

# **FEASIBILITY STUDY TO REDUCE HOSPITAL'S LOAD OF WOOD COOKING BIOMASS IN BURUNDI**

- Articolo in lingua italiana -

**Autore:** Fabio Riva

**Mail:** [fabio.riva@polimi.it](mailto:fabio.riva@polimi.it)

**Telefono:** +39 3492416259

L'interesse verso il tema dell'**accesso all'energia** nei Paesi in via di sviluppo è in continua crescita. In particolar modo, uno degli argomenti più dibattuti è quello relativo all'accesso ai combustibili moderni<sup>1</sup> e a strumenti appropriati per il loro utilizzo a scopi domestici per la cottura dei cibi. E' bene ricordare che ben 2.6 miliardi di persone dipendono dall'utilizzo di biomassa tradizionale, soprattutto nell'**Africa sub-Sahariana** (come recentemente confermato dall'*Africa Energy Outlook 2014* redatto dalla International Energy Agency), con gravi conseguenze sulla salute delle persone e sull'ambiente: ogni anno muoiono più di 4 milioni di persone a causa delle intossicazioni da fumi e malattie delle vie aeree, e al contempo cresce l'impatto negativo sulla deforestazione ed erosione del suolo a causa dell'intenso sfruttamento ed indiscriminato approvvigionamento di legna.

Uno dei Paesi dell'Africa sub-Sahariana con il minor accesso all'energia soprattutto in termini di accesso ai combustibili moderni è il **Burundi**. Il Paese versa in una situazione di estrema criticità: meno dell'1% della popolazione utilizza i combustibili moderni invece di quelli tradizionali. Tale situazione contribuisce a rendere il Burundi il Paese con il più alto tasso di deforestazione di tutto il continente africano con gravi ripercussioni sulle attività agricole, pesca ed salvaguardia dell'ecosistema a causa della rapida erosione del suolo.

Questo lavoro di tesi, pertanto, vuol essere un primo tentativo di ricerca e analisi dei possibili **interventi di efficientamento energetico** che possano diminuire il consumo di legna per la cottura dei cibi e contribuire a limitarne la pressione sul dilagante fenomeno della deforestazione. In particolar modo, tale indagine è stata effettuata in collaborazione con l'ONG Vispe che dagli anni '70 è presente in Burundi con una Missione situata nell'area rurale di Mutoyi. In collaborazione con essa e il partner FLAEI (Federazione Lavoratori Aziende Elettriche Italiane), nell'estate 2013 è stato possibile effettuare un sopralluogo di due settimane a Mutoyi per valutare l'entità del problema ed effettuare una prima raccolta dati. L'analisi dei problemi ha permesso di individuare nel mancato utilizzo di fonti energetiche alternative alla biomassa e nell'utilizzo di tecnologie non efficienti le cause principali del sovra utilizzo di legna per cucinare. Alla luce di queste informazioni, il primo fondamentale obiettivo della tesi è stata la ricerca delle risorse energetiche alternative alla biomassa che il Paese offre e che sono localmente accessibili. Escludendo i combustibili fossili come il diesel e carbone per il loro costo eccessivo e il gas per l'effettiva mancanza di una rete di distribuzione, si sono analizzate le seguenti fonti rinnovabili disponibili:

1. L'energia idroelettrica si è rivelata la fonte rinnovabile con il potenziale più elevato. Si è stimato che durante l'anno, per circa la metà delle notti burundesi, il parco di generazione idroelettrica del Paese disponga di un alto potenziale non sfruttato. Poiché la rete elettrica burundese, essendo sottodimensionata rispetto alle esigenze diurne, soffre di black-out frequenti, tale disponibilità dovuta ai minor carichi connessi la rende meno sovraccaricata nelle ore notturne e garantisce maggior sicurezza e affidabilità nell'approvvigionamento. A livello locale, inoltre, Vispe sta collaborando con FLAEI per la realizzazione di una centrale idroelettrica da 700 kW a servizio della Missione che risolverebbe il problema dell'approvvigionamento costoso e inaffidabile di energia elettrica.
2. La seconda fonte di energia studiata per il suo alto potenziale è quella solare. Ogni anno, l'energia direttamente irradiata sul suolo burundese si aggira intorno i 2000 kWh/m<sup>2</sup>, con una potenza media mensile superiore ai 700 W/m<sup>2</sup> nelle ore centrali dei giorni non nuvolosi e sfruttata in numerose applicazioni sia termiche che fotovoltaiche.

Secondo obiettivo di questo lavoro è stata l'analisi del contesto locale necessario per effettuare il successivo studio di fattibilità. A Mutoyi, il più elevato utilizzo di biomassa ruota attorno all'**ospedale Centre de Santé** gestito da Vispe. Ogni giorno, una media di 300 persone ricevono il pranzo preparato da una cooperativa e centro di ristorazione locale chiamata PaMu, e la colazione dalle cucine interne all'ospedale. Inoltre, come tipicamente accade negli ospedali africani, la preparazione della cena non è a carico dell'ospedale ma dei parenti degli ospedalizzati che, in una struttura appositamente dedicata, hanno la possibilità di cucinare per sé e i propri famigliari ricoverati. Tutte e tre le strutture adottano un set-up tecnologico a bassa efficienza, rivelando elevati consumi di biomassa legnosa. Poiché queste attività avvengono sotto il costante controllo

---

<sup>1</sup> Elettricità, combustibili liquidi come kerosene, combustibili gassosi come gas di petrolio liquefatto e gas naturale, biogas, biocombustibili, sole.

e monitoraggio dell'ONG, è stata valutata come la location più adeguata per proporre un primo intervento di efficientamento energetico. Per ogni struttura sono stati raccolti i dati relativi al consumo giornaliero di legna, di acqua, le informazioni circa l'approvvigionamento di biomassa, e si è studiato e analizzato l'attuale set-up tecnologico presente in Missione con il fine di valutarne le attuali e scarse performance energetiche.

Alla luce dei risultati ottenuti tramite la prima analisi delle risorse energetiche disponibili e del contesto locale, la strategia adottata ha permesso di individuare le seguenti tecnologie:

- **scaldacqua elettrico;**
- **pompa di calore (pdc) con resistenze elettriche integrate;**
- **integrazione delle precedenti tecnologie con pannelli solari termici;**
- **esclusivo utilizzo di pannelli solari termici e accumulo termico;**
- **stufe migliorate;**
- **stufe solari.**

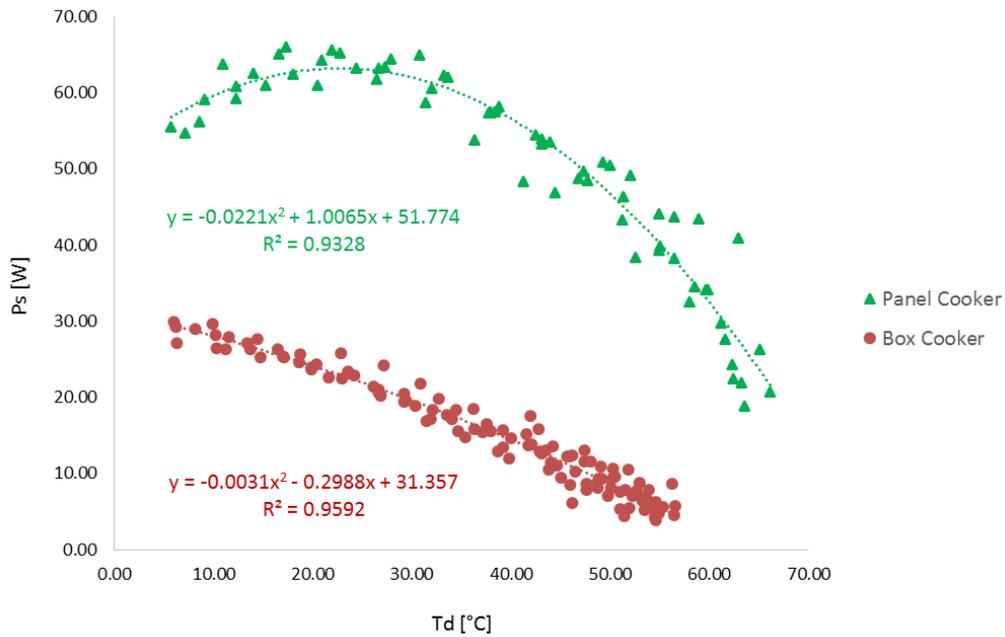
Le prime quattro tecnologie permetterebbero all'interno dell'ospedale e del centro di ristorazione di preriscaldare l'acqua utilizzata per la cottura sfruttando il surplus idroelettrico nelle ore notturne e il contributo solare durante il giorno. Le ultime due tecnologie, invece, potrebbero sostituire l'attuale set-up poco efficiente presente nella cucina utilizzata dai parenti dei degenti.

Successivamente alla scelta e proposta delle molteplici alternative tecnologiche, l'obiettivo centrale del lavoro di tesi è stato effettuare un'analisi energetica, economica e di impatto ambientale di primo tentativo di quest'ultime. In particolar modo per le stufe solari, a causa della difficoltà nel prevederne il possibile funzionamento, la tesi si è limitata a dare un giudizio sulla fattibilità tecnica e compatibilità di utilizzo con il potenziale solare Burundese. L'analisi ha previsto inizialmente la costruzione di due modelli "a pannello" e "a scatola". All'autocostruzione dei modelli è seguito il **test scientifico** e internazionalmente riconosciuto dalla American Society of Agricultural Engineers per valutare la potenza trasmessa all'interno della stufa al variare della temperatura interna (**Figura 1** in Allegati). Con una efficienza media di poco superiore all'8%, la stufa a pannello si è rivelata più veloce nel raggiungere una temperatura di 90°C. Valutando la temperatura media raggiunta all'interno si è potuto prevedere il tempo necessario per cuocere i fagioli, tipica pietanza cucinata in Burundi (**Tabella 1** in Allegati). Per la stufa a scatola non si sono effettuate previsioni sul tempo di cottura poiché solo il tempo per scaldare un litro d'acqua fino a 90°C in Burundi si è stimato essere di circa 8 ore. Concludendo, se da un lato la stufa a pannello sembra essere sicuramente una soluzione appropriata che vale la pena di implementare in un progetto pilota, la stufa a scatola risulta sicuramente meno appropriata ma utile per altri impieghi come il preriscaldamento di cibi già cotti.

E' seguita poi tutta l'**analisi energetica** delle stufe migliorate e delle tecnologie elettriche e solari adibite al preriscaldamento dell'acqua che ha previsto la stima dei risparmi annuali di legna e di emissioni di CO<sub>2</sub>. Per quanto riguarda le stufe migliorate, l'analisi ha permesso di evidenziare che il loro utilizzo al posto dell'attuale set-up tecnologico aumenterebbe l'**efficienza energetica** della struttura garantendo un risparmio tra il 10% e il 60% di legna consumata. Per le altre tecnologie, invece, è stata introdotta anche un'analisi economica che ha valutato la differenza tra i futuri costi dei consumi elettrici e i risparmi nell'acquisto della legna per ogni tecnologia (**Tabella 3** in Allegati). Per le soluzioni solari si è utilizzato il supporto del software TRNSYS, specifico per la simulazione di sistemi idraulici (**Tabella 2** e **Figura 2** in Allegati).

Infine, l'ultimo obiettivo della tesi è stato l'implementazione di un **metodo decisionale** per la scelta delle tecnologie attraverso due steps. Il primo è stato condotto sulla base di tre indicatori quantitativi (risparmio di legna consumata, risparmio economico nell'acquisto di legna e costo di investimento) e ha valutato come tecnologia appropriata quella dello scaldacqua elettrico. Il secondo step ha considerato due indicatori di tipo qualitativo per valutare l'impatto delle tecnologie sul territorio. Da quest'ultima analisi è emerso che la soluzione che garantirebbe un trade-off tra risparmi di legna e costi è sicuramente la pompa di calore con integrazione solare garantendo anche la diffusione di nuove competenze tecniche. Pertanto, una prima installazione a Mutoyi potrebbe avere un impatto positivo su tutto il territorio.

## Stufe solari



**Figura 1** Stufe costruite e andamento della potenza trasmessa all'interno [W] al variare della differenza tra temperatura interna ed esterna [°C]

|   | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Oct  | Nov  | Dec  |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Radiazione diretta a mezzogiorno [W/m<sup>2</sup>]</b> | 742  | 704  | 719  | 610  | 732  | 722  | 749  | 664  | 613  | 677  | 742  | 621  |
| <b>Giorni</b>   | 4    | 3    | 7    | 4    | 6    | 15   | 8    | 13   | 10   | 8    | 5    | 2    |
| <b>Potenza di cottura [W]</b>                             | 48.8 | 46.4 | 47.3 | 40.2 | 48.2 | 47.6 | 49.3 | 43.7 | 40.4 | 44.6 | 48.9 | 40.9 |
| <b>TIME [min]</b>   | 61   | 64   | 63   | 74   | 62   | 63   | 60   | 68   | 74   | 67   | 61   | 73   |

**Tabella 1** Previsione del tempo richiesto per la cottura di 0.3 kg di fagioli in 0.4 litri d'acqua con la stufa solare "a pannello" a Mutoyi

## Outputs del software TRNSYS

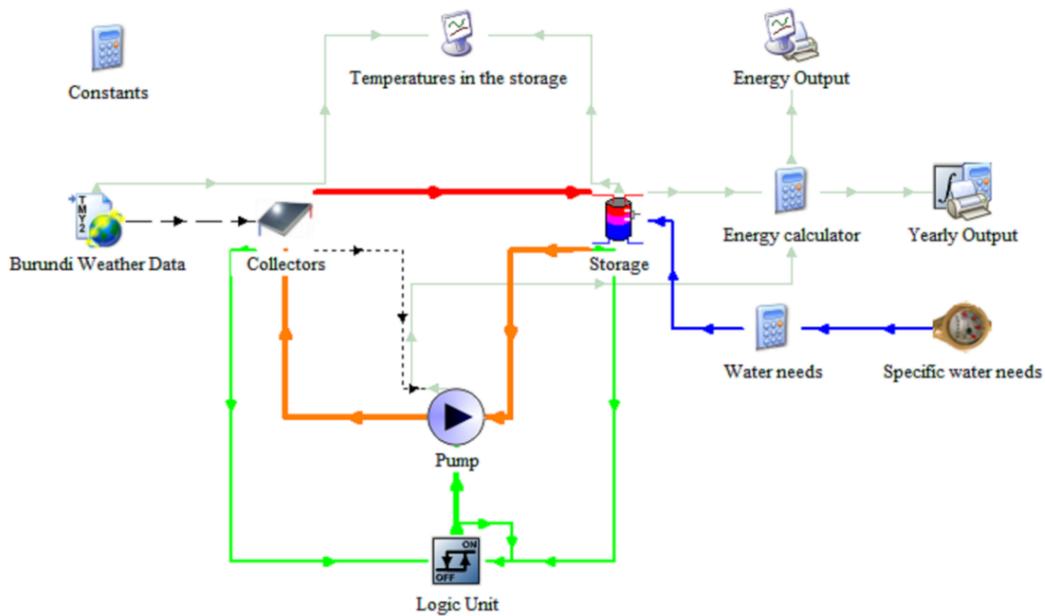


Figura 2 Schema di impianto solare termico simulato in TRNSYS

Tabella 2 Temperatura media mensile raggiunta all'interno degli accumulatori (TRNSYS Output)

|            | Hospital              |  |                                | PaMu                  |  |                                |
|------------|-----------------------|--|--------------------------------|-----------------------|--|--------------------------------|
|            | Only solar collectors | Solar collectors and electrical water heater | Solar collectors and heat pump | Only solar collectors | Solar collectors and electrical water heater | Solar collectors and heat pump |
| <b>Jan</b> | 47.9                  | 75.5   | 64.4                           | 47.9                  | 75.4   | 63.3                           |
| <b>Feb</b> | 50.1                  | 76.1   | 65.7                           | 50.1                  | 75.9   | 64.4                           |
| <b>Mar</b> | 53.2                  | 77.9   | 69.3                           | 53.2                  | 77.3   | 66.9                           |
| <b>Apr</b> | 54.8                  | 77.8   | 69.6                           | 54.8                  | 77.1   | 66.6                           |
| <b>May</b> | 60.2                  | 79.0   | 73.3                           | 60.2                  | 78.2   | 69.4                           |
| <b>Jun</b> | 65.4                  | 81.8   | 78.2                           | 65.4                  | 80.4   | 73.4                           |
| <b>Jul</b> | 61.7                  | 79.9   | 74.7                           | 61.7                  | 78.9   | 70.7                           |
| <b>Aug</b> | 62.5                  | 80.7   | 75.8                           | 62.5                  | 79.4   | 71.6                           |
| <b>Sep</b> | 56.7                  | 78.7   | 71.7                           | 56.7                  | 78.0   | 68.4                           |
| <b>Oct</b> | 54.6                  | 78.0   | 71.1                           | 54.6                  | 77.5   | 67.4                           |
| <b>Nov</b> | 45.9                  | 75.8   | 64.2                           | 45.9                  | 75.6   | 62.8                           |
| <b>Dec</b> | 45.8                  | 75.2   | 62.8                           | 45.8                  | 75.1   | 62.2                           |

## Risultati delle tecnologie elettriche-solari

**Tabella 3** Risultati medi per ogni tecnologia elettrica e solare destinate al centro di ristorazione e all'ospedale

|   | <b>CENTRO DI RISTORAZIONE</b> |                          |                     |                             | <b>OSPEDALE</b>              |                          |                     |                             |
|---|-------------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
|   | <i>Risparmi di legna [%]</i>  | <i>Consumi el. [kWh]</i> | <i>Risparmi [€]</i> | <i>CO<sub>2</sub> [ton]</i> | <i>Risparmi di legna [%]</i> | <i>Consumi el. [kWh]</i> | <i>Risparmi [€]</i> | <i>CO<sub>2</sub> [ton]</i> |
| <i>Scaldacqua elettrico (Max 75°C)</i>                            | 14.20%                        | 10220                    | -675.90             | -22.18                      | 28.10%                       | 7665                     | -704.8              | -8.57                       |
| <i>PDC con resistenze elettriche (Max 75°C)</i>                   | 14.20%                        | 5375                     | -230.20             | -22.24                      | 28.10%                       | 4258                     | -391.5              | -8.62                       |
| <i>PDC (Max 55°C)</i>   | 10.05%                        | 1963                     | 7.40                | -15.84                      | 18.20%                       | 1712                     | -157.4              | -5.61                       |
| <i>Scaldacqua elettrico con integrazione solare (Max 75-82°C)</i> | 14.60%                        | 5332                     | -218.70             | -22.9                       | 29.55%                       | 3407                     | -313.4              | -9.05                       |
| <i>PDC con integrazione solare (Max 62-78°C)</i>                  | 12.50%                        | 784                      | 161.30              | -19.70                      | 25.55%                       | 479                      | -44.1               | -7.85                       |
| <i>Collettori solari e accumulo (Max 45-65°C)</i>                 | 9.20%                         | 35                       | 168.75              | -14.55                      | 18.10%                       | 36                       | -3.3                | -5.55                       |