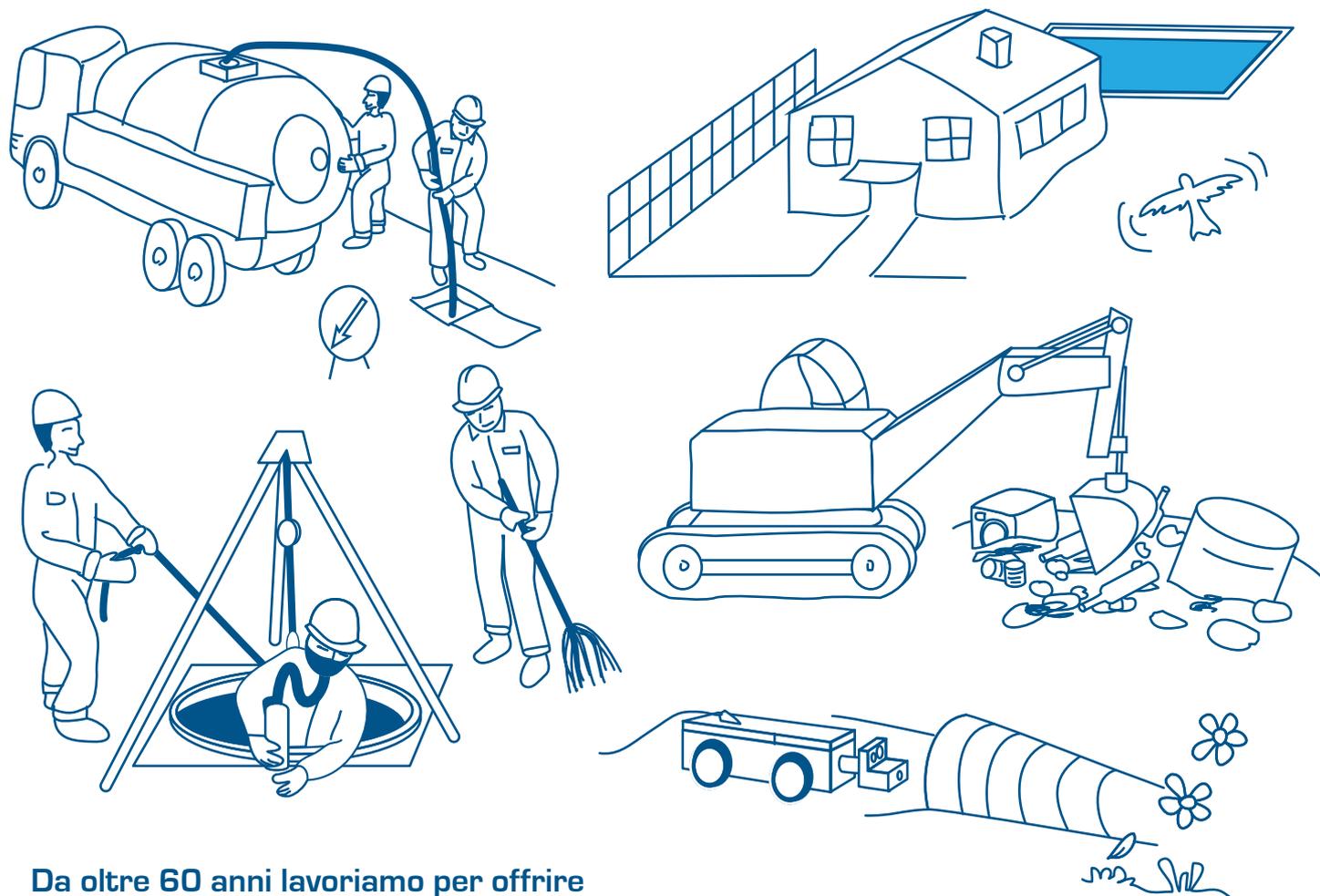
## IL SISTEMA ELETTRICO

Il complesso scolastico di Ngarenanyuki è costituito da più edifici ed è frequentato da circa 460 studenti, l'85% dei quali, durante i periodi di lezione, risiede nelle strutture.

Nella scuola sono presenti fonti di energia rinnovabili e convenzionali che alimentano carichi in isola. La principale fonte è una turbina idroelettrica Banki da 5 kW, fornita da IREM Torino e installata nel 2011, accoppiata a un alternatore Ecowatt da 230V, 50 Hz.

Tali gruppi turbina-alternatore sono molto affidabili, non necessitano di

**Da oltre 60 anni al servizio  
di ambiente e territorio.**



**Da oltre 60 anni lavoriamo per offrire  
le migliori soluzioni alle problematiche ambientali  
di persone ed aziende.**

Oggi, grazie alla competenza, esperienza e capacità di intervento che abbiamo acquisito, il Gruppo Marazzato è riconosciuto come realtà di riferimento nel mondo dei servizi ecologici e smaltimento rifiuti.

Ma in questi anni, quello che ci ha sempre dato la spinta per crescere è un pensiero: un mondo pulito e sicuro, dove servizio significa massima qualità nel massimo rispetto dell'ambiente.

**Il mondo, come lo vorremmo.**

**[www.gruppomarazzato.com](http://www.gruppomarazzato.com)**



manutenzione onerosa, ma non garantiscono alta efficienza. Il gruppo rotante trasforma in energia elettrica tutta quella proveniente dalla portata d'acqua e la regolazione della frequenza è garantita da una coppia di resistenze zavorra che dissipano la potenza in eccesso. L'acqua è prelevata da un canale la cui portata è influenzata anche dalle necessità di irrigazione dei contadini locali. Nella scuola sono installati diversi sistemi di back-up indipendenti, alcuni in corrente continua (DC) altri in corrente alternata (AC). I sistemi DC sono costituiti da una batteria ricaricata da uno o più moduli fotovoltaici che alimentano alcuni carichi dedicati (depuratore, luci, prese uffici). Vi è anche un sistema di accumulo centrale (800Ah) collegato alla linea carichi AC mediante un inverter bidirezionale e ricaricato direttamente dalla turbina idroelettrica.

Infine, un piccolo gruppo diesel (5 kW) utilizzato in casi eccezionali per alimentare le utenze principali in assenza di potenza dalla turbina o dal sistema di accumulo centrale. Il suo utilizzo limitato è legato agli alti costi: si preferisce adottare un sistema di gestione (attacco/distacco) carichi in funzione della potenza disponibile dalle fonti rinnovabili, modalità di controllo altamente inefficiente, dipendendo dalla presenza dell'operatore 24 ore su 24, e che genera numerosi blackout.

Nella progettazione del nuovo sistema elettrico si deve considerare che il panorama di generazione e carichi della scuola è in continua evoluzione, come in tutte le applicazioni nei Paesi in via di sviluppo. Non a caso OIKOS ha di recente acquistato 3 kW di moduli fotovoltaici. Sono inoltre presenti due turbine eoliche non attualmente funzionanti, che potranno essere riattivate con interventi di manutenzione.

Stimare una curva di potenza assorbita è complesso poiché l'uso delle utenze è molto condizionato dalla disponibilità delle fonti (fig.2). Misure di potenza assorbita saranno disponibili a breve grazie a un dispositivo di misura, sviluppato e prodotto da Energy Team, installato in uscita all'interruttore principale dell'impianto. In ogni caso avverrà un deciso incremento della poten-

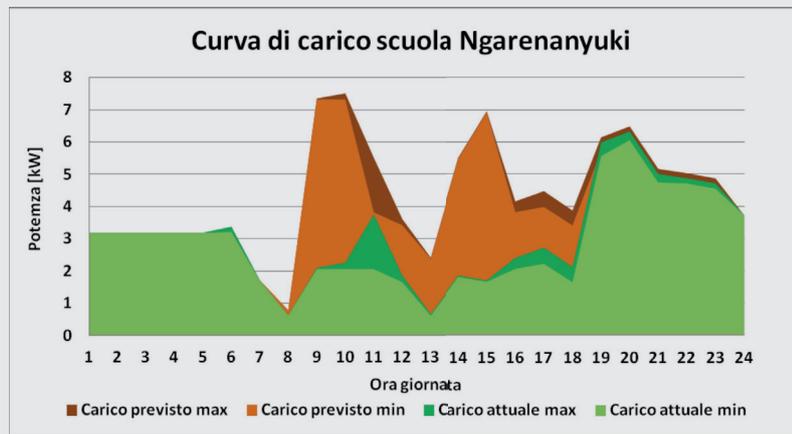


Fig.2: Il grafico riporta una stima delle curve di carico attuali, in tonalità verde, e di carico previsto in tonalità marrone. La differenza tra le due tonalità rende ragione del fatto che alcuni carichi vengono attivati solo alcuni giorni al mese/settimana.

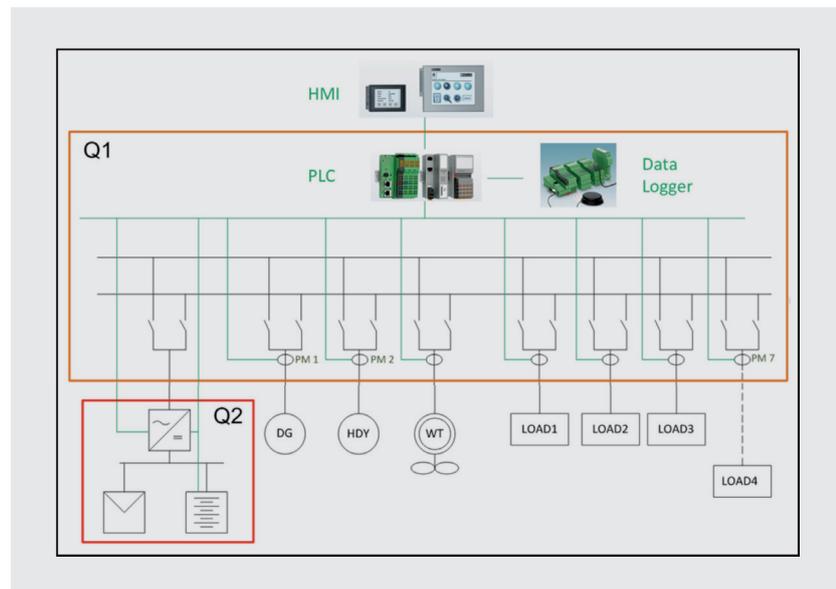


Fig.3

za richiesta in brevissimi periodi: la scuola infatti già prevede di dotarsi di ulteriori luci notturne e di un servizio di lavanderia.

#### ARCHITETTURA INNOVATIVA

Il prototipo sarà progettato per integrare su un DC-Bus diverse fonti di energia rinnovabile e un sistema di accumulo. Il DC-bus alimenterà a sua volta un convertitore DC/AC. Le fonti saranno accoppiate al DC-bus mediante convertitori DC/DC progettati con una struttura flessibile (fig.3). Inoltre, obiettivo del progetto è la definizione di logiche di controllo che consentano di implementare strategie di ottimizzazione universali per collegare diverse tecnologie di rinnovabili con differenti caratteristiche. Questo consentirà di collegare al sistema le fonti esistenti e di installarne altre in futuro.

Il sistema di accumulo sarà abbinato a un convertitore progettato per connettere differenti tipi di batterie e garantirà il bilancio energetico tra

fonti e carichi. Nel convertitore DC/AC saranno implementate funzioni di controllo per alimentare carichi in isola e altre per lavorare in parallelo con più piattaforme di generazione ibrida. In caso di parallelo con altre microreti, il prototipo dovrà garantire la stabilità della rete, attivando specifiche funzioni che regolino frequenza e tensione del sistema e che gestiscano i setpoint di potenza, attiva e reattiva, di ciascun sistema ibrido.

Per seguire diverse logiche di funzionamento il software di controllo sarà implementato in un PLC Phoenix Contact. I parametri dell'algoritmo potranno essere modificati, anche nel tempo, per non stressare il sistema di accumulo, ma penalizzando l'efficienza del sistema, oppure per garantire continuità nella fornitura di energia e sfruttando di più batterie e generatore diesel. Il PLC opererà conoscendo lo stato dei componenti dell'impianto e comanderà in apertura o in chiusura le linee di carico e

## L'elettrificazione in paesi in via di sviluppo

generazione garantendo il bilancio di potenza e la stabilità della rete. Un operatore si interfacerà con il PLC mediante una Human Machine Interface (HMI) per interagire con l'impianto. Il PLC memorizzerà in un Data Logger i dati sul funzionamento dell'impianto anche per migliorare il prototipo per progetti futuri. Il sistema ibrido descritto ha un'elevata flessibilità e può essere installato in aree rurali con diverse caratteristiche ambientali, integrando differenti fonti senza sostanziose modifiche dei componenti. Flessibilità ricercata nella progettazione: l'intenzione è infatti che l'Interface Converter alimenti inizialmente i carichi principali per poi integrare nuove fonti per soddisfare la crescente domanda di energia. Infine si cercherà di mantenere la possibilità di lavorare in parallelo ad altri sistemi per gestire la fornitura di elettricità a villaggi interi o a gruppi di villaggi.

**Partners:** MCM Energy Lab - Elettronica di Potenza, Conversione statica dell'energia e Controllo, per il settore Energetico. Istituto OIKOS - ONG impegnata in Europa e nei PVS per una gestione responsabile delle risorse naturali e per la diffusione di modelli di vita più sostenibili.

**Contributi:** Energy Team - Servizi innovativi e soluzioni integrate per l'efficienza energetica. Phoenix Contact - Prodotti e soluzioni per l'elettrotecnica e l'automazione.

### Bibliografia

- [1] P. R. Ortigosa and E. Colombo, *Access to Energy. Focus on Africa. Ediplan, 2012.*  
 [2] *Europeaid, "ACP-EU Energy Facility," 2005. [http://ec.europa.eu/europeaid/where/acp/regionalcooperation/energy/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/europeaid/where/acp/regionalcooperation/energy/index_en.htm).*

### Gli autori

**Stefano Mandelli** - stefano.mandelli@polimi.it

Laureato nel 2009 in Ingegneria Energetica, è ora dottorando presso il Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano. Svolge la sua attività di ricerca all'interno della cattedra UNESCO in Energy for Sustainable Development ed in particolare si occupa di generazione distribuita per elettrificazione rurale in Paesi in Via di Sviluppo. Ha collaborato e collabora con ONG per progetti di sviluppo in ambito energetico.

**Paolo Guidetti** - paolo.guidetti@polimi.it

Laureato nel 2013 in Ingegneria Elettrica presso il Politecnico di Milano, ha lavorato presso Elvi-Group e MCM Energy Lab nell'ambito di controllo e gestione efficiente di microreti ibride. È attualmente assegnista di ricerca del Dipartimento di Energia e si occupa del progetto Energy4Growing collaborando alla parte tecnico-scientifica e di gestione del un progetto stesso.



**SEAGUARD ITALANODI S.r.l.**

**DAL 1972 PROGETTIAMO E PRODUCIAMO IMPIANTI  
DI PROTEZIONE CATODICA**



**Via Regiosi 12 16015 CASELLA (GE)**  
 Tel. +39 010 9675252 Fax +39 010 9675254  
 e-mail: com@seaguard.it web: www.seaguard.it