



**Politecnico  
di Torino**

**Politecnico di Torino**

Corso di Laurea in Design e Comunicazione Visiva

A.A. 2021/2022

Sessione di Laurea Luglio 2022

# **Uso dell'energia eolica e solare in contesti marginali**

Analisi di casi studio

Relatore:

Walter Franco

Candidata:

Cecilia Ducco

Politecnico di Torino  
Laurea in Design e Comunicazione Visiva  
Dipartimento di Architettura e Design  
A.A. 2021/2022

# **USO DELL'ENERGIA EOLICA E SOLARE IN CONTESTI MARGINALI**

**Analisi di casi studio**

Luglio 2022

**Relatore:** Walter Franco

**Candidata:** Cecilia Ducco

## INDICE

1.0 INTRODUZIONE .....	1
2.0 LE TECNOLOGIE APPROPRIATE .....	2
2.1 Le tecnologie appropriate alle origini .....	3
2.2 Le tecnologie appropriate oggi .....	6
3.0 ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI .....	7
3.1 Energie rinnovabili in contesti marginali .....	7
3.2 Energia eolica .....	8
3.3 Cenni storici sulle macchine eoliche .....	9
3.4 Energia solare.....	10
3.5 Funzionamento di un pannello fotovoltaico .....	11
3.6 Funzionamento di un pannello solare termico .....	13
4.0 CASI STUDIO .....	15
4.1 Energia Eolica .....	15
Eoliana .....	16
Mulino cretese per irrigare .....	22
Mulino a vento con vite di Archimede.....	27
Mulino a vento persiano .....	32
Turbina eolica Savonius .....	38
Segheria eolica .....	44
4.2 Energia Solare .....	48
Pompa solare Sunflower (SF1) .....	49
Irrigazione solare nelle Ande .....	54
Riscaldatore d'acqua solare .....	60
Disinfezione solare (SODIS) .....	66
Distillatore solare semplice .....	69
Desalinatore e purificatore d'acqua solare .....	73
Eliodomestico .....	79

Essiccatore solare diretto .....	86
Essiccatore solare indiretto a convezione naturale .....	90
Essiccatore solare a tunnel Hohenheim .....	95
Essiccatore solare a tunnel Bubble.....	102
Cookit .....	108
Box Cooker .....	115
Frigorifero solare con tecnologia SolarChill.....	120
<b>5.0 CONCLUSIONI .....</b>	<b>126</b>
<b>RINGRAZIAMENTI .....</b>	<b>127</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>128</b>
<b>SITOGRAFIA .....</b>	<b>133</b>
<b>VIDEO .....</b>	<b>135</b>

## 1.0 INTRODUZIONE

Questa Tesi di Laurea, attraverso lo studio e l'analisi di casi reali, si propone di indagare le possibili applicazioni e potenzialità dell'impiego di energia eolica e solare in contesti marginali.

Il termine "marginale" implica una qualche sorta di isolamento o lontananza rispetto a tutto il resto, la marginalità di un determinato contesto può essere dovuta a ragioni geografiche, regioni isolate o difficili, ma spesso è anche un isolamento rispetto ai servizi e alle reti di distribuzione di acqua ed energia elettrica. In questi contesti l'energia eolica e solare, disponibile gratuitamente e ovunque, ha grandi potenzialità di impatto positivo sullo sviluppo tecnologico del luogo.

La maggior parte dei casi studio proposti si riferisce a contesti di Paesi in Via di Sviluppo, in cui le popolazioni si trovano ad affrontare diverse problematiche, dalla scarsità d'acqua potabile e sicura che influisce su condizioni sanitarie, igiene e alimentazione alla carenza di risorse che costringe donne e bambini a lunghi viaggi alla ricerca di acqua e legname. In questi contesti l'approccio delle tecnologie appropriate ha avuto e ha tuttora un ruolo importante e decisivo nella vita delle comunità, rispondendo ai bisogni locali con tecnologie semplici, accessibili e commisurate alle conoscenze locali.

I casi studio proposti forniscono un esempio di diverse applicazioni possibili di questi due tipi di energia nello sviluppo di soluzioni tecniche utili e funzionali alla risoluzione di problemi pratici in determinati contesti. Nei casi studio scelti l'energia eolica e solare è impiegata per mettere in moto processi o meccanismi utili ad attività umane diverse dalla sola produzione di energia elettrica, quali: pompaggio dell'acqua da pozzi e bacini di raccolta, irrigazione, essiccazione, purificazione dell'acqua e sistemi di refrigerazione.

## 2.0 LE TECNOLOGIE APPROPRIATE

Con il termine Tecnologia Appropriata si indica una soluzione tecnologica in piccola scala, abbastanza semplice da essere gestita direttamente a livello locale, e ambientalmente ed economicamente sostenibile, che risponda ai bisogni di una determinata comunità nel suo contesto territoriale e culturale.



*Donne che trasportano sulla testa taniche di acqua ai loro villaggi.*

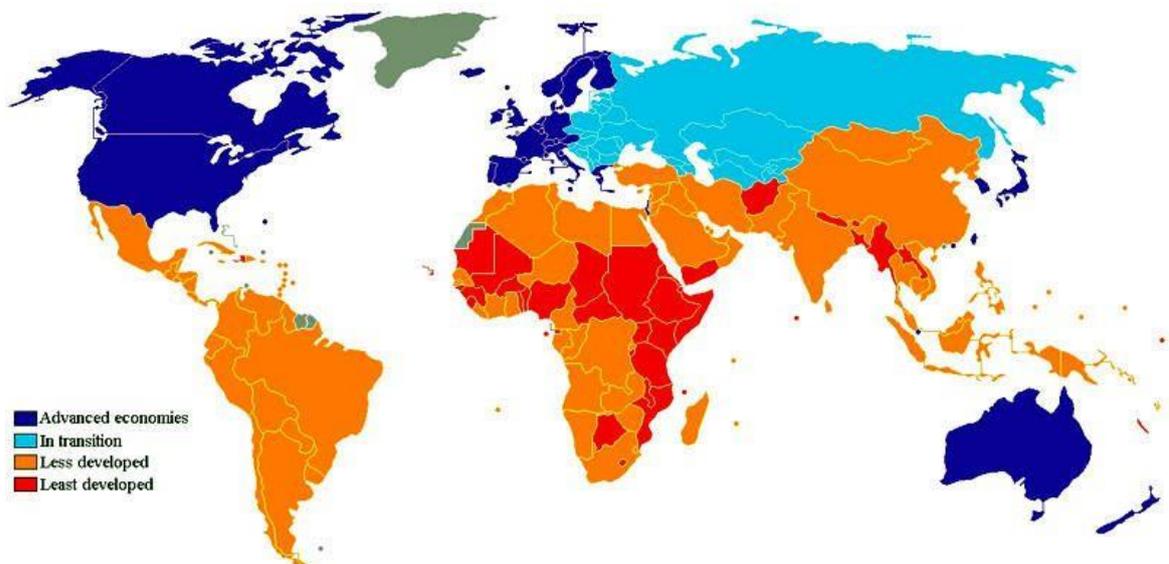


*Hippo Roller, tanica per l'acqua di forma cilindrica con manico che viene fatta rotolare invece che trasportata a mano.*

## 2.1 Le tecnologie appropriate alle origini

Il movimento delle Tecnologie Appropriate è nato negli anni '60 del Novecento, in un periodo in cui alcuni esperti iniziarono a interrogarsi riguardo al consistente trasferimento tecnologico che avveniva dall'occidente verso i Paesi in Via di Sviluppo (*Mitchell R. J., a cura di, 1980*).

Le tecnologie a intensità di capitale sono sicuramente vincenti nei paesi Occidentali e negli Stati Uniti ma nei Paesi Sottosviluppati spesso portano più problemi che benefici effettivi. I sistemi di produzione di larga scala e ad alta intensità di capitale su modello occidentale trapiantati nei Paesi del Terzo Mondo non risultano efficaci in quanto si tratta di tecnologie completamente estranee al contesto e al livello di sviluppo della società, hanno costi fuori scala rispetto all'economia di questi Paesi e necessitano di infrastrutture e personale specializzato (*Jéquier N., 1976*). Il risultato è un divario sempre più ampio tra le nicchie di sviluppo che si creano nei grandi centri metropolitani, dove vive una piccola parte della popolazione, e le vaste aree rurali dove l'80% della popolazione vive in povertà.

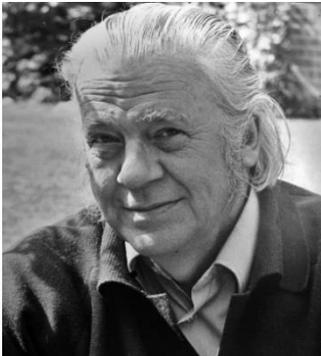


*Mappa della distribuzione dello sviluppo a livello globale.*

L'approccio delle tecnologie appropriate cerca di impiegare tecnologie semplici, non punta alla crescita economica calcolata in capitale ma a creare un'economia localmente sostenibile creando lavoro e ponendo

attenzione alle necessità e specificità del luogo e delle persone che lo abitano (P.D. Dunn, 1978).

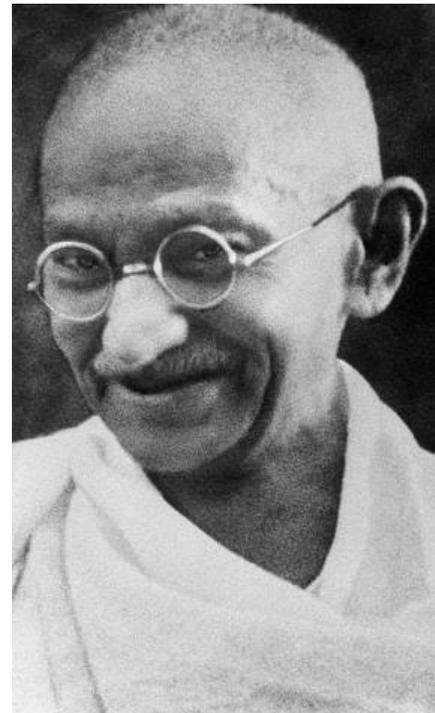
Il termine Tecnologia Intermedia fu per la prima volta introdotto da E. F. Schumacher nel libro *"Piccolo è bello. Uno studio di economia come se la gente contasse qualcosa"*, in cui teorizza il metodo delle Tecnologie Appropriate. Parlando di Tecnologie Intermedie E. F. Schumacher fa riferimento a una tecnologia a metà strada tra le tecnologie occidentali sofisticate e avanzate e tecnologie tradizionali a basso costo dei Paesi in via di Sviluppo. Immagina una tecnologia commisurata al sapere, ai bisogni e al livello di sviluppo della comunità. [E. F. Schumacher, 1973]



*"... dobbiamo imparare a riconoscere i confini della povertà. Un Progetto che non si adatta, dal punto di vista educativo e organizzativo, all'ambiente, sarà un fallimento economico e causa di discontinuità."*

(E. F. Schumacher, 1973)

L'origine dell'idea alla base delle tecnologie appropriate viene attribuita a Mahatma Gandhi che già nel 1930 sosteneva tecnologie locali in piccola scala gestite dalle comunità dei villaggi in India perché si rendessero autosufficienti. Gandhi infatti disapprovava le tecnologie ad alta intensità di capitale che portavano benefici a una piccola élite a discapito della maggior parte della popolazione. Per questo fondò due associazioni che focalizzarono i loro sforzi su tecnologie di piccola scala per i villaggi, molto simili alle soluzioni e agli approcci che avrà il movimento delle tecnologie appropriate fondato da E. F. Schumacher.



Il metodo delle Tecnologie Appropriate proposto da Schumacher cerca di riconoscere il potenziale di una particolare comunità e di aiutarla a svilupparsi in maniera graduale. Questo sviluppo si basa sulle risorse locali e ha l'obiettivo di aumentare progressivamente le conoscenze e le capacità tecniche della comunità. Al centro dello sviluppo di una tecnologia appropriata c'è l'uomo, i suoi bisogni e le sue capacità; l'obiettivo delle Tecnologie Appropriate è quello di contribuire al miglioramento della qualità della vita, facilitare attività quotidiane e rispondere ai bisogni della comunità, contribuendo al suo sviluppo. (P.D. Dunn, 1978).



*Macchina manuale per sgusciare noci*



*Lifestraw, un sistema di filtraggio dell'acqua.*



*Frigorifero in terracotta che sfrutta sabbia acqua ed evaporazione per tenere gli alimenti al fresco (MITD-Lab)*

A partire dal pensiero sviluppato da Schumacher è nato nel 1965 l'I.T.D.G. (Intermediate Technology Development Group), un gruppo di ricerca e sviluppo sul tema delle tecnologie appropriate che fornisce assistenza tecnica e dati su tecnologie semplici e low-cost in diversi

Paesi in Via di Sviluppo. A seguire sono nati molti altri centri e organizzazioni di questo tipo in Europa e America e nei Paesi in Via di Sviluppo.

Alcuni importanti punti della metodologia delle tecnologie appropriate sono:

- Impiego di materiali e mano d'opera locale.
- Gestione diretta della tecnologia da parte della comunità locale.
- Essere ambientalmente sostenibile.
- Favorire l'economia locale e creare lavoro.

## **2.2 Le tecnologie appropriate oggi**

Il movimento nato nel 1965 ha subito una fase di declino, tuttavia oggi più che mai c'è un grande interesse nell'esplorare le possibilità che le energie rinnovabili offrono e il campo delle tecnologie appropriate in questo apre molteplici opportunità per trovare soluzioni pratiche e a basso costo per le popolazioni isolate o povere che vivono in aree geografiche con peculiarità particolari e offre l'occasione per sperimentare.

Oggi c'è un ritrovato interesse per la tecnologia che guarda alla semplicità del passato e alle tecniche tradizionali, c'è in atto un processo di riscoperta di alcune pratiche artigianali e antiche che sta riportando all'utilizzo di macchine e mezzi di un tempo. Può essere interessante capire come la conoscenza tecnologica moderna possa andare a modificare e migliorare alcune macchine antiche rendendole contemporanee con possibili applicazioni in contesti specifici.

### 3.0 ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI

Le fonti di energia rinnovabile sono fonti energetiche che non arrivano ad esaurimento perché vengono rigenerate continuamente dalla natura in tempi relazionabili all'uomo. A differenza dei combustibili fossili, come carbone, petrolio e gas naturale, che per produrre energia devono subire un processo di combustione, le fonti rinnovabili non producono sostanze inquinanti di scarto.



#### 3.1 Energie rinnovabili in contesti marginali

Nelle zone più remote del pianeta non c'è collegamento a reti elettriche o acquedotti e spesso anche le infrastrutture di collegamento sono scarse e difficili da percorrere, sicché l'energia elettrica come la conosciamo noi è impossibile da portare. In contesti di marginalità alcune attività che noi compiamo grazie alla corrente elettrica vengono svolte manualmente o in alcuni casi con delle macchine a motore alimentate con combustibili fossili. Tuttavia anche il carburante non è facilmente reperibile, spesso per procurarselo occorre percorrere lunghe distanze ed è molto costoso e inquinante per l'ambiente.

Ciò che in nessuna parte del pianeta manca sono le risorse naturali, in particolare la luce del sole e il vento. In contesti di marginalità rispetto alla società moderna le fonti di energia rinnovabile sono una risorsa preziosa con un grande potenziale nel miglioramento della vita delle comunità. Garantiscono autonomia anche in località isolate, perché sono presenti ovunque, e sono completamente gratuite. Grazie alle fonti naturali di energia è possibile pensare e costruire una serie di semplici tecnologie che risolvono problemi legati alla quotidianità come la disponibilità di acqua e l'alimentazione migliorando la qualità della vita. L'energia del sole è versatile e permette di intervenire su tematiche diverse, dall'approvvigionamento d'acqua alla conservazione del cibo e la disponibilità di acqua calda per l'igiene.

### 3.2 Energia eolica

L'energia eolica è l'energia del vento. È l'energia cinetica che si origina dal movimento dell'aria tra zone di alta pressione atmosferica e zone di bassa pressione atmosferica vicino alla superficie terrestre.

L'energia cinetica del vento può essere trasformata in energia elettrica oppure in energia meccanica grazie a turbine e mulini a vento. Oppure può essere utilizzata in modo diretto, come avviene con barche a vela, windsurf o la vela di un paracadute, per spingere e mettere in movimento un mezzo. Come altre fonti di energia rinnovabile ha il vantaggio di essere completamente gratuita inesauribile e non inquinante.



*Turbine eoliche.*



*Mulino a vento olandese.*

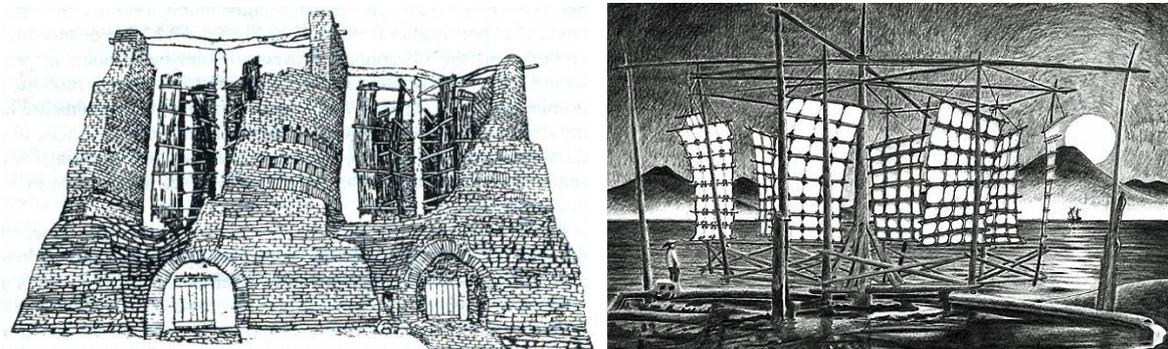


*Barca a vela.*

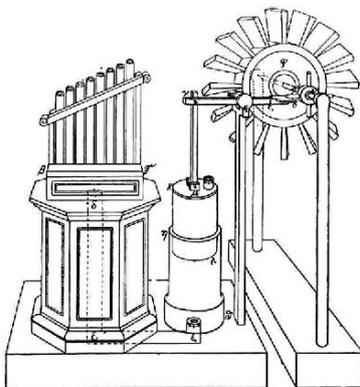
Il vento rappresenta una fonte di energia mediamente stabile considerata su un lungo tempo, di anno in anno la quantità e l'intensità media di vento in un determinato luogo rimangono simili, nel breve periodo può subire variazioni significative di intensità e non sempre la sua presenza è costante. I Mulini a vento e le turbine per catturare l'energia cinetica del vento hanno bisogno di spazi ampi e liberi dove non ci siano barriere che smorzano o deviano il vento.

### 3.3 Cenni storici sulle macchine eoliche

L'energia del vento è stata sfruttata sin dai tempi antichi soprattutto per la navigazione e il trasporto di merci via mare, basti pensare alle imbarcazioni etrusche e romane e ai velieri. Intorno al 700-900 D.C. compaiono in Oriente, nell'area tra l'attuale Afghanistan e Iran, le prime macchine che permettevano di sfruttare l'energia eolica per attività come la macinatura e il sollevamento d'acqua. Da lì i mulini a venti si diffusero prima in Asia, in Cina e India, e solo successivamente verso l'Europa. (*History of Windmills, www.historyofwindmills.com*)



*Antichi mulini Persiani (a sinistra), Antico mulino Cinese (a destra).*



Il primissimo modello di macchina eolica conosciuto risale al primo secolo e fu inventata da Erone di Alessandria che creò il prototipo di una piccola macchina eolica, la "Ruota del Vento", per alimentare uno strumento musicale meccanico e farlo suonare. La macchina era pensata per catturare il vento facendolo

passare attraverso dei tubi, e ottenendo così dei suoni. (K. Martin, 2 Ottobre 2019)

Nel tempo le macchine si sono evolute, hanno assunto nuove forme, aumentato la loro efficienza e trovato nuove applicazioni per l'energia eolica. Oggi in occidente si parla di energia eolica soprattutto in relazione alla produzione di energia elettrica, energia chiamata "pulita" perché derivata dal vento e prodotta nelle fattorie del vento, wind farm, diffuse ormai in tutto il Mondo e costruite sia sulla terraferma che sul mare al largo della costa, wind farm off-shore.



*Wind farm.*



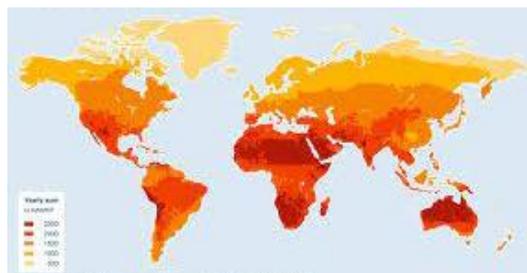
*Wind farm off-shore.*

Per quanto riguarda questa ricerca sono particolarmente interessanti le applicazioni che utilizzano l'energia eolica trasformandola in energia meccanica e impiegandola per mettere in funzione sistemi di pompaggio dell'acqua, irrigazione o altre applicazioni, diverse dalla sola generazione di energia elettrica.

### 3.4 Energia solare

L'energia solare è la fonte primaria di energia sul nostro Pianeta, è la forma di energia usata da tutti gli organismi vegetali per compiere il processo di fotosintesi. Da essa derivano molte delle altre forme di energia, quella eolica, le biomasse, l'energia idroelettrica e anche i combustibili fossili.

All'origine dell'energia solare c'è la radiazione solare cioè le onde elettromagnetiche emesse dal sole che viaggiano nello spazio fino a raggiungere la Terra scaldandola.



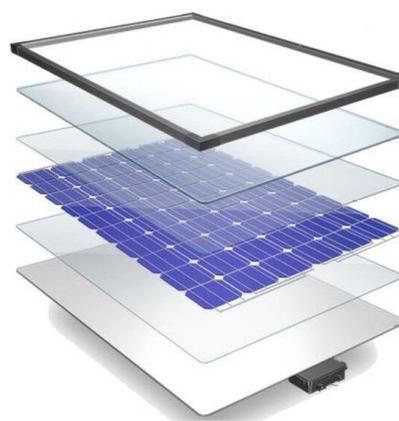
*Irradiazione solare globale.*

La radiazione solare colpisce tutta la superficie terrestre, tuttavia la sua intensità varia a seconda delle latitudini, delle stagioni e delle condizioni meteorologiche. Le zone della fascia equatoriale e tropicale hanno un livello di radiazione solare molto alto e stabile nell'arco dell'anno; in questi luoghi in particolare l'utilizzo di energia solare ha grosse potenzialità.

La quantità di energia solare che colpisce il suolo terrestre è enorme, pari a diecimila volte l'energia totale usata dall'umanità, tuttavia è molto diffusa e occorre avere a disposizione grandi superfici per poterne ricavare quantità utili di energia elettrica. Può essere però anche usata per processi diversi dall'ottenimento diretto di energia elettrica, per esempio per azionare sistemi di sollevamento dell'acqua o per azionare processi di purificazione dell'acqua su piccola scala, per cuocere gli alimenti, per alimentare sistemi di refrigerazione.

La radiazione solare può essere usata direttamente a scopi energetici per produrre energia elettrica oppure energia termica, cioè calore, come nel caso di sistemi di cottura solare o riscaldamento dell'acqua. I due dispositivi principali presenti in molti sistemi che funzionano grazie all'energia del sole sono: il pannello fotovoltaico e il pannello solare termico.

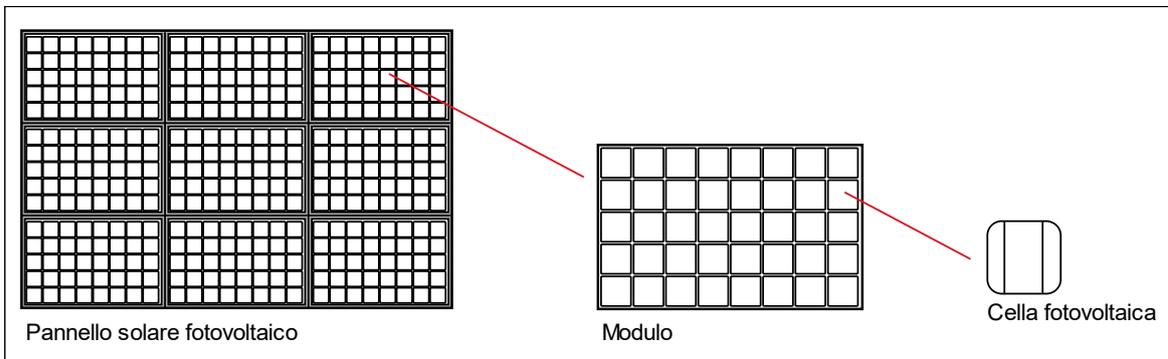
### 3.5 Funzionamento di un pannello fotovoltaico



*Pannelli solari fotovoltaici per produzione di energia elettrica.*

Il Pannello solare fotovoltaico permette di trasformare la radiazione solare in energia elettrica. Un pannello fotovoltaico è composto da un insieme di unità più piccole chiamati moduli; il modulo a sua volta è

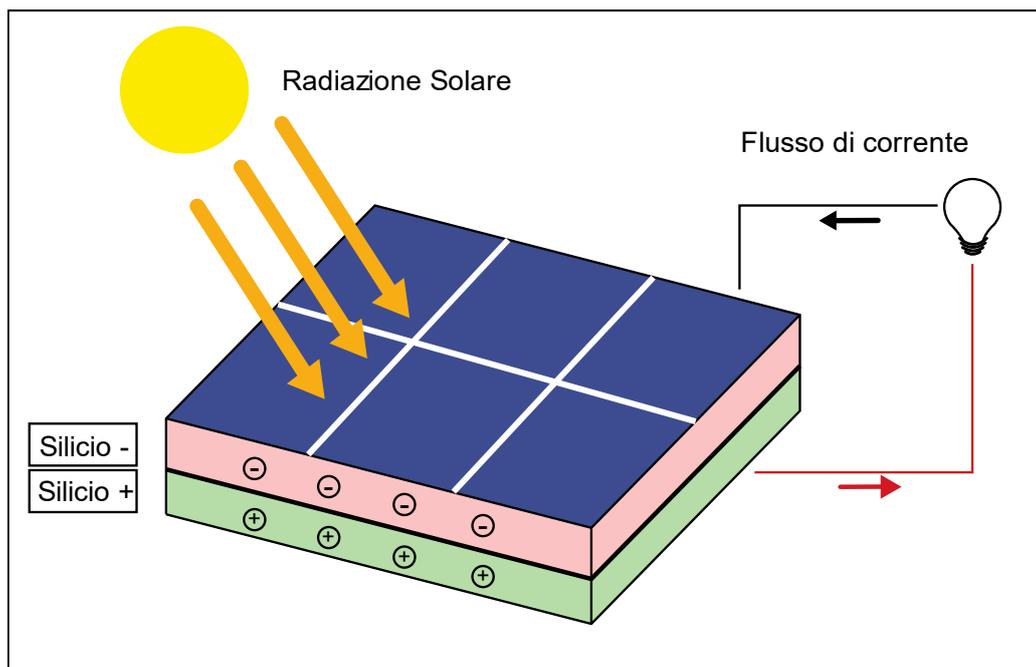
costituito da una serie di celle fotovoltaiche che sono le responsabili dell'assorbimento della radiazione solare e la sua trasformazione in energia elettrica. (Derrick A., Francis C. e Bokaldes V.)



*Pannello, modulo e cella fotovoltaica.*

Ogni cella è composta da due strati sottili di silicio, un materiale semiconduttore appartenente alla famiglia dei semimetalli usato in microelettronica.

Quando i fotoni, cioè le particelle di luce della radiazione solare, colpiscono il pannello trasferiscono la loro energia agli elettroni liberi presenti nel silicio delle celle fotovoltaiche; gli elettroni acquisendo energia si agitano generando un flusso di corrente elettrica. La corrente elettrica prodotta è una corrente a flusso continuo cioè con un flusso di carica elettrica di direzione costante nel tempo. (Newell T., 2003)



*Funzionamento del pannello solare fotovoltaico.*

Perché si generi un flusso di corrente, la cella fotovoltaica deve stabilire un campo elettrico, cioè devono essere presenti al suo interno due poli opposti, uno positivo e uno negativo. Queste due cariche si ottengono nel processo produttivo aggiungendo ai due strati di silicio atomi di altri elementi. Nello strato superiore vengono aggiunti atomi di fosforo per ottenere una carica negativa, nello strato inferiore vengono aggiunti atomi di boro per ottenere una carica positiva. Questo processo prende il nome di “drogaggio del silicio”.

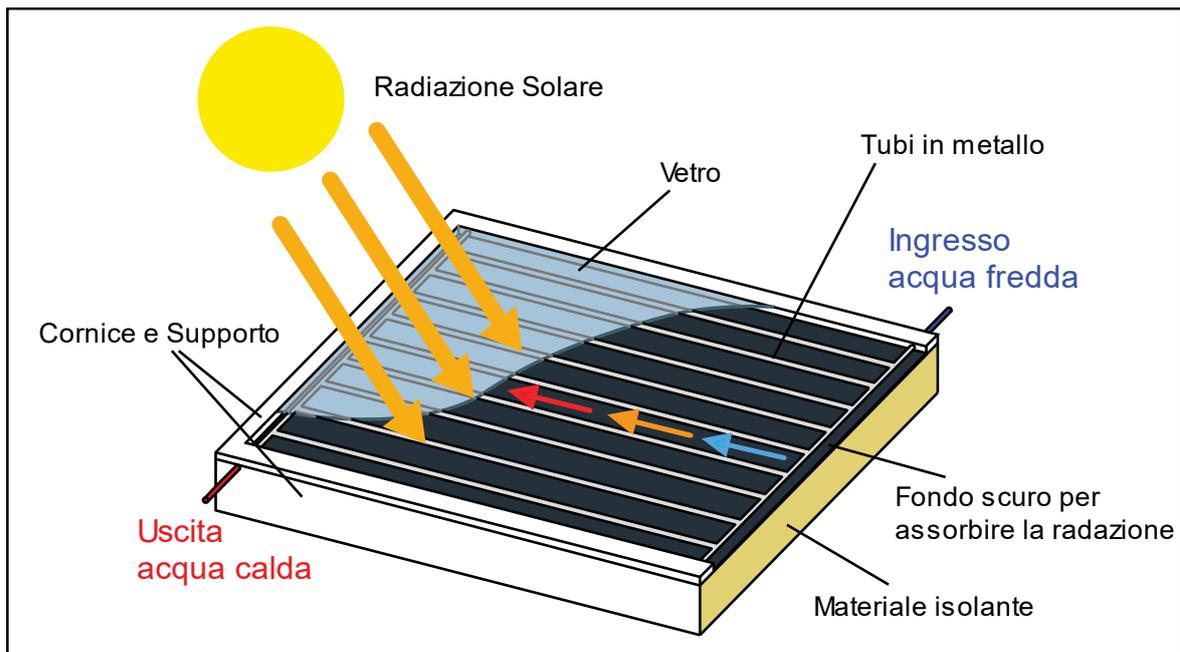
### 3.6 Funzionamento di un pannello solare termico



*Pannelli solari termici per trasformare la radiazione solare in calore.*

Il Pannello solare termico o collettore solare è un dispositivo che permette di trasformare la radiazione solare in energia termica, spesso sono utilizzati con lo scopo di riscaldare l'acqua, tuttavia esistono anche dei collettori solari che riscaldano solo l'aria come quelli utilizzati in alcuni modelli di essiccatore o cucina solare.

La versione più comune consiste in una scatola metallica con una copertura trasparente, all'interno si trovano sul fondo uno strato di materiale isolante coperto da uno strato nero che ha la funzione di assorbitore. Tra lo strato nero e la copertura trasparente passa un tubo di materiale conduttore, rame, disposto a serpentina con una via di ingresso e una di uscita dal pannello. (Newell T., 2003)



*Funzionamento del pannello solare termico.*

La radiazione solare passa attraverso lo strato trasparente e colpisce il fondo nero che assorbe la radiazione e la restituisce sotto forma di calore. L'energia termica che si crea viene intrappolata all'interno del collettore e scalda i tubi in rame all'interno dei quali passa l'acqua in questo modo il calore viene trasmesso all'acqua per riscaldarla.

Nel caso di collettori usati per riscaldare l'aria non è presente la serpentina di tubi, l'aria passa direttamente attraverso il collettore dove si scalda, scaldandosi va verso l'alto passando al secondo ambiente che nel caso degli essiccatori è la camera di essiccazione.

## **4.0 CASI STUDIO**

### **4.1 Energia Eolica**

## EOLIANA

**Ente/Progettista:** LVIA

**Anno:** 1980

**Costo:** 1000 €



*Un' Eoliana, pompa eolica per l'approvvigionamento d'acqua, installata in un villaggio africano*

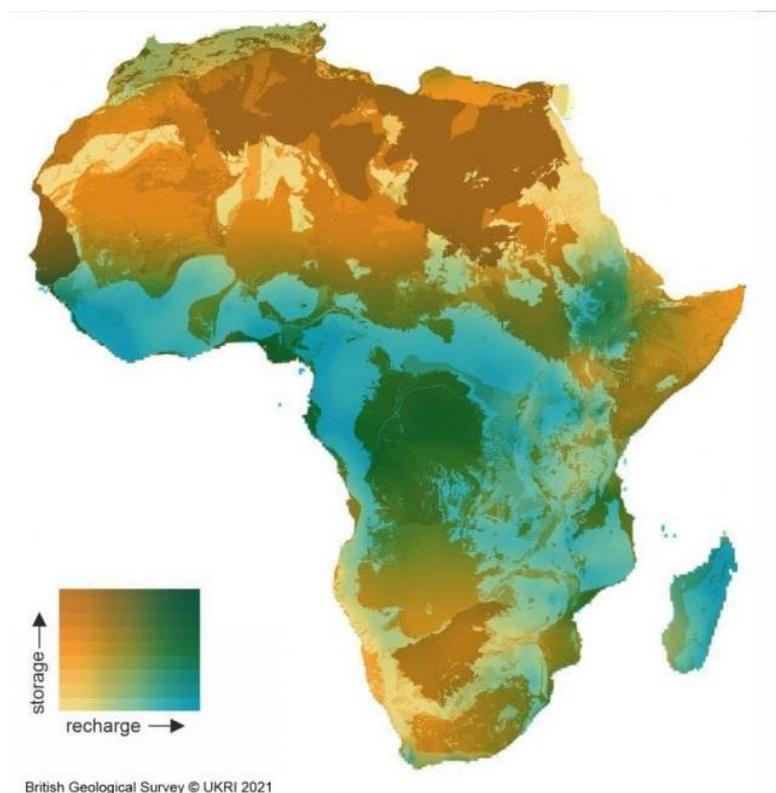
## Analisi di contesto

In Africa Subsahariana, nell'area del Sahel in particolare, solo una piccola parte della popolazione, il 27%, ha accesso ad una fonte d'acqua in prossimità dei luoghi abitati, per questo molte donne in Africa devono percorrere lunghe distanze ogni giorno per procurarsi l'acqua, impiegando gran parte della giornata in questa attività.

L'acqua non serve solo per bere ma è necessaria per l'igiene, per coltivare, per cucinare e per lo sviluppo; la sua mancanza ha effetti sulla popolazione dovuti a malnutrizione e facilità nel diffondersi di malattie derivate dalla scarsa igiene o dall'utilizzo di risorse d'acqua contaminata e sporca che diventa veicolo di batteri.



L'Africa benché sia il continente dove l'accesso all'acqua è più problematico, ha in realtà una grande disponibilità di risorse idriche nel sottosuolo, ricco di falde acquifere. Il vero problema in Africa non è trovare l'acqua ma riuscire ad arrivarci, per poterne usufruire occorre scavare dei pozzi abbastanza profondi e avere dei sistemi di pompaggio dell'acqua.



*Distribuzione delle riserve d'acqua e del ricarica delle riserve nell'arco dell'anno.*



LVIA a partire dagli anni '70 ha lavorato per garantire l'accesso all'acqua. Le prime eoliane sono state installate in Senegal poi successivamente in tutta l'area del Sahel, le eoliane hanno caratterizzato gli interventi di LVIA negli anni '80 e '90, con l'installazione di duecentottanta Eoliane in diversi Paesi Africani.

## Descrizione

L'Eoliana è una pompa eolica per il sollevamento dell'acqua dai pozzi, è adatta ad un vento di bassa media intensità, infatti funziona bene anche quando l'intensità del vento è minima, garantendo un funzionamento costante e un approvvigionamento d'acqua continuo.

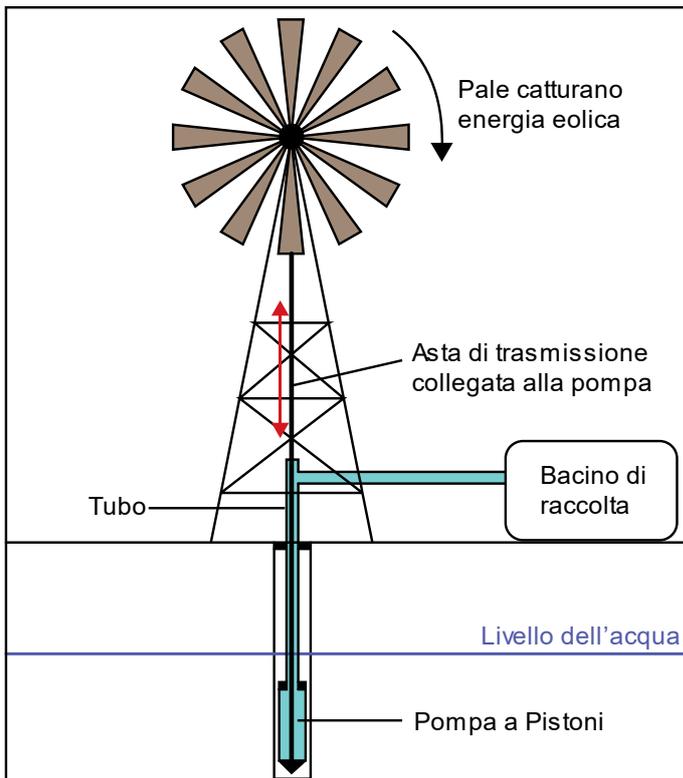
## Costruzione e Materiali

L'eoliana è costituita da un traliccio sulla cui sommità è installato un rotore ad asse orizzontale che supporta una ruota di pale, in presenza di vento la ruota inizia a girare permettendo il sollevamento dell'acqua dal pozzo. Le pale sono leggermente incurvate per catturare meglio il vento e la ruota si orienta nella direzione del vento grazie ad una coda, in questo modo è il più efficiente possibile.

Il traliccio può essere di diversi materiali e altezze a seconda del luogo in cui viene installato, è importante che intorno all'eoliana lo spazio sia libero e che il rotore si trovi ad un'altezza superiore rispetto a possibili barriere che schermino il vento. Le pale possono essere realizzate in metallo oppure plastica a seconda della disponibilità così come la coda.

Alla ruota sono collegati una serie di ingranaggi che trasformano l'energia eolica in moto meccanico utile al funzionamento della pompa. In particolare, il moto rotativo continuativo unidirezionale viene trasformato in moto lineare continuativo unidirezionale e attraverso un'asta verticale viene trasmesso alla pompa a pistone, permettendo il sollevamento dell'acqua dal pozzo.

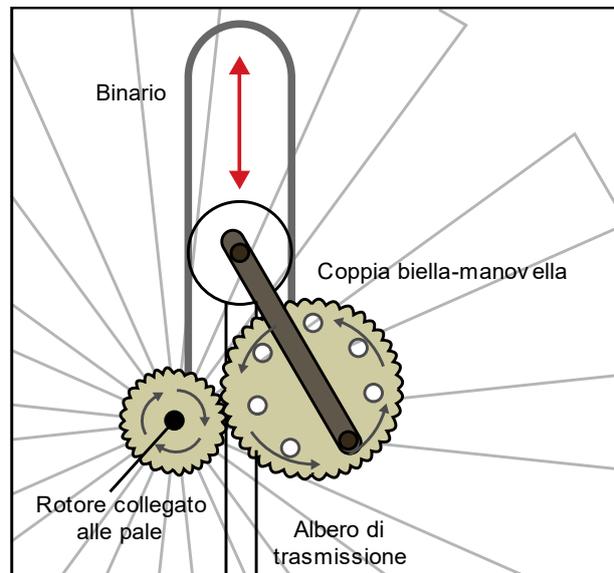
## Principio di funzionamento



*Schema di un'Eoliana.*

Il funzionamento di un'eoliana ha inizio con la spinta del vento che aziona la ruota con le pale collegata al rotore, grazie alla spinta del vento si ha un moto rotatorio. Il rotore è collegato a una serie di ingranaggi che permettono di trasformare il moto rotativo continuativo unidirezionale in moto lineare continuativo unidirezionale lungo un asse verticale, l'albero di trasmissione, direttamente collegato alla pompa.

All'estremità del rotore c'è una ruota dentata che aziona una seconda ruota dentata a cui è collegata una coppia biella-manovella. La biella è da un lato collegata alla ruota all'altra estremità invece ad una ruota guida montata su binari che permettono di scorrere in su e in giù con il movimento della biella. La coppia biella-manovella trasforma il moto da rotatorio a lineare.

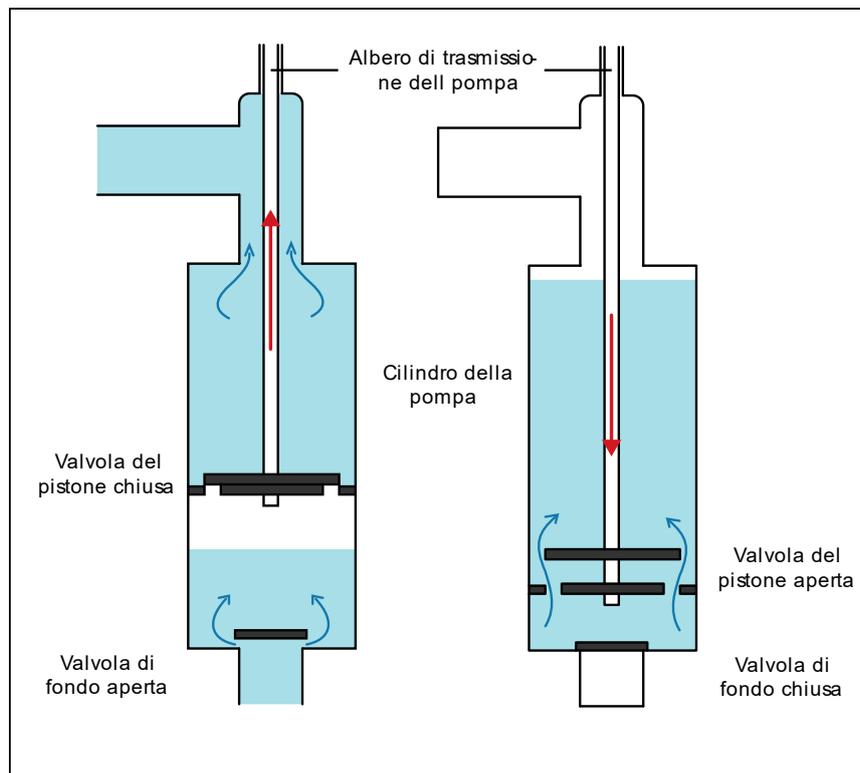


*Meccanismi di trasformazione.*

La ruota guida è connessa a un tubo che scende verticalmente fino al livello dell'acqua dove si trova la pompa.

## Funzionamento della pompa a pistoncini

La pompa a pistoncini ha una forma cilindrica ed è composta dal cilindro esterno, dallo stantuffo e da due valvole di non ritorno ai due estremi del cilindro. L'albero di trasmissione del mulino è collegato allo stantuffo della pompa che si trova all'interno di un cilindro. Quando l'albero si solleva, l'acqua viene aspirata dentro il cilindro della pompa attraverso la valvola di non ritorno che permette al flusso di circolare in un solo verso. con il movimento verso il basso l'acqua passa attraverso la valvola dello stantuffo e viene sollevata nel condotto quando lo stantuffo si muove nuovamente verso l'alto, fino a fare arrivare l'acqua in superficie. Per funzionare la pompa deve essere immersa nell'acqua. (Fraenkel P.L., 1986)



*Schema di funzionamento di una pompa a pistoncini.*

## Dati tecnici

Altezza del traliccio variabile a seconda delle caratteristiche del luogo in cui viene installata

Profondità di pescaggio dell'acqua fino a 70 metri.

## Benefici

Grazie all'installazione delle Eoliane in diversi villaggi la popolazione ha accesso all'acqua grazie alla quale sono migliorate le condizioni igienico sanitarie e la salute degli abitanti. Inoltre la disponibilità di una fonte vicina permette alle donne di dedicare la giornata ad attività produttive a sostegno della comunità contribuendo al miglioramento della vita.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia. (LVIA, [www.lvia.it](http://www.lvia.it)), (*History of Windmills*, [www.historyofwindmills.com](http://www.historyofwindmills.com)), (Fraenkel P.L., 1986), ("Windpump Mechanism Part 1", 2021), ("Windpump mechanism Part 2", 2021).

## MULINO A VENTO A VELA CRETESE

**Ente/Progettista:** Gambia Christian Council

**Anno:** 1977

**Costo:** 1000 \$



*Molino a vento di tipo cretese per il pompaggio di acqua e l'irrigazione.*

## Analisi di contesto



In Gambia la stagione delle piogge inizia a metà luglio e finisce a metà ottobre, nei nove mesi di stagione secca non è possibile coltivare e senza la possibilità di irrigare i campi. Negli anni tra il 1968 e il 1977, la quantità di pioggia caduta durante l'arco dell'anno è diminuita considerevolmente causando scarsità di provviste di cibo nelle case. Per questo sono stati attivati alcuni progetti in piccola scala in alcuni villaggi per migliorare l'agricoltura locale.

Solleverare l'acqua meccanicamente permette di sfruttare le risorse idriche del sottosuolo e poter irrigare le coltivazioni anche nella stagione secca, da questo è nato il progetto di un mulino a vele cretesi per il sollevamento dell'acqua, semplice da costruire, realizzato da manodopera locale e con materiali reperibili in loco. Il progetto si basa sul Omo Windmill costruito in Etiopia e illustrato in *Food from Windmills* (Fraenkel P. L., 1975).

Le aree in cui vengono coltivate verdure nella stagione secca hanno riserva d'acqua nel sottosuolo a una profondità medio-bassa, tra i quattro e gli otto metri. In queste regioni sono stati costruiti alcuni mulini a vento per il funzionamento di pompe a pistone.

## Descrizione

Il mulino riprende il modello dei mulini cretesi impiegati per l'irrigazione dei campi in Grecia. Si tratta di un mulino a vento ad asse orizzontale con vele in tessuto, adatto a operare in condizioni di vento lieve, collegato a una pompa a pistoni per sollevare l'acqua e irrigare i campi. Questo modello di mulino è largamente diffuso anche in Cina e Thailandia (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 1976).



Mulini a vento, Creta.

A seguito della costruzione dei primi mulini di questo tipo è stato realizzato un manuale che permette di avere tutte le informazioni per poter costruire il mulino dove necessario con costi esigui, mano d'opera locale e materiali facilmente reperibili.

Questo tipo di mulino a vento è adatto ad operare in zone dove la velocità del vento è mediamente bassa, tra le 5-10 miglia all'ora; i primi mulini sono stati realizzati in Gambia per sollevare l'acqua da pozzi profondi circa 5 metri.

## Materiali e Costruzione

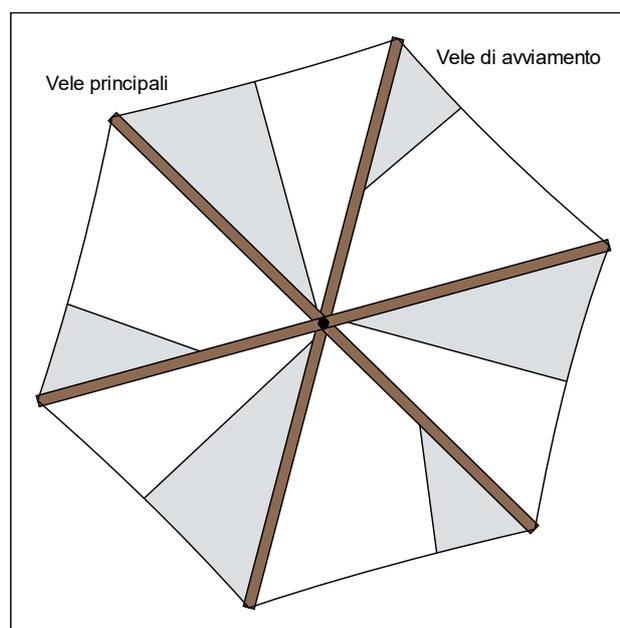
La torre, che supporta la ruota con le vele e la coda, è realizzata in metallo; può essere costruita anche in legno ma risulta meno resistente in caso di vento forte.

Il gruppo coda è formato da un braccio e dalla coda. La coda in sé è realizzata in materiali molto leggeri in modo da non sbilanciare il rotore e permettere l'utilizzo di un braccio il più lungo possibile.

La ruota del mulino è costituita da sei bracci, che formano i raggi, su cui vengono montate le vele. I bracci sono realizzabili in legno o metallo.

Il Mulino può montare fino a sei vele di forma triangolare, la configurazione ottimale si ha montando tre vele principali e tre vele di avviamento montate in maniera alternata sui sei bracci della ruota.

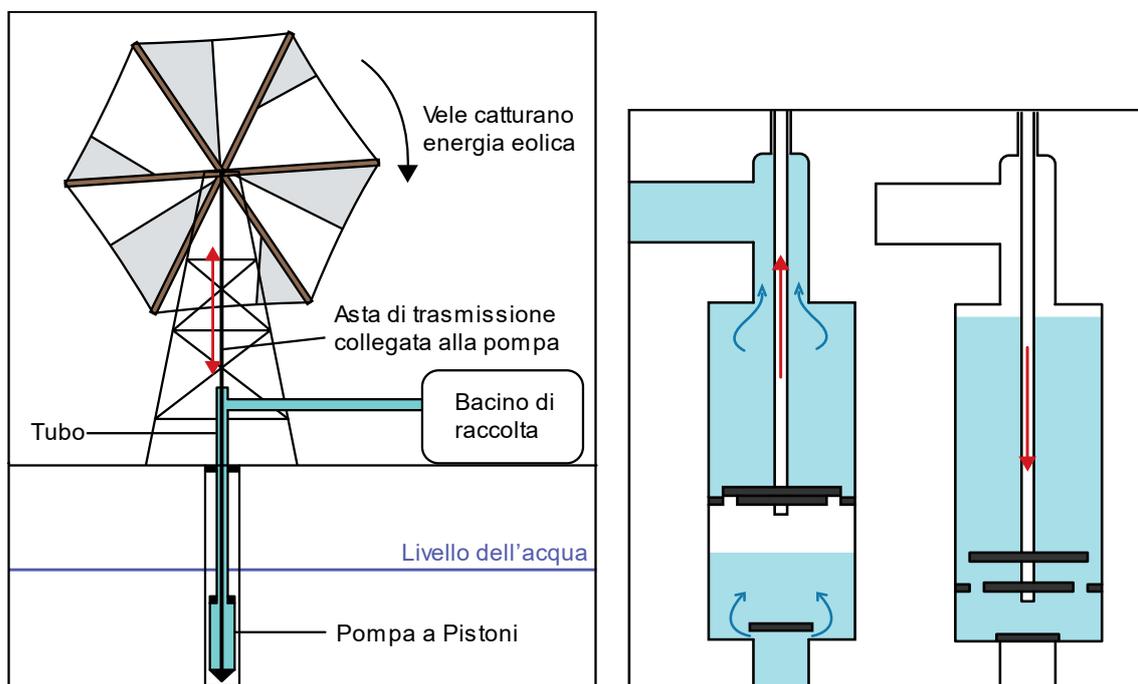
Le vele principali sono realizzate con una tela per impieghi pesanti molto resistente per resistere alla pressione esercitata dal vento. Le vele di avviamento sono in una tela leggera di cotone e sono di dimensioni minori rispetto alle principali. Le vele sono fissate alla struttura tramite corde che le mantengono in posizione.



Il pompaggio dell'acqua avviene grazie a una pompa a pistone collegata al rotore tramite l'albero di trasmissione.

## Principio di funzionamento

Grazie all'energia eolica del vento la ruota gira generando energia meccanica che viene trasformata attraverso un meccanismo biella-manovella e trasmessa alla pompa tramite l'albero verticale di trasmissione in questo modo la pompa a pistone per il sollevamento dell'acqua entra in funzione.



Schema di una pompa eolica e della pompa a pistone.

## Dati tecnici

Profondità dell'acqua: 4-8 m.

Diametro: 5 m con 6 bracci.

Vele: da 2 a 6.

Sistema di pompaggio: pompa a pistoni di 7 cm di diametro.

## Benefici

Permette di meccanizzare il sollevamento dell'acqua che prima veniva sollevata a mano in questo modo è possibile sollevare più acqua con minore fatica e risulta più semplice irrigare il terreno coltivato per la

sussistenza delle famiglie del villaggio nella stagione secca. La presenza di acqua facilmente accessibile favorisce lo sviluppo sociale ed economico del villaggio e permette alla comunità di irrigare i campi nella stagione secca e avere raccolti migliori e più abbondanti che garantiscano l'autosussistenza, nonostante i cambiamenti climatici e la sempre maggiore scarsità di piogge.

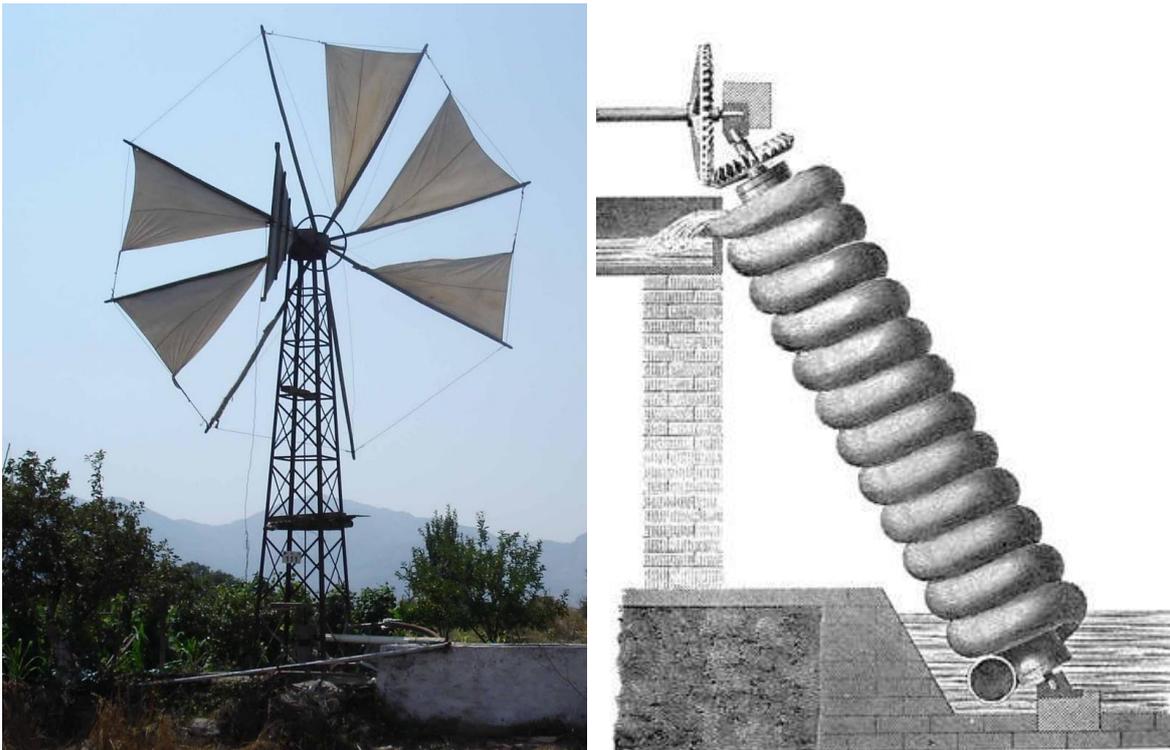
Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia. (*Fraenkel P. L., 1975*), (*Mann R. D., 1977*), (*Van De Ven N., 1977*), (*"Windpump Mechanism Part 1", 2021*).

## MULINO A VENTO CON VITE DI ARCHIMEDE

**Ente/Progettista:** Rajamalaga University of Technology Rattanakosin, Thailandia

**Anno:** 2014

**Costo:** 4 000 \$



*Mulino a vento con vele thailandesi collegato a una vite di Archimede per il sollevamento dell'acqua e l'irrigazione.*

### Analisi di contesto

La Thailandia è un paese che sta vivendo una rapida spinta verso lo sviluppo economico e sociale, con l'evolversi di questo fenomeno si è verificato un notevole incremento nell'utilizzo delle risorse idriche ad uso agricolo. Come molti paesi Orientali in Thailandia si coltiva soprattutto riso, che costituisce la base alimentare per buona parte della popolazione.



*Risaie in Thailandia.*

Contribuendo all'igiene all'agricoltura e alla salute pubblica, l'acqua è un elemento essenziale e indispensabile per lo sviluppo. Avere a disposizione una buona distribuzione d'acqua contribuisce ad avere migliore produttività della terra ed essere autosufficienti nella produzione di alimenti. I mulini a vento fanno parte del contesto rurale thailandese dove vengono spesso usati per irrigare, in quanto sfruttano il vento presente in buona quantità nella regione e sono un'ottima soluzione economica ed ecologica per gli agricoltori locali.

## **Descrizione**

Il prototipo sviluppato alla Rajamalaga University in Thailandia propone un sistema di sollevamento dell'acqua con un mulino a vento a vele e una vite di Archimede.

E' stato pensato e prototipato per poter essere utilizzato dagli agricoltori nelle aree rurali della Thailandia, per il sollevamento dell'acqua da bacini come stagni e laghetti. Funziona in zone dove ci sia una buona presenza di vento, abbastanza da garantire il funzionamento del mulino, e permette di irrigare campi e coltivazioni senza costi energetici.

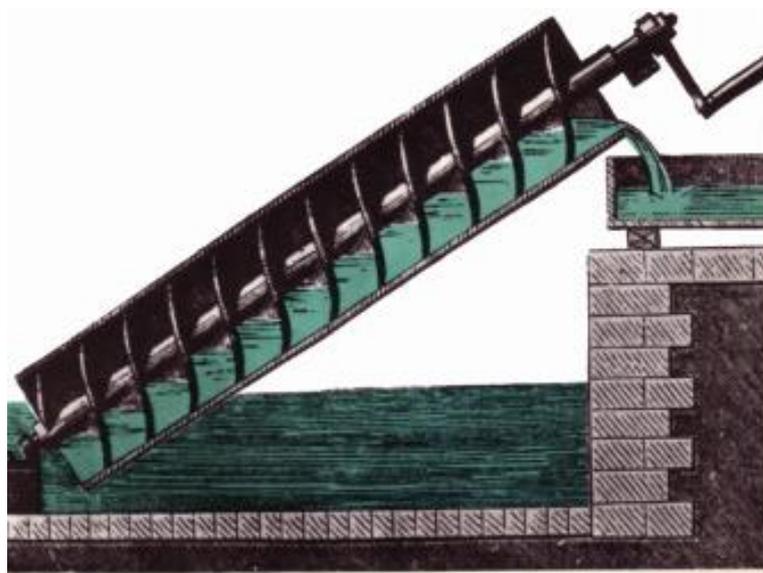
## **Materiali e Costruzione**

Per la costruzione vengono impiegati materiali reperibili facilmente, l'assemblaggio comprende: la parte del rotore in tubolare di metallo e corda di nylon, le vele in tela e corde di nylon, la parte di trasmissione con asta di trasmissione e giunto cardanico, la coda di tubo di acciaio e lamiera, struttura della torre e la pompa che consiste in una vite di Archimede in metallo e tubo di gomma.

La vite idraulica è stata costruita avvolgendo più tubi di gomma attorno a una struttura metallica a cilindro andando a creare la spirale necessaria per il sollevamento del liquido.

### Principio di funzionamento

La vite idraulica di Archimede è un dispositivo per il sollevamento dei liquidi conosciuto già nell'antichità, consiste in una grande vite disposta solitamente all'interno di un tubo. La parte inferiore della vite è immersa in acqua, quando la vite viene messa in movimento facendola ruotare il liquido viene raccolto e sollevato attraverso la spirale fino a uscire all'altro capo. (*Oliver Salt Company, oliversalt.wordpress.com*)

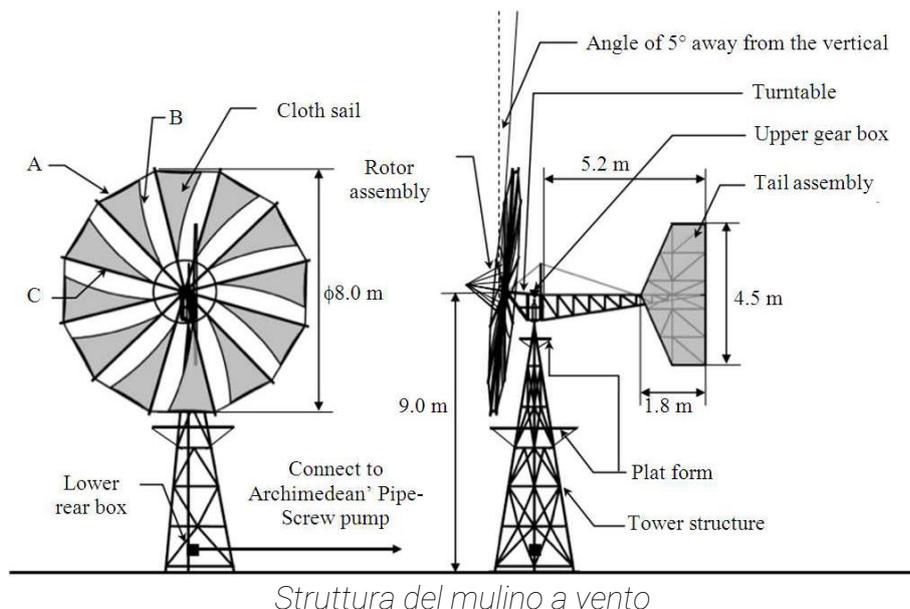


*Disegno che mostra una vite idraulica in funzione.*

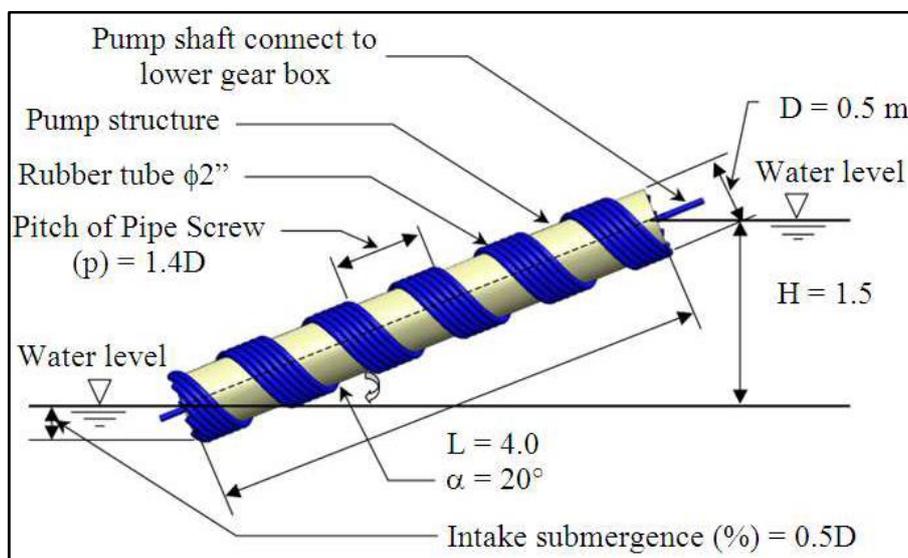
L'energia per azionare la vite idraulica può essere fornita in diversi modi, in questo caso è l'energia del vento a muovere la vite. Grazie al mulino l'energia eolica viene trasformata in energia meccanica e utilizzata per far ruotare la vite idraulica e sollevare l'acqua. [*Fraenkel P.L., 1986*]

### Dati tecnici

La struttura nel complesso è alta 9 m con una base di 2,5x2,5 m<sup>2</sup>, il rotore del mulino ha un diametro di 8 m e 12 vele.



La vite idraulica del prototipo è lunga 4 m con un diametro di 0,5 m, i tubi in gomma che formano le spirali della vite hanno un diametro di 5 cm. Attraverso la vite idraulica l'acqua viene sollevata di 1,5 m.



*Vite idraulica di Archimede nel prototipo*

## Benefici

L'utilizzo della vite idraulica come sistema di pompaggio permette di avere un sistema semplice da realizzare che può essere costruito in autonomia senza bisogno di comprare una pompa a pistoncini. Inoltre è

robusto ed è facilmente gestibile senza bisogno di tecnici per riparazioni e manutenzione.

Permette di irrigare con energia pulita e gratuita le aree rurali favorendo uno sviluppo sostenibile e l'utilizzo di risorse idriche del territorio, in questo modo gli agricoltori possono migliorare la produttività delle coltivazioni e la qualità del raccolto.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia.  
(*Thepwong R. [et al.], Ottobre 2014*)

## MULINO A VENTO PERSIANO

Ente/Progettista: n. d.

Anno: 700-900 D.C.

Costo: n. d.



Nashtifan antichi mulini a vento in legno. ([www.tasteiran.net](http://www.tasteiran.net))



### Analisi di contesto

Nashtifan è una città che si trova nella parte nord orientale dell'Iran, vicino al confine con l'Afghanistan. Questa regione per la sua posizione e conformazione geologica è caratterizzata dalla presenza di venti forti che raggiungono i 120 km/h e che soffiano sempre nella stessa direzione.

In questa regione il vento è stato sfruttato come fonte di energia fin da tempi antichi, proprio qui sono nati i primi mulini a vento utilizzati per la macinatura dei cereali. (*"Nashtifan Windmills", 2012*)

I mulini di Nashtifan sono stati costruiti più di mille anni fa e sono tutt'oggi in funzione. In passato sono stati un luogo importante e servivano un'area molto vasta, grano e cereali venivano portati a dorso di cammello da lontano per essere macinati in questi mulini. Rappresentavano una notevole innovazione, permettevano di risparmiare tempo e forza rispetto alle macine azionate a mano o a trazione animale. Ancora oggi vengono usati dalla popolazione locale che è per lo più povera e senza grandi mezzi di sussistenza.

### Descrizione

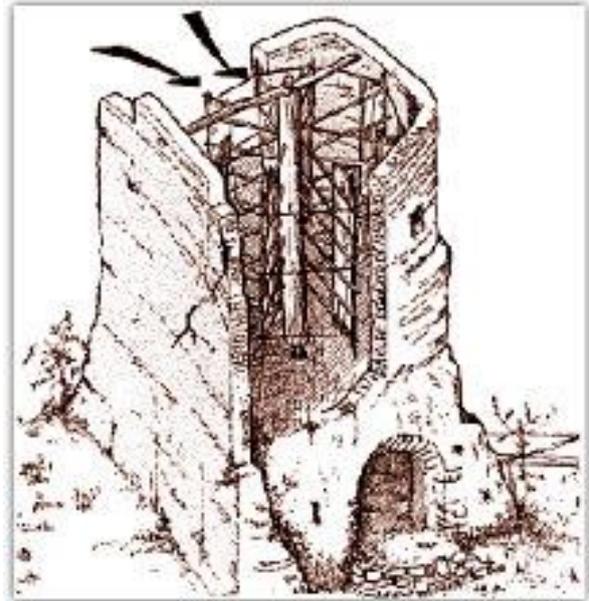
I mulini di Nashtifan risalgono al 700-900 D.C. circa, sono mulini ad asse verticale costruiti con materiali tradizionali: in legno, paglia e terra. Sono stati costruiti in cima ad una collina antistante la città per catturare meglio il vento, allo stesso tempo costituiscono una barriera e riparano la città schermando il forte vento grazie alla loro struttura. (*Azimodo A. R., 6 Settembre 2016*)



*Muraglia di mulini sulla collina antistante la città di Nashtifan. (www.tasteiran.net)*

I mulini ad asse verticale hanno il vantaggio di poter catturare il vento da qualunque direzione, tuttavia questo vantaggio associato alla rotazione orizzontale delle pale rappresenta anche un limite perché il vento spinge le pale del mulino ma allo stesso tempo ne rallenta la rotazione.

A Nashtifan poiché il vento soffia sempre nella stessa direzione questo problema è stato risolto costruendo delle pareti che schermano parzialmente le pale dei mulini, lasciando libera una metà, in modo tale che il vento li spinga ma non li rallenti.



*Disegno di un mulino persiano.*

Il complesso è composto da diversi mulini costruiti in fila, ogni mulino è costituito da un'architettura che comprende la stanza di macinatura, la parte coperta alla base, e il mulino in legno nella parte superiore che cattura il vento per mettere in funzione le macine in pietra.



*Macina in pietra all'interno del mulino. (Azimodo A. R., 6 Settembre 2016)*

## Materiali e Costruzione

Si tratta di costruzioni antichissime costruite più di mille anni fa interamente a mano con tronchi e assi e con giunti a incastro.

L'Architettura è di tipo vernacolare, rispecchia i metodi costruttivi antichi del posto a base di argilla e paglia, mentre le parti rotanti del mulino sono realizzate interamente in legno e la macina in pietra.



*Materiali impiegati per la costruzione dei mulini.*

Si possono identificare due piani nella struttura del mulino: la parte superiore costituita dal mulino con le pale in legno e dai muri di protezione e la parte inferiore costituita da un ambiente chiuso dove avviene la macinatura.

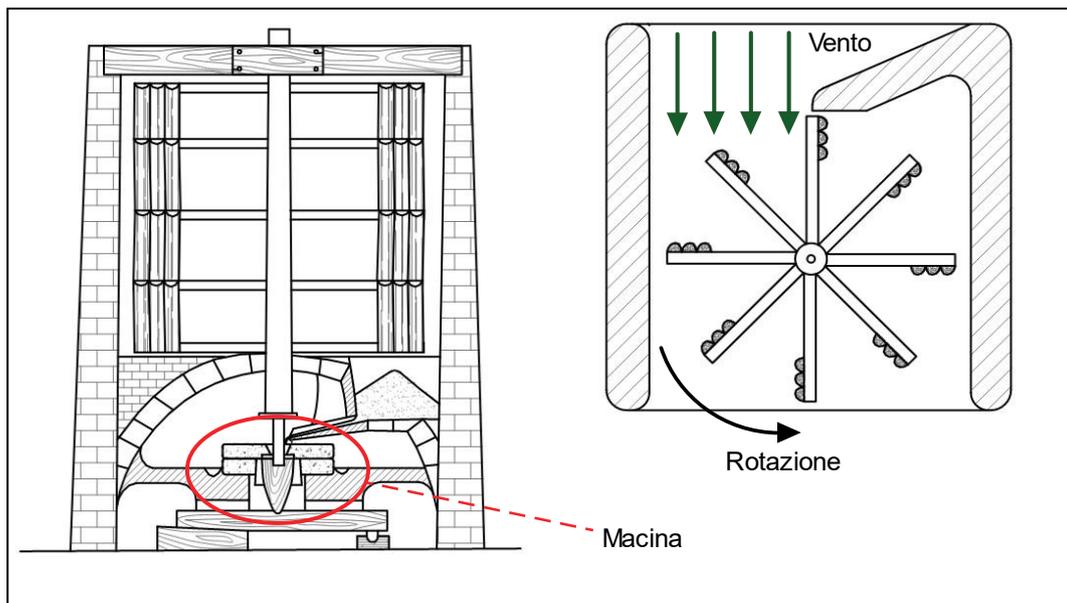
Nella parte superiore una trave orizzontale posta in cima e appoggiata ai muri funge da innesto per l'albero del mulino, un tronco verticale che costituisce l'asse verticale del mulino a cui sono attaccate le pale. Le pale sono costituite da una serie di assi disposte verticalmente fissate su dei paletti in legno orizzontali incastrati direttamente sul tronco verticale. Le tre pareti che circondano il mulino sono alte quattro metri, quelle laterali sono erette per tutta la lunghezza per dare stabilità, mentre la terza parete è rivolta sul versante su cui soffia il vento e presenta un'apertura lungo tutta l'altezza larga un metro circa attraverso cui il vento passa per spingere il mulino.

La macina è composta da due dischi di pietra dal diametro di 1,4 metri il disco superiore è direttamente collegato all'asse rotativo verticale del mulino e ruota sull'altra pietra. (Zarrabi M. e Valibeig N., Settembre 2021)

## Principio di funzionamento

Ogni mulino è composto da otto camere di rotazione composte da sei assi verticali che formano una sorta di muro. Il vento colpisce le pale

verticali in legno mettendo in moto il mulino che fa ruotare l'albero centrale. L'albero centrale è direttamente collegato al disco di una macina in pietra, quando il mulino entra in funzione la pietra ruota permettendo così di macinare i cereali e produrre la farina. ("*Nashtifan Windmills*", 2012)



*Schema di funzionamento del mulino. (Historical Iranian Sites and People)*

Per bloccare il mulino basta posizionare un bastone puntellato per terra che blocchi le pale lignee.

### **Dati tecnici**

I mulini hanno una altezza complessiva di 15-20 metri, e 8 pale per catturare il vento.

### **Benefici**

Permette di compiere il processo di macinatura meccanicamente senza uso di forza umana, è un sistema che può dare spunti interessanti da applicare in Paesi in Via di Sviluppo per macinare i cereali localmente senza costi e avere risorse alimentari. Nei Paesi sviluppati con l'attenzione al biologico e alla produzione a km 0 si stanno riscoprendo

anche le farine macinate a pietra prodotte come una volta, sarebbe auspicabile anche qui l'utilizzo di fonti di energia rinnovabile per impattare il meno possibile sul pianeta.

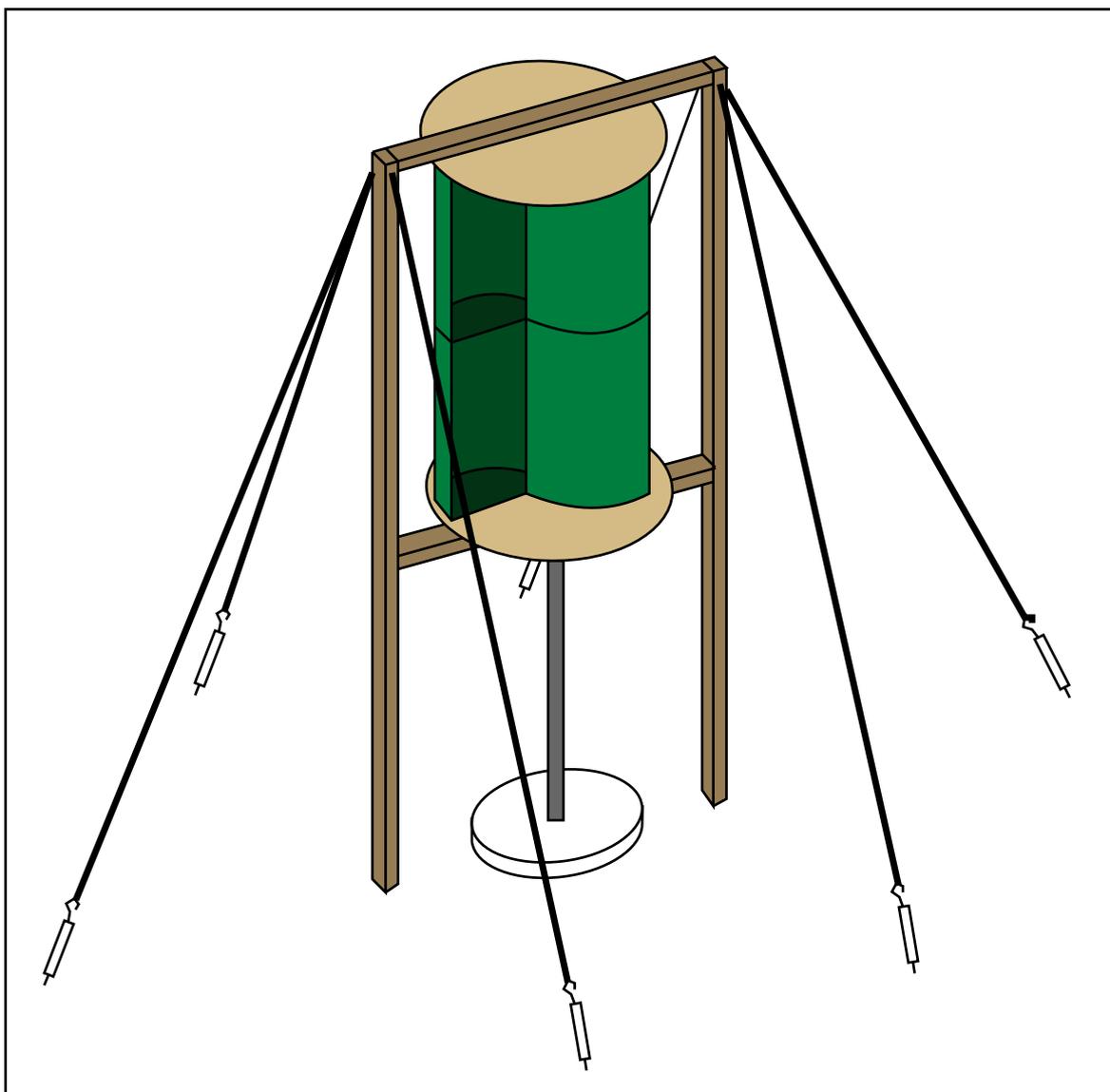
Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia. (Zohrabi S., 13 Luglio 2021), ("*Nashtifan Windmills*", 2012), (Zarrabi M. e Valibeig N., Settembre 2021), (Azimodo A. R., 6 Settembre 2016), ("*See the 1,000-Year-Old Windmills still in Use Today | National Geographic*", 2017), ("*The Old Windmill in Nashtifan*", 2015).

## TURBINA EOLICA SAVONIUS

**Ente/Progettista:** Brace Research Institute

**Anno:** 1973

**Costo:** 51 \$



*Esempio di Savonius costruita in Etiopia.*

## Analisi di contesto

Sebbene non sia efficiente come un mulino a vento tradizionale, la turbina di tipo Savonius si è comunque diffuso in regioni sottosviluppate, come dispositivo di sollevamento dell'acqua e di irrigazione, grazie al basso costo iniziale richiesto per la sua realizzazione e per la semplicità dei materiali necessari e di costruzione.

Le turbine ad asse verticale hanno il vantaggio di ruotare orizzontalmente intorno ad un asse verticale questo fa sì che riescano a catturare il vento da qualunque direzione, funzionando sempre senza bisogno di essere orientati, e senza bisogno di meccanismi per poterli orientare (*Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 1976*)

Il Brace Research Institute ha creato un manuale di auto-costruzione di questo tipo di macchina basato su delle ricerche e sperimentazioni condotte nelle Barbados. (*Brace Research Institute, 1965/1973*)

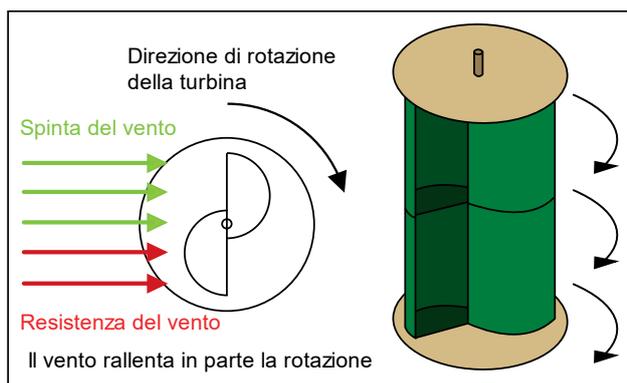
## Descrizione



Il Savonius è un tipo di turbina eolica ad asse verticale inventata nel 1925 da Sigurd Savonius, un ingegnere finlandese. Presenta due o tre pale chiuse sopra e sotto da una base circolare, viene impiegata generalmente per il sollevamento di acqua da pozzi o bacini. È un dispositivo che è stato largamente diffuso per la sua predisposizione all'auto-costruzione, ci sono diversi esempi di questo tipo di mulino costruiti artigianalmente.

Tuttavia questa turbina presenta anche una serie di problematiche nel funzionamento. In condizioni di vento molto forte o tempeste è difficile riuscire a gestirne la velocità e rischia di essere danneggiata.

Inoltre la sua rotazione non potrà mai essere superiore e nemmeno pari alla velocità del vento perché oltre a subire la spinta del vento dal lato concavo della pala, subisce una spinta anche la parte convessa della seconda pala provocando un rallentamento.



## Materiali e Costruzione

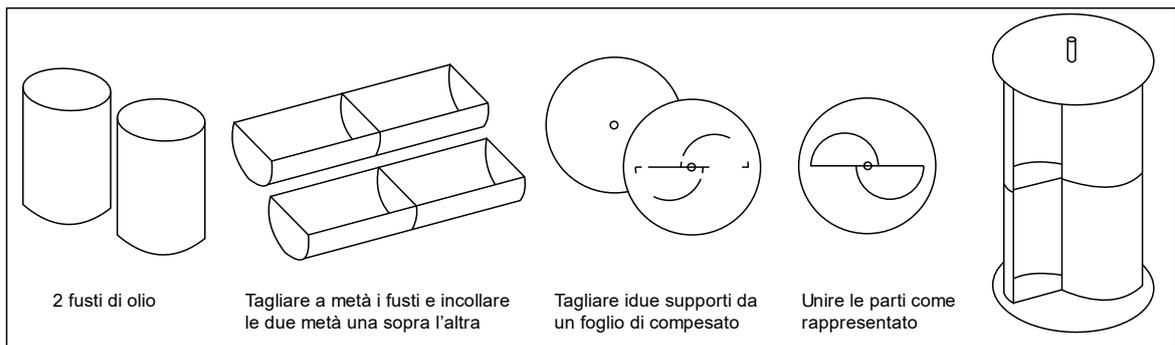


*Savonius: autocostruzione.*

Questo tipo di turbina ha il vantaggio di essere costruita con materiali facilmente reperibili, per creare le pale per esempio basta tagliare a metà due fusti d'olio. Questo lo rende facilmente adottabile in molti contesti di povertà e marginalità perché il materiale e gli strumenti necessari per la sua costruzione sono pochi. Insieme alla costruzione della turbina è opportuno costruire anche un serbatoio che permette di raccogliere acqua quando c'è vento e la turbina è in funzione e poterla utilizzarla anche quando la turbina è ferma.

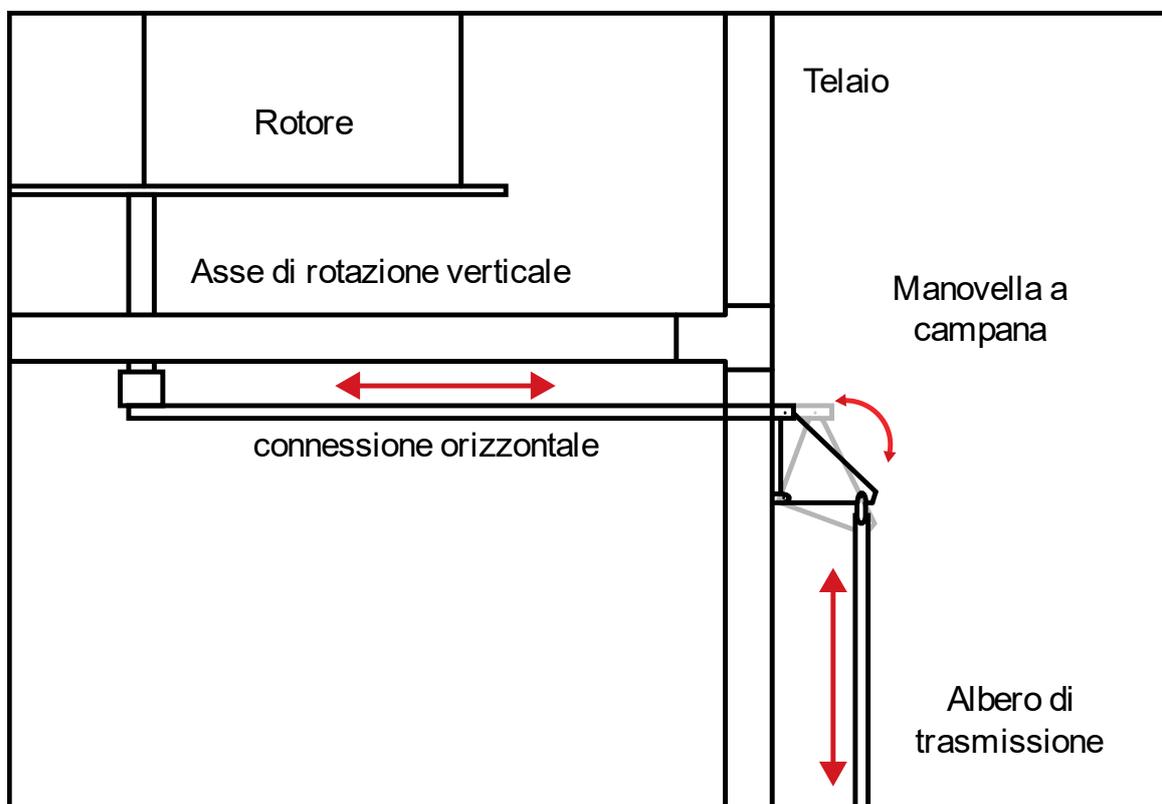
Tutto il sistema di pompaggio comprende tre parti: il rotore, l'azionamento ovvero la parte di trasmissione e trasformazione dell'energia e la pompa.

Il **rotore** viene realizzato con due fusti d'olio tagliati a metà verticalmente e uniti a formare due vani compresi tra due basi circolari intagliate nel compensato. Infine viene inserito l'albero a cui sono fissati i fusti tagliati che costituiscono le pale del mulino. Il telaio di supporto viene costruito con quattro travi di legno fissate tra loro e la struttura viene resa stabile aggiungendo dei tiranti.



*Storyboard di costruzione del rotore.*

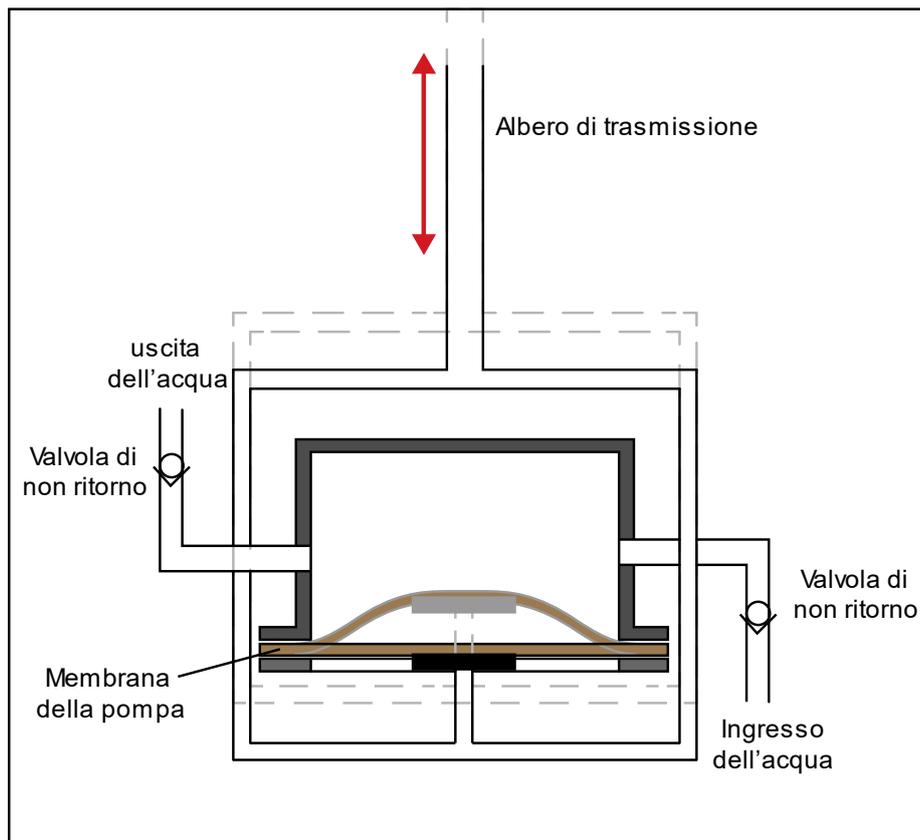
La parte di meccanismi che permette di trasformare l'energia eolica in energia meccanica che aziona la pompa è composto dall'albero che ha movimento rotatorio, una biella orizzontale, una manovella a campana e l'asta verticale della pompa.



*Meccanismi di trasmissione.*

La pompa proposta nel manuale è una pompa a membrana poiché semplice da costruire ed economica.

La pompa a membrana ha un funzionamento del tutto simile a una pompa a pistone, tuttavia viene sfruttata l'elasticità della membrana per cambiare la pressione e quindi per il pompaggio dell'acqua.



*Schema di funzionamento di una pompa a membrana.*

## Principio di funzionamento

Come in tutte le tecnologie che utilizzano energia eolica è il vento ad azionare tutto il sistema facendo ruotare la turbina. Il moto rotatorio della turbina viene trasformato e trasmesso alla pompa a membrana grazie all'albero di trasmissione. La membrana della pompa viene compressa da un piattello direttamente collegato all'albero di trasmissione, con la variazione di pressione e l'elasticità della membrana è possibile sollevare l'acqua.

## Dati tecnici

Sollevamento minimo da terra: 2 m

Profondità massima dell'acqua: 4 metri sotto terra

Velocità vento per operare a un buon ritmo: 15 kmh

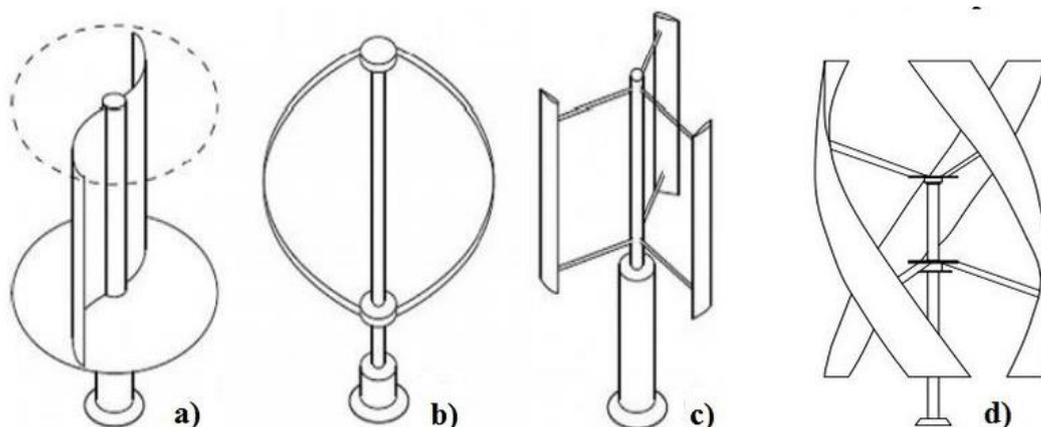
## Benefici

Permette di ottenere un dispositivo di sollevamento dell'acqua con un costo minimo iniziale e senza ulteriori costi di gestione, inoltre può essere costruita e mantenuta localmente.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia. (*Brace Research Institute, 1965/1973*), (*Kozolowski J. A., 1977*).

## Modelli di turbine eoliche ad asse verticale

A partire dal modello della turbina eolica Savonius sono state elaborate diverse altre soluzioni di turbine ad asse verticali più efficienti ma in alcuni casi più complicate da realizzare e quindi non adatte a contesti con poche risorse o mano d'opera non specializzata.



*Tipologie di mulini ad asse verticale. a) Savonius rotor, b) Darrieus rotor, c) Darrieus rotor ad H, d) a forma di elica.*

*(Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 1976).*

## SEGHERIA EOLICA

**Ente/Progettista:** n. d.

**Anno:** 1680

**Costo:** n. d.



*Segheria Eolica Het Jonge Schaap in Olanda.*

### Analisi di contesto

L'olanda è famosa per i suoi mulini a vento. Qui nel corso dei secoli il vento è stato sfruttato per tantissime diverse attività umane. La ricchezza di questa fonte di energia nel paese ha portato al suo utilizzo su larga scala accompagnato da sistemi di canali e trasporto su acqua, altra peculiarità di questa regione.

Il commercio di legname è stato una delle principali attività commerciali di questa regione nei secoli passati. Si possono ammirare diversi esempi di mulini a vento impiegati per il taglio del legno. Queste segherie

venivano costruite lungo dei canali che permettevano un agile trasporto del legname.

## Descrizione

Si tratta di un mulino a vento ad asse orizzontale con la tipica forma olandese che sotto nel suo basamento contiene una serie di seghe per il taglio del legno che vengono azionate dall'energia eolica catturata dal mulino.

Le seghe possono essere a lama singola o multipla, cioè una serie di lame parallele che permettono il taglio in contemporanea di più assi dallo stesso tronco.



*Sega a lama singola e a lama multipla.*

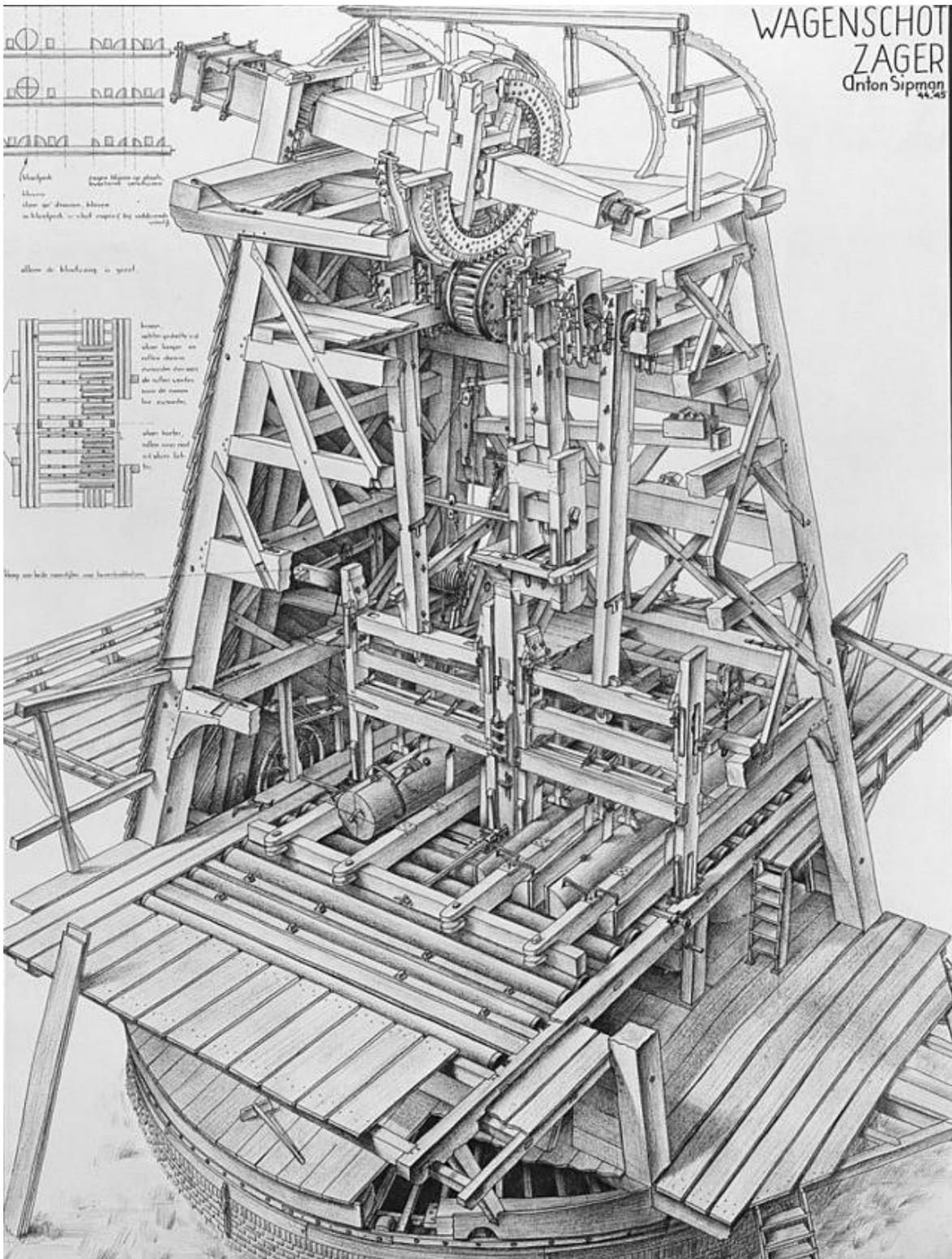
## Materiali e Costruzione

I mulini olandesi venivano costruiti per lo più in legno, avevano alla base una costruzione a capanno per le attività legate al mulino (stoccaggio, preparazione, materiali) sopra era costruita la **torre con la ruota di pale** su una **base mobile** (rotante) che permetteva l'orientamento del mulino a seconda della direzione del vento. All'interno della torre sono contenuti tutti i meccanismi e i sistemi di regolazione e ormeggio del mulino; nel punto di innesto tra torre e basamento si trova la postazione di taglio con le **seghe** azionate dai meccanismi del mulino. È presente anche uno **scivolo** che unisce il capanno del mulino all'acqua del canale che serviva per caricare e scaricare i tronchi che venivano trasportati lungo i canali.

## Principio di funzionamento

Il vento aziona il mulino, che all'interno ha l'insieme di meccanismi per trasformare il moto rotativo continuativo unidirezionale in moto lineare

continuativo unidirezionale e azionare le seghe per il taglio del legno. L'ingranaggio che permette la trasformazione del moto è l'Albero a Gomiti, o a collo d'oca.



*Spaccato di un mulino segheria.*

## Benefici

Può essere interessante prendere in considerazione un sistema di questo tipo in luoghi in cui viene prodotto legname in modo da avere la filiera in un unico luogo. Spesso dai luoghi in cui viene prelevato, il legname ancora grezzo percorre lunghe distanze fino a grandi impianti in cui vengono tagliati e lavorati, e poi nuovamente vengono trasportati per la distribuzione. Utilizzando un sistema eolico si andrebbe a sfruttare una risorsa energetica rinnovabile e si valorizzerebbe la mano d'opera locale invece che centralizzare il sistema economico in grossi impianti a valle, si eviterebbe quindi il trasporto dei tronchi grezzi alle segherie andando a impattare positivamente sull'impatto ambientale.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia. (*Het Jonge Shaap*, [www.hetjongeshaap.nl](http://www.hetjongeshaap.nl)), (Wikipedia, [it.frwiki.wiki](https://it.wikipedia.org/wiki/Windpump_Mechanism_Part_1)), ("*Windpump Mechanism Part 1*", 2021).

## 4.2 Energia Solare

## POMPA SOLARE SUNFLOWER (SF1)

**Ente/Progettista:** iDE, Practica Foundation

**Anno:** 2016

**Costo:** 535 \$,



*Pompa solare Sunflower alimentata da pannello solare e collegata a un impianto di irrigazione. (iDE Global)*

### **Analisi di contesto**

Coltivare la terra e ottenere un buon raccolto è un'attività che richiede la disponibilità di molta acqua, soldi, energia e tempo. Nei Paesi in via di sviluppo molti piccoli agricoltori hanno risorse economiche e di approvvigionamento limitate.

L'acqua rappresenta una risorsa fondamentale per poter coltivare e in molti Paesi in via di sviluppo è una risorsa preziosa e non facilmente accessibile; le aree rurali difficilmente sono collegate ad acquedotti, per

molti agricoltori l'irrigazione dei campi dipende esclusivamente dalle piogge, altri dispongono di sistemi di pompaggio dell'acqua da cisterne e pozzi e possono irrigare il terreno. I sistemi di pompaggio attualmente più diffusi sono pompe alimentate da combustibili fossili.



*Campo con coltivazione di verdure.*

Uno dei problemi maggiori di questo tipo di sistemi è che il carburante necessario per alimentare i motori dei sistemi di pompaggio è molto costoso e in alcune zone difficile da reperire. Poter utilizzare fonti di energia rinnovabile completamente gratuite, rappresenta per gli agricoltori un'ottima alternativa che li rende indipendenti dal punto di vista energetico e porta a una notevole riduzione dei costi.

La Sunflower Pump nella fase di progettazione e realizzazione è stata testata in utilizzo in diversi paesi: Zambia, Etiopia, Nepal, Kenya e Honduras. Ed è oggi prodotta in India e commercializzata dall'azienda Futurepump. (*iDE Global, [www.ideglobal.org](http://www.ideglobal.org)*)

## Descrizione

Sunflower è una pompa a pistoncini per l'acqua di piccole dimensioni collegata a un pannello fotovoltaico rimovibile che produce abbastanza energia per permettere di sollevare l'acqua da un pozzo non troppo profondo o da bacini d'acqua superficiali.



*SF2 (a sinistra) per irrigare due acri, SF1 (a destra) per irrigare un acro di terreno. (Futurepump)*

E' stata progettata come soluzione sostenibile e di prezzo accessibile ai piccoli agricoltori per portare acqua nei propri campi; iDE ha calcolato che gli agricoltori possono rientrare dei costi in due cicli di coltivazione.

Dal punto di vista energetico gli agricoltori su piccola scala diventano indipendenti dall' energia umana o dei combustibili fossili necessaria per l'approvvigionamento d'acqua.

Il sistema di pompaggio può anche di alimentare un impianto di irrigazione automatico dei terreni invece che ricorrere all'irrigazione manuale, attività che impegna molto più tempo e forza lavoro. In aree dove i periodi di siccità sono sempre più frequenti a causa dei cambiamenti climatici è importante che le tecnologie messe a disposizione siano efficaci ed efficienti; il metodo dell'irrigazione a goccia in particolare è molto efficace in quanto permette di avere un migliore raccolto minimizzando l'utilizzo di acqua. (iDE Global, [www.ideglobal.org](http://www.ideglobal.org))



*Installazione di un sistema di irrigazione a goccia (iDE Global)*

## **Materiali e Costruzione**

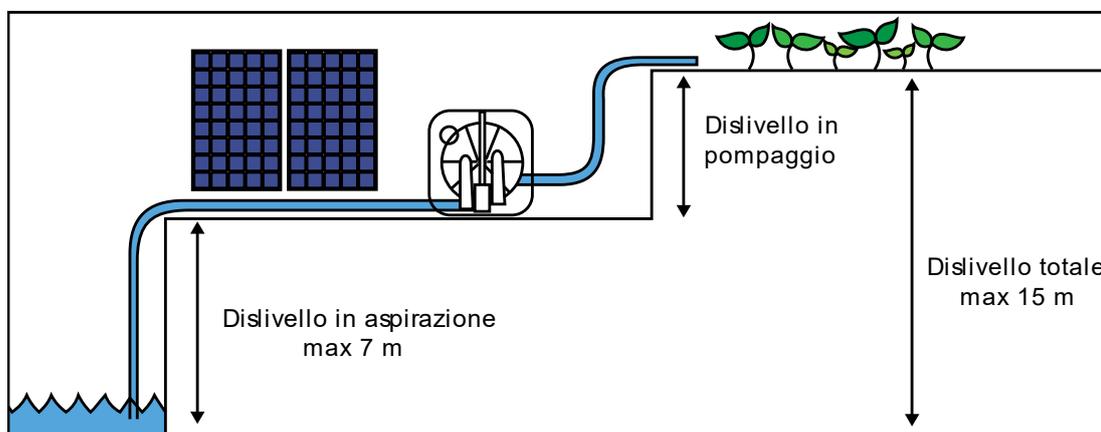
La pompa solare è composta da tre elementi principali: un pannello fotovoltaico, un motore e una pompa a pistoni montati su un telaio metallico.

Sunflower è progettata per essere resistente e facilmente trasportabile grazie alle dimensioni contenute. È costituita da elementi semplici in modo tale che la manutenzione possa essere attuata dagli stessi agricoltori, infatti ha una complessità simile a una bicicletta.



## Principio di funzionamento

La pompa solare Sunflower è una pompa pensata per il pompaggio di acque superficiali, ideale quindi per prendere l'acqua da pozzi fino a 7 metri di profondità, fiumi, laghi o stagni.



Schema di funzionamento della pompa con dislivelli (Futurepump)

Il pannello fotovoltaico assorbe la radiazione solare e la converte in energia elettrica, l'energia elettrica prodotta alimenta un motore a corrente diretta che aziona il volano e la pompa permettendo di prelevare l'acqua e raccoglierla in una cisterna o immetterla direttamente in un sistema di irrigazione (Futurepump, futurepump.com).

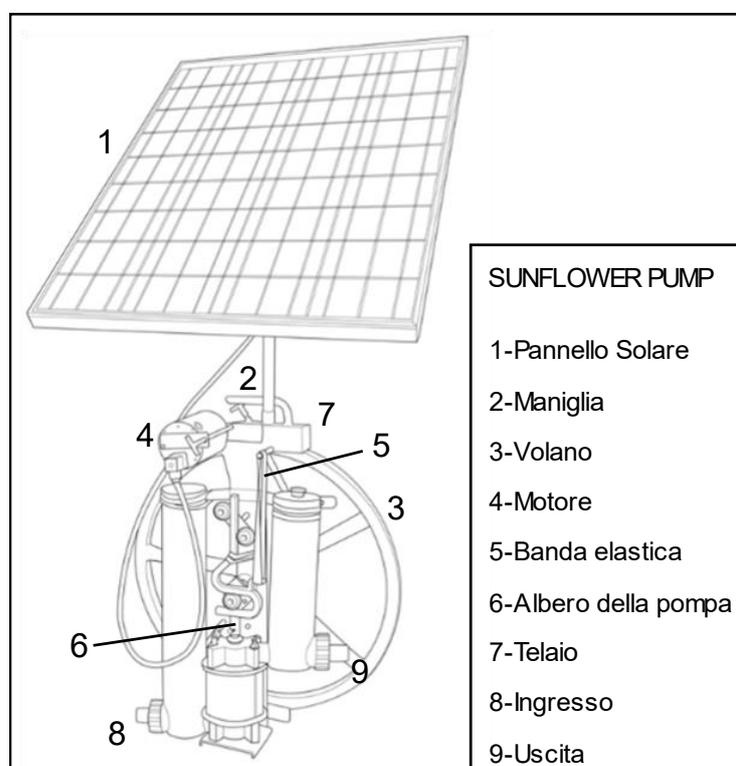


Illustrazione delle parti che compongono la SF1 (Tayhay [www.tayhay.com](http://www.tayhay.com))

## Dati tecnici

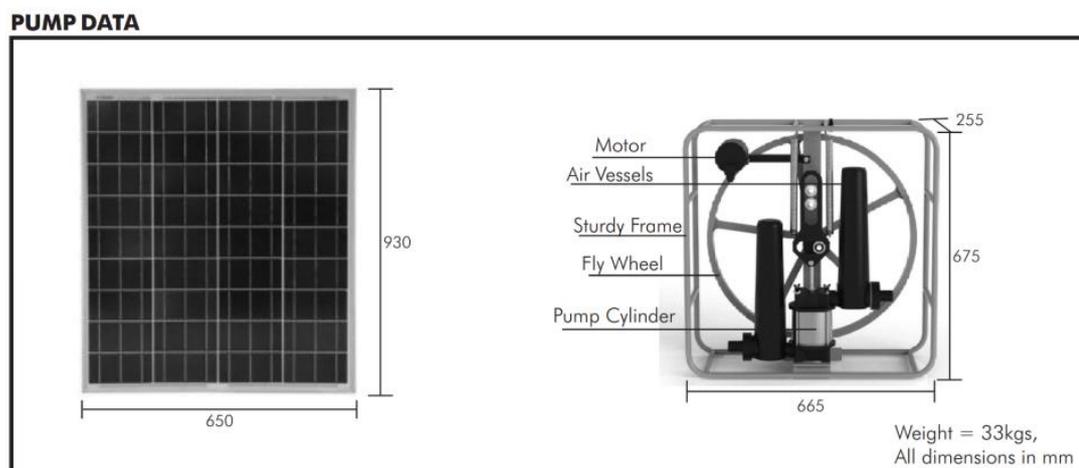
La versione più piccola, la SF1, è alimentata da un pannello fotovoltaico da 80 W e può irrigare terreni di circa 1 acro.

Peso totale: 33 kg

Dimensioni pannello: 650 x 930 mm

Dimensioni della struttura della pompa: 665 x 675 x 255 mm

(*Futurepump, futurepump.com*)



## Benefici

I raccolti non dipendono più solo dalle precipitazioni ma avendo a disposizione un sistema di pompaggio dell'acqua per l'irrigazione è possibile per gli agricoltori far fronte a periodi di siccità e ai continui cambiamenti climatici.

Avere a disposizione un sistema di pompaggio dell'acqua permette di passare dall'irrigazione manuale a quella automatica risparmiando agli agricoltori fatica e tempo. Inoltre l'irrigazione a goccia permette di avere un'irrigazione regolare dei terreni favorendo un migliore raccolto e minimizzando lo spreco di acqua.

L'energia solare sostituisce i combustibili fossili in questo modo si hanno zero emissioni nell'ambiente e i piccoli agricoltori hanno una fonte di energia sicura senza problemi di approvvigionamento del carburante e diminuiscono i costi di gestione della coltivazione.

# IRRIGAZIONE SOLARE NELLE ANDE

**Ente/Progettista:** Juansergio Castro e Henry Humpire

**Anno:** 2020

**Costo:** 35 000 \$



*Piattaforma galleggiante con pannelli solari per il pompaggio dell'acqua del lago per l'irrigazione dei pascoli circostanti (UNPD Perù)*



## Analisi di contesto

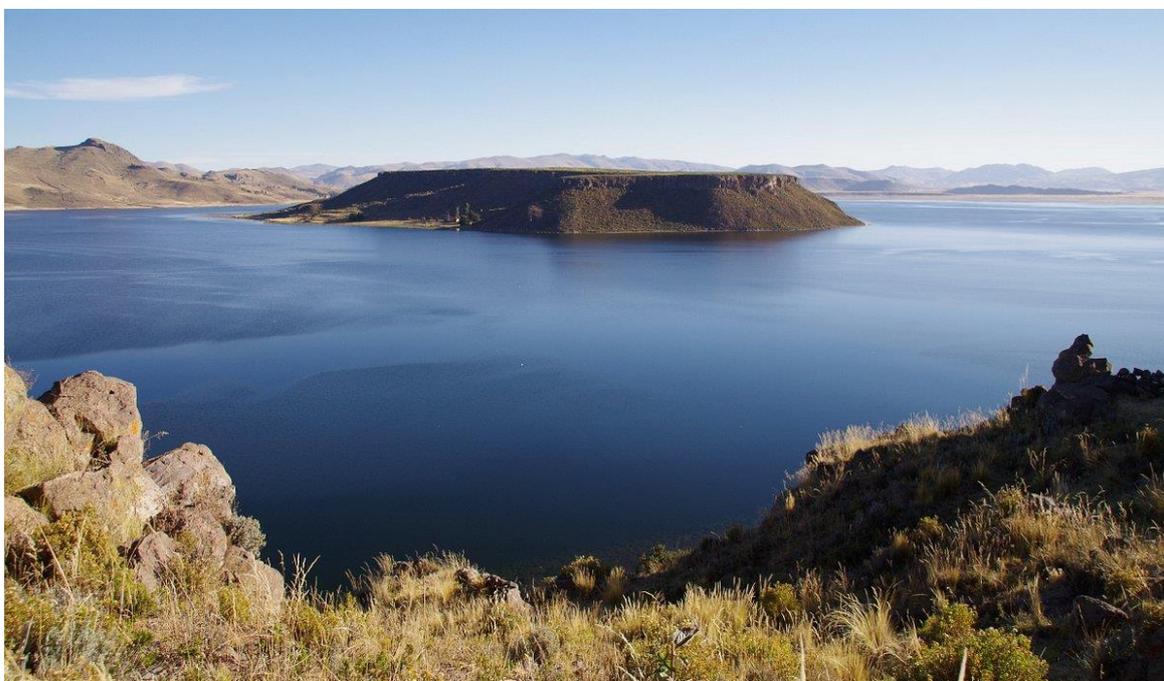
La laguna Chullpia a 4470 m s. l. m. si trova vicino a Puno, nel sud del Perù, in mezzo alla Cordigliera delle Ande. In questo luogo dove le altitudini sono così elevate la principale attività economica e di sussistenza per la popolazione consiste nell'allevamento di alpaca da cui ricavano la lana da tessere per produrre indumenti.

Negli ultimi anni a causa dei cambiamenti climatici la qualità e la disponibilità dei pascoli per gli alpaca è diminuita. Durante i sei mesi della stagione secca, le precipitazioni scarseggiano e i pascoli si impoveriscono diminuendo la qualità e quantità di pascolo per le greggi di alpaca.



*Allevamento di alpaca Da lana sulle Ande.*

Questo territorio montano è ricco di bacini d'acqua da cui poter attingere per irrigare, il problema è che la laguna di Chullpia si trova in una zona remota non collegata a reti di distribuzione di energia elettrica, e, poiché i pascoli si trovano più in alto del lago, è necessario un sistema di pompaggio motorizzato per poterli irrigare.



*Laguna di Chullpia 4470 m, Perù.*

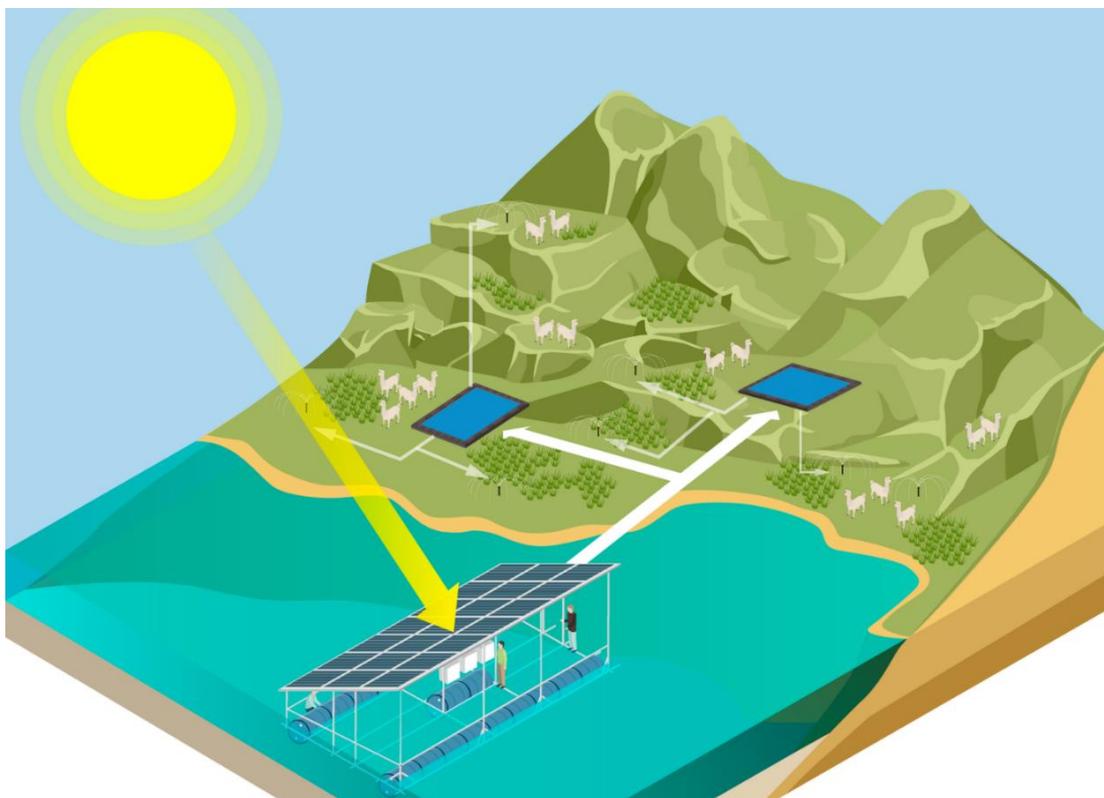
Juansergio Castro e Henry Humpire hanno pensato a una soluzione per poter irrigare i pascoli sfruttando l'energia solare. Nelle Ande il sole è una

fonte di energia con un grande potenziale, a radiazione solare in questi luoghi è particolarmente intensa perché si trovano ad altitudini elevate, considerato che si tratta di aree remote non servite da reti elettriche, il fotovoltaico e solare rappresenta una grande opportunità per migliorare la vita quotidiana e le attività produttive della popolazione locale.

## Descrizione

L'idea del progetto nasce dalla necessità delle famiglie locali di far fronte al cambiamento climatico e di poter irrigare i pascoli per l'allevamento degli alpaca, soprattutto nella stagione secca, poiché a causa dei cambiamenti climatici si assiste a un impoverimento della vegetazione causato dalla scarsità di precipitazioni.

Juansergio Castro e Henry Humpaire tenendo in considerazione le risorse disponibili hanno creato una soluzione ad hoc per il territorio sfruttando l'energia solare per alimentare un sistema di pompaggio che solleva l'acqua del lago portandola ai pascoli per irrigarli.



*Sistema di irrigazione dei pascoli con l'acqua del lago.*

Il progetto, che coinvolge circa 50 famiglie residenti nell'area della laguna, consiste nell'installazione di una piattaforma galleggiante e mobile sul lago sulla quale sono installati dei pannelli solari e un motore.

## Materiali e Costruzione

Il sistema di pompaggio è composto di 34 pannelli solari montati su una piattaforma galleggiante costruita in metallo e gomma riciclata e la pompa. Intorno al lago sono stati costruiti i serbatoi di raccolta dell'acqua.



*Piattaforma galleggiante (UNPD Perù)*

## Principio di funzionamento

Il sistema di pompaggio dell'acqua dal lago consiste in un motore alimentato grazie a 34 pannelli solari che assorbono radiazione solare e la trasformano in energia. L'energia alimenta il motore che permette il pompaggio dell'acqua dalla laguna a dei serbatoi di raccolta.

I 34 pannelli solari sulla piattaforma alimentano il motore che aziona il sistema di pompaggio, l'acqua viene così sollevata dal lago e portata nei diversi serbatoi disseminati intorno alla laguna di Chullpia. Essendo mobile la piattaforma può essere spostata come una barca in diversi punti della laguna per rifornire d'acqua tutti gli undici serbatoi.

I serbatoi sono collegati a un sistema di irrigazione a pioggia utilizzato dalle famiglie per irrigare i pascoli, soprattutto nella stagione secca. Ogni serbatoio fornisce acqua sufficiente per circa 2 acri di pascolo.



Schema del sistema di irrigazione.

## Dati tecnici

Capienza serbatoi: 100 metri cubi.

Potenza nominale prodotta dai 34 pannelli: 10.8 Kw.

Energia necessaria per riempire 1 serbatoio: 43.2 Kw h.

Tempo impiegato a riempire un serbatoio: 4 ore circa.

## Benefici

Dal punto di vista sociale questo progetto rafforza le capacità e le competenze sociali in materia di energia pulita e sistemi di irrigazione, allo stesso tempo i giovani vengono responsabilizzati e spronati alla ricerca di soluzioni ai problemi della comunità.

Economicamente l'utilizzo di sistemi a energia solare aiuta lo sviluppo dell'economia e il miglioramento della qualità dei prodotti, di conseguenza porta all'aumento del reddito delle famiglie e al miglioramento della qualità della vita. Una volta introdotto l'utilizzo di energia solare per l'irrigazione essa può essere applicata in altre attività complementari.

Le donne della comunità si dedicano alla filatura e tessitura della lana di alpaca per ottenere capi di abbigliamento da vendere. Con l'avvio del progetto di irrigazione a energia solare hanno iniziato a utilizzare dei filatoi portatili alimentati da un pannello fotovoltaico per lavorare la lana.



*Donne intente alla tessitura della lana di alpaca con telai alimentati da pannelli solari (UNPD Perù)*

L'utilizzo di queste macchine permette di ottenere una quantità maggiore di filato, quasi il triplo rispetto alla lavorazione a mano a parità di tempo, in questo modo le donne sono riuscite ad aumentare i redditi delle famiglie e a ottenere una migliore qualità nelle finiture nei capi di alpaca, accrescendo il valore del prodotto.

Tutto il sistema contribuisce alla conservazione degli ecosistemi alto andini, favorisce il recupero di pascoli naturali e il miglioramento della qualità e della quantità disponibile di pascoli.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia. (N. d., 16 Novembre 2019), (N. d., 2 Febbraio 2020), (PPD Perù, 2021a), (PPD Perù, 2021b), (PPD Perù, [www.ppdperu.org](http://www.ppdperu.org)), (UNDP, [stories.undp.org](http://stories.undp.org)).

# RISCALDATORE D'ACQUA SOLARE

**Ente/Progettista:** AEE Intec, University of Zimbabwe

**Anno:** 2000

**Costo:** n. d.



*Riscaldatori d'acqua solari costruiti localmente con materiali semplici e di recupero in Zimbabwe*

## Analisi di contesto



In Zimbabwe circa il 50 per cento dell'energia utilizzata viene da fonti non rinnovabili come carbone e petrolio. Nelle case la maggior parte dell'energia utilizzata è destinata al riscaldamento dell'acqua.

Per le fasce più povere della popolazione in aree urbane il costo dell'energia e del carburante per avere acqua calda risulta molto oneroso. Alcune comunità hanno una disponibilità limitata e discontinua di energia elettrica e carburante e quindi un accesso limitato all'acqua calda per igiene e uso domestico.

Nelle aree rurali invece la principale fonte di energia è la legna da ardere, l'utilizzo così diffuso di legna è la principale causa di riduzione delle foreste e desertificazione, negli ultimi anni le foreste si sono ridotte del 50 per cento e il processo di deforestazione continua con un conseguente impoverimento del suolo che sul lungo termine costringono le popolazioni delle zone rurali a migrare.



*Deforestazione e desertificazione del territorio per l'utilizzo di legna da ardere.*

Lo Zimbabwe ha una radiazione solare intensa e abbastanza costante nell'arco dell'anno, questo fa sì che l'energia solare rappresenti un'alternativa energetica reale e concreta rispetto alle fonti di energia non rinnovabili. In commercio esistono già diversi modelli di sistemi solari di riscaldamento dell'acqua tuttavia hanno costi non sostenibili dalle fasce povere della popolazione.



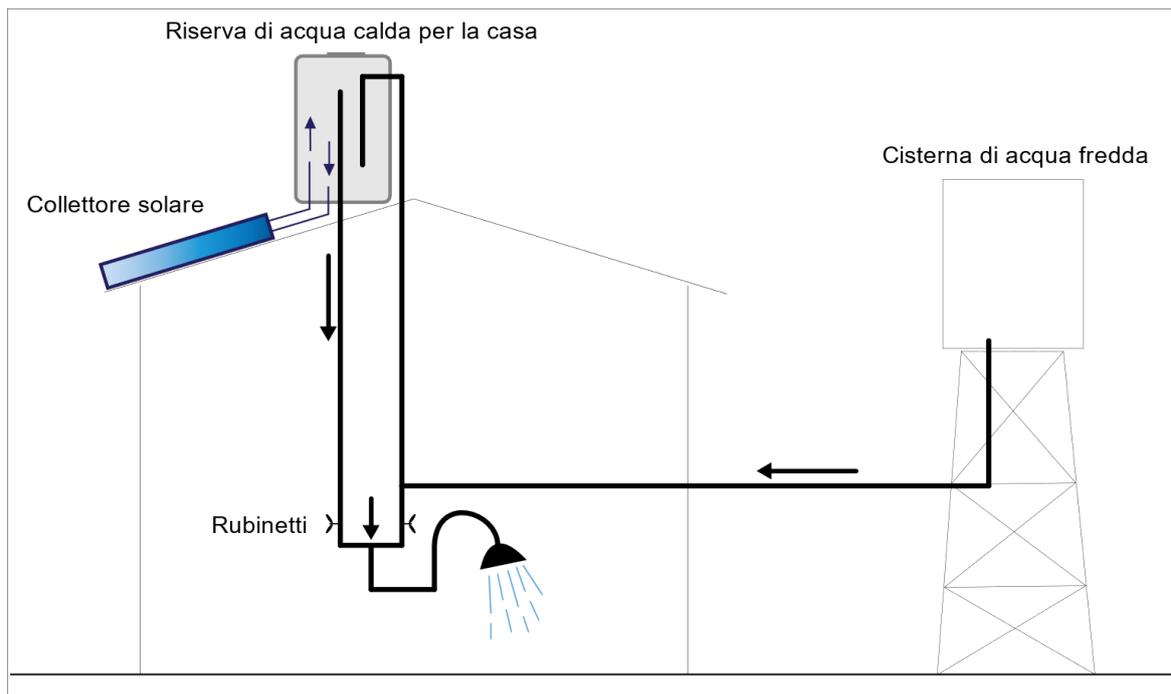
AEE Intec in collaborazione con l'università dello Zimbabwe ha sviluppato un progetto per cercare una soluzione di riscaldatore d'acqua solare che fosse economico e semplice, realizzato con materiali facilmente reperibili, per l'utilizzo domestico.

## Descrizione

La proposta consiste in un riscaldatore d'acqua, solare semplice e low-cost, che può essere costruito localmente in autonomia. Il progetto sfrutta la forza di gravità e il sistema di circolazione dell'acqua funziona grazie alla differenza di densità tra l'acqua calda e l'acqua fredda, senza bisogno di sistemi a pressione o pompe elettriche.

Il progetto base prevede un serbatoio da cento litri, che dovrebbe coprire il fabbisogno giornaliero di una famiglia di quattro persone, e un collettore, tuttavia a seconda del fabbisogno può essere aumentata la capacità utilizzando un serbatoio più grande e aumentando il numero di collettori.

Il sistema di riscaldamento è costituito da: un serbatoio d'acqua verticale con valvola flottante, un collettore e sistema di tubi per portare l'acqua all'interno della casa.



*Schema base del sistema di riscaldamento solare per l'acqua.*

## Materiali e Costruzione

Il **serbatoio** può essere facilmente realizzato in metallo o anche in plastica, è importante che abbia uno strato di materiale isolante per mantenere la temperatura durante la notte e per evitare la dispersione di calore per l'isolamento si possono usare diversi materiali a seconda della

disponibilità del luogo in cui ci si trova. All'interno del serbatoio è presente una valvola flottante che regola l'ingresso di acqua fredda all'interno del serbatoio.

Il **collettore** è costituito da una lamiera, di rame di spessore 0,2 mm, incastonata in una cornice di supporto, che può essere in metallo o legno, con dietro uno strato isolante e sopra una copertura di vetro per evitare la dispersione di energia. La lamiera è ricoperta di vernice solare che aiuta a catturare la radiazione solare. All'interno del collettore, tra la lamiera di rame e il vetro, passa un tubo di rame posizionato a serpentina, che permette il passaggio dell'acqua all'interno del collettore.

Quando il riscaldatore solare viene installato, per avere un funzionamento ottimale è importante che il collettore si trovi più in basso rispetto al serbatoio e che abbia una leggera inclinazione.

### **Principio di funzionamento**

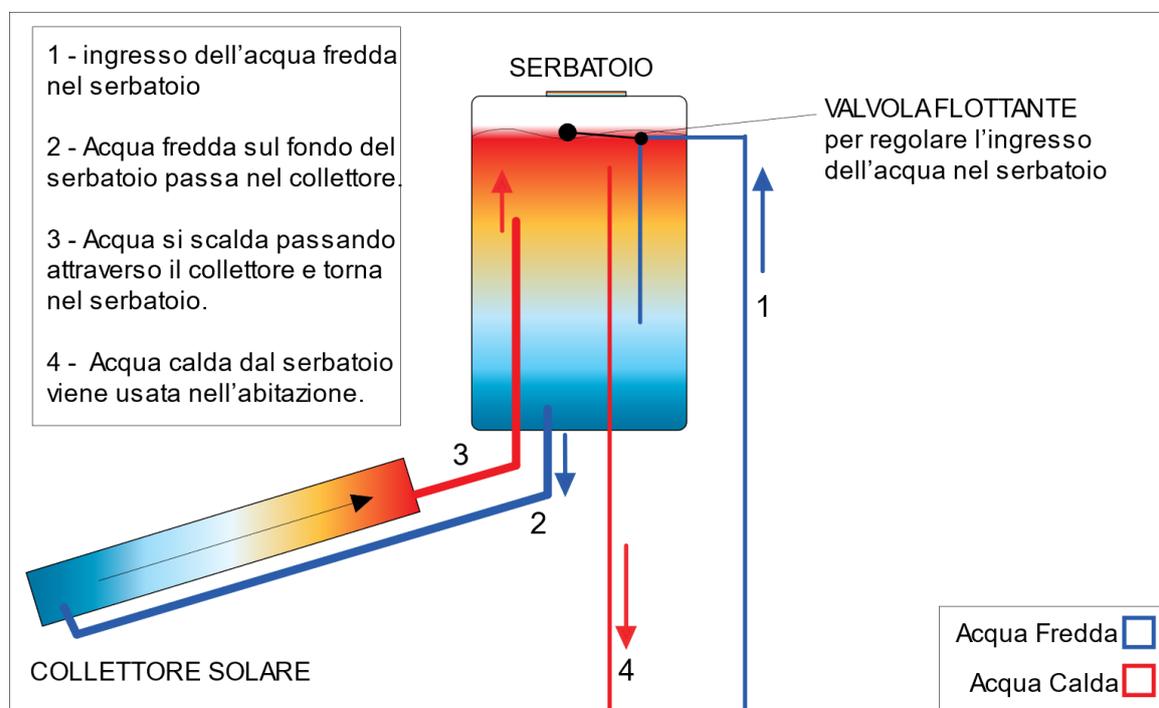
L'ingresso di acqua all'interno del serbatoio viene regolato da una valvola flottante installata nel punto di ingresso dell'acqua, la valvola ha un meccanismo di apertura e chiusura e un galleggiante. Quando il serbatoio è vuoto il meccanismo è aperto e l'acqua fluisce, man mano che il livello dell'acqua sale il galleggiante della valvola si alza fino a raggiungere un determinato livello, a questo punto si aziona il meccanismo di chiusura della valvola stoppando il flusso d'acqua in ingresso.

La circolazione dell'acqua all'interno del collettore e del serbatoio avviene grazie alla forza di gravità, in quanto il serbatoio si trova più in alto del collettore e grazie alla differenza di densità dell'acqua calda e fredda, infatti l'acqua calda tende a stare sopra quella fredda perché meno densa.

L'acqua fredda all'interno del serbatoio passa nel collettore grazie a un tubo posizionato nella parte bassa del serbatoio; mentre fluisce attraverso la serpentina del collettore si riscalda grazie alla radiazione solare assorbita e viene reimpressa nel serbatoio grazie a un tubo di ingresso nella parte alta. Siccome l'acqua fredda tenderà a depositarsi al fondo, l'acqua che viene immessa nel collettore è sempre quella più

fredda all'interno del serbatoio. Questo ciclo si ripete facendo sì che l'acqua si riscaldi progressivamente.

In ultimo il serbatoio è collegato a tubature che portano l'acqua calda nell'abitazione.



*Schema di funzionamento del sistema di riscaldamento dell'acqua.*

## Benefici

Contribuisce alla riduzione dell'impatto ambientale utilizzando una fonte di energia rinnovabile pulita e gratuita e allo stesso tempo rende accessibile ed economica la disponibilità di acqua calda per l'igiene e uso alimentare in casa senza dover pagare l'energia elettrica.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia. (Weiss W. e Schwarzmuller A., 2000), (Morgan S. e C., Taylor D. e S., 1974/1975), (Dana B., Novembre 2009).

## Progetto di installazione di riscaldatori d'acqua in Sudafrica

Nel 2014 il governo del Sudafrica ha lanciato un progetto di riqualificazione e miglioramento della vita nelle periferie che prevede l'installazione di collettori solari per il riscaldamento dell'acqua nelle

abitazioni. Il progetto, fatto in collaborazione con un'azienda che distribuisce questo tipo di dispositivi, prevedeva l'installazione di collettori solari per il riscaldamento dell'acqua in più di settecento abitazioni nella periferia di Johannesburg.

L'utilizzo dell'energia solare permette di arrivare anche dove non ci sono collegamenti alle reti di distribuzione e ha un costo di mantenimento e funzionamento pari a zero per i consumatori, il che avvantaggia le fasce più povere che abitano in queste zone periferiche. Il progetto rientra nelle iniziative prese per contrastare il cambiamento climatico e allo stesso tempo contribuisce al miglioramento della qualità della vita delle fasce più povere della popolazione.



*Periferia di Johannesburg, riscaldatori d'acqua solari installati sui tetti delle abitazioni.*

I riscaldatori solari procurano acqua calda alle abitazioni, riducono le bollette dell'energia elettrica per le famiglie e contribuiscono a ridurre l'impatto ambientale e le emissioni di CO<sub>2</sub>.

## DISINFEZIONE SOLARE (SODIS)

**Ente/Progettista:** Aftim Acra, UNICEF

**Anno:** 1984

**Costo:** 0 \$



*SODIS, sistema di disinfezione solare dell'acqua.*

### Analisi di contesto

In molti Paesi in Via di Sviluppo dove esistono diverse risorse idriche, si ha il problema di scarsità di acqua potabile poiché le popolazioni non hanno accesso a fonti sicure. La scarsità di acqua effettivamente controllata e potabile porta all'incremento del rischio di malattie portate da acque contaminate e inquinate, come tifo e colera, che in questi Paesi causano diversi decessi nel corso dell'anno causando a volte pandemie nella popolazione.

In Sri Lanka, nonostante si tratti di un Paese tropicale ricco d'acqua, quasi metà della popolazione (40 %) non ha accesso a una fonte di acqua potabile ed è costretta ad attingere da fiumi o pozzi.

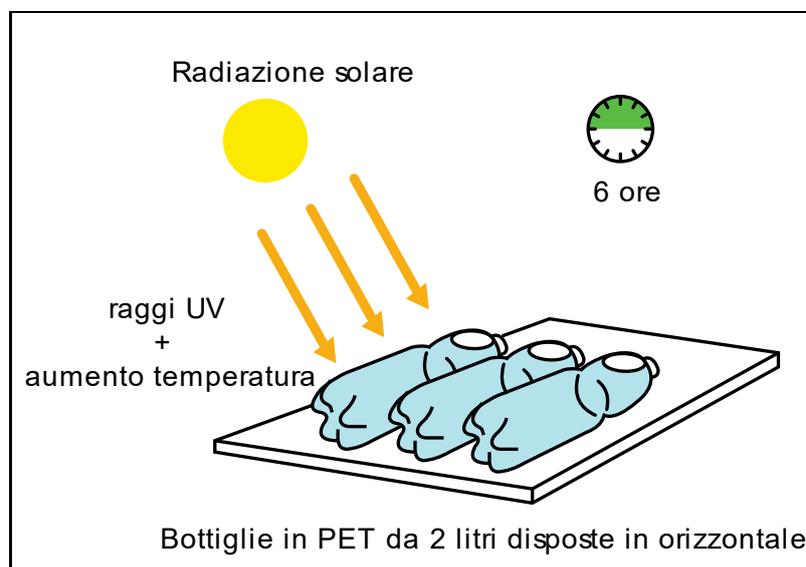
Un uomo ha bisogno di 2 litri d'acqua potabile al giorno per sopravvivere, mentre il fabbisogno giornaliero per una vita normale (considerando anche l'uso per l'igiene e l'uso alimentare) è di 20 litri nei Paesi in Via di Sviluppo. Se si riesce a rendere più sicura l'acqua consumata si può avere un notevole impatto positivo sulla salute della popolazione nei Paesi in Via di Sviluppo.

## Descrizione

Il metodo di disinfezione solare è stato descritto e studiato nel 1984 dal Professore Aftim Acra. Il metodo consiste nello sfruttare la combinazione tra raggi UV e aumento della temperatura dell'acqua che deriva dall'esposizione solare per eliminare i microorganismi nell'acqua, il metodo è efficace al 99,9%.

## Principio di funzionamento

SODIS è un metodo low-cost e semplice per purificare l'acqua che funziona attraverso l'esposizione solare. In particolare ponendo l'acqua in bottiglie di plastica trasparenti e esponendole al sole disposte orizzontalmente, i raggi UV-A insieme alla temperatura elevata dell'acqua eliminano i patogeni presenti all'interno.



*Schema di funzionamento del metodo SODIS.*

Perché il trattamento sia efficace l'acqua deve raggiungere una temperatura di 55° C, e rimanere in esposizione per 6 ore. Per aumentare e velocizzare il riscaldamento dell'acqua è opportuno esporre le bottiglie posandole su una lastra metallica, su un fondo scuro, sul tetto.

## Dati tecnici

Temperatura dell'acqua: > 55° C

Esposizione minima giornata serena: 6 ore

Esposizione minima giornata con nuvole: 48 ore

Efficacia contro patogeni e micro organismi: 99,9%

L'acqua deve comunque essere abbastanza limpida e le bottiglie che si usano durante l'esposizione non devono essere da più di 2 litri, altrimenti il processo non funziona.

## Benefici

Il metodo SODIS è in grado di eliminare virus e batteri dall'acqua e garantisce una fonte di acqua sicura da bere a costo zero e senza bisogno di costruire sistemi appositi.

È sfruttabile da chiunque in qualunque parte del mondo e può contribuire a migliorare notevolmente le condizioni igienico-sanitarie dei Paesi in Via di Sviluppo abbassando l'incidenza di malattie derivate da acque inquinate e contaminate.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia.  
(*Practical Action, 2011*), (*CDC, www.cdc.gov*).

## DISTILLATORE SOLARE SEMPLICE (Basin Type Still)

Ente/Progettista: n. d.

Anno: inizio 900'

Costo: 80 \$



*Distillatore solare.*

### Analisi di contesto



In molti paesi si verifica mancanza di disponibilità di acqua potabile, c'è un grande bisogno di trovare soluzioni alternative per procurarsene. Il processo di distillazione permette di ottenere acqua potabile a partire da acqua di mare, quindi salata, o contaminata. L'energia solare è una opzione low-cost e disponibile ovunque e a tutti per alimentare il ciclo di purificazione dell'acqua.

Il processo di purificazione dell'acqua per mezzo dell'energia solare è conosciuto da molti anni, ed è stato utilizzato anche in situazioni emergenziali, per esempio su alcune scialuppe di salvataggio. (SDWF, [www.safewater.org](http://www.safewater.org))

## Descrizione

Il modello più semplice di distillatore solare consiste in una cassetta coperta da un vetro inclinato con una via di uscita per l'acqua purificata e pronta all'uso che confluisce in un contenitore. Grazie all'energia solare è possibile separare l'acqua da sali e agenti contaminanti. La distillazione solare può essere usata per creare sistemi di approvvigionamento d'acqua in piccola scala autosufficienti.

## Materiali e Costruzione

I modelli più semplici di distillatori solari sono costituiti da un bacino che contiene l'acqua con il fondo scuro. Sopra viene chiuso da un coperchio inclinato trasparente che lascia passare i raggi solari e intrappola all'interno il calore e il vapore. L'inclinazione fa sì che le gocce condensate vengano raccolte e non ricadano nel contenitore iniziale.

Il costo iniziale di costruzione è direttamente proporzionato alla sua dimensione e capacità.

**Copertura:** può essere in vetro o in plastica, importante che abbia buone qualità di trasmissione della luce e che abbia una buona resistenza ai raggi UV (vetro preferibile alla plastica).

Il modello a vasca è tanto più efficiente quanto più lo spazio tra la copertura e il fondo del distillatore è ridotto.

**Bacino:** deve resistere all'alta salinità dell'acqua al suo interno e assorbire al massimo la radiazione solare. Per una soluzione low-cost può essere realizzato in calcestruzzo rivestito di gomma o vernice, in alternativa si può usare foglio di alluminio verniciato di scuro. Il livello dell'acqua va tenuto basso per facilitarne il riscaldamento.

**Materiale isolante:** è opzionale ma aiuta a migliorare il rendimento perché si riduce la dispersione termica, può essere usato il poliuretano.

Oltre al distillatore è necessario un contenitore di raccolta per l'acqua purificata e un tubo di collegamento.

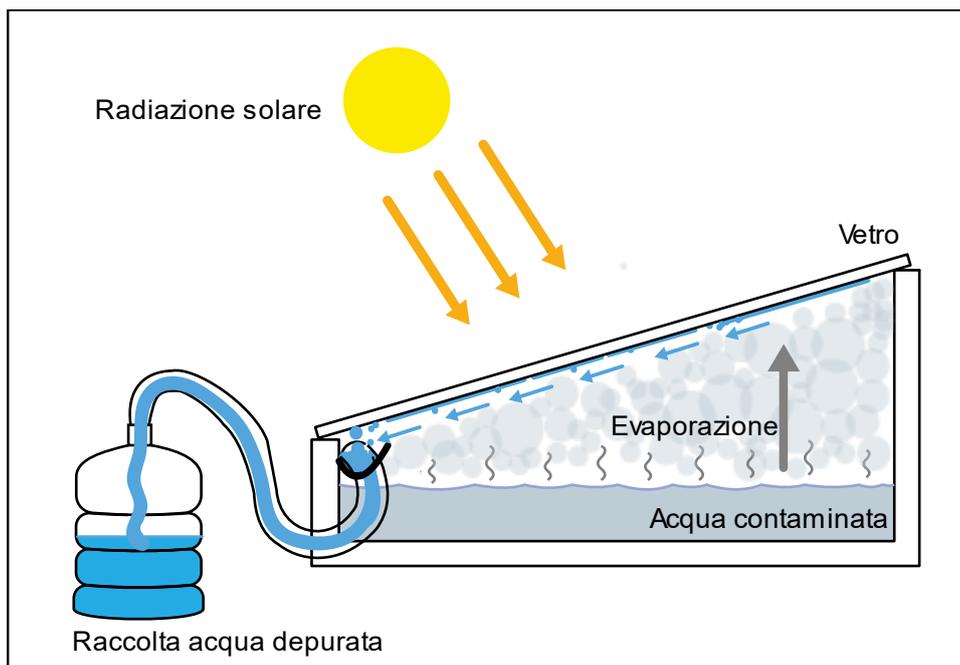
È possibile aggiungere delle pareti riflettenti ai lati della copertura del distillatore per aumentarne l'efficienza. (Harris K. e Scharl A., 1993)



### Principio di funzionamento

I distillatori solari vengono generalmente usati in aree remote dove c'è scarsa disponibilità d'acqua. Il processo di purificazione è semplice ma efficace, replica il ciclo naturale delle piogge e si basa su due principi: principio di evaporazione e condensazione.

I sali e i minerali contenuti nell'acqua non evaporano con essa poiché hanno temperature di evaporazione molto più alte, per cui mentre l'acqua evapora essi rimangono sul fondo. La radiazione solare passa attraverso il vetro e colpisce il fondo scuro del distillatore che assorbe la radiazione e la restituisce sotto forma di calore andando a scaldare progressivamente l'acqua. L'acqua raggiunge i 100° inizia a evaporare e si ricondensa sul vetro. Il vetro inclinato fa scivolare le gocce d'acqua che vengono raccolte in un apposito recipiente. (Alward R. e Lowand T. A., 1968)



*Schema di funzionamento del distillatore solare.*

## Dati tecnici

Acqua potabile prodotta in un giorno su 1 m<sup>2</sup> di distillatore: 3 litri.  
Inclinazione del coperchio: 10° - 20° C

## Benefici

Sistema low-cost e che necessita di poca manutenzione tutta via non è adatto a essere usato su larga scala ma solo per piccoli sistemi.

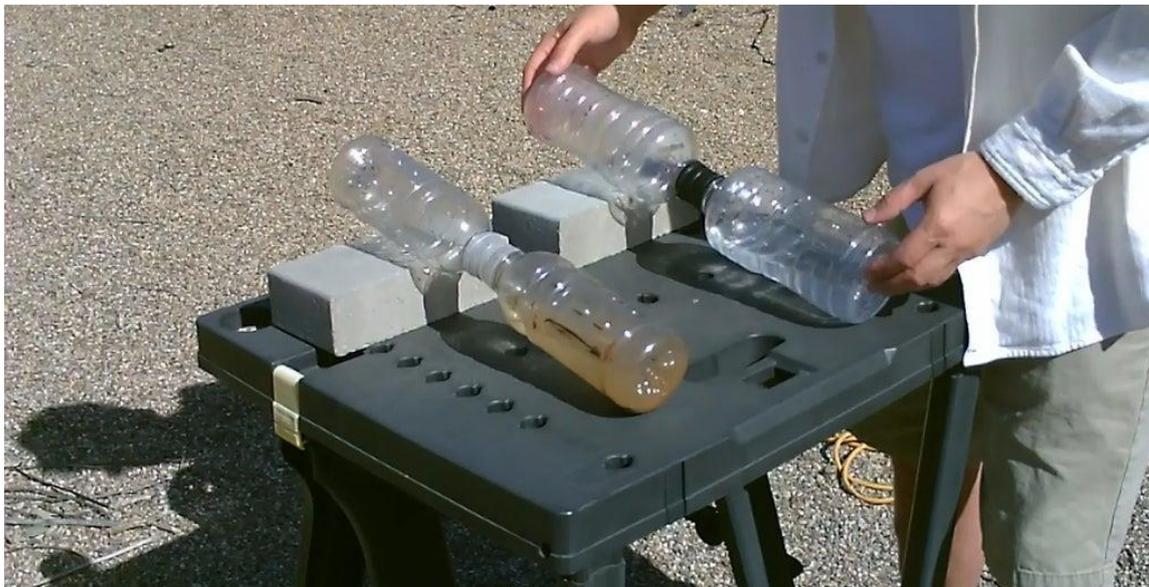
Non ha costi di gestione e utilizzo, perché utilizza una fonte di energia completamente gratuita e rinnovabile contribuendo a migliorare l'impatto ecologico sul pianeta. Allo stesso tempo lo svantaggio è che la luce non è disponibile di notte quindi può operare solo durante il giorno.

## Un modello autocostruito con materiale riciclato

Materiali:

- Bottiglie di plastica o vetro
- Colla o scotch

*(Instructables workshop, [www.instructable.com](http://www.instructable.com))*



*Esempio di distillatore solare ottenuto a partire da delle bottiglie di plastica di riciclo.*

# DISTILLATORE SOLARE COMPATTABILE

**Ente/Progettista:** Henry Glogau

**Anno:** 2021 (prototipo)

**Costo:** n. d.



*Distillatore solare portatile*



## **Analisi di contesto**

Il progetto riguarda gli insediamenti non regolamentari sulla costa del Cile, anche definiti baraccopoli, ovvero villaggi non pianificati dove le persone hanno occupato il suolo costruendo abitazioni con materiali di fortuna e che non rientrano nella regolamentazione vigente degli insediamenti statali; qui vivono le fasce più povere della popolazione. Proprio perché sorgono al di fuori della regolamentazione governativa questi insediamenti non hanno accesso ad acquedotti per

l'acqua potabile, servizi igienici e reti elettriche perché non sono collegati alle reti formali.



Questo rappresenta una grossa difficoltà nella vita quotidiana soprattutto per la mancanza di acqua potabile e costringe queste comunità a ricorrere a soluzioni non affidabili, pericolose e costose.

*Insedimenti abusivi e di fortuna in Cile.*

Sulle coste del Cile sono presenti due risorse in quantità illimitata: la luce del sole e l'acqua salata dell'oceano, la sfida del progetto era riuscire a sfruttare queste due risorse locali per migliorare la qualità della vita attraverso una tecnologia semplice e low-cost.



## Descrizione

Il distillatore d'acqua solare permette di rimuovere, grazie all'energia solare, patogeni pericolosi, zolfo e metalli pesanti da un qualunque tipo di acqua (salata o inquinata) rendendola potabile. Henry Glogau ha studiato una soluzione a bassa tecnologia che fosse accessibile, adattabile e scalabile per essere declinata in diversi contesti, inoltre ha ricercato una soluzione formale che permettesse di creare degli spazi di ombra pubblica per la comunità che potessero diventare spazi di aggregazione e di incontro.

Il risultato è un distillatore solare leggero e facilmente trasportabile costituito da pochi e semplici elementi in modo che possa essere assemblato dalle popolazioni locali ricorrendo a risorse e materiali già disponibili.

La struttura nel suo complesso è costituita da tre elementi principali: una struttura di supporto, il distillatore vero e proprio, il meccanismo interno per catturare e distribuire l'acqua.



*Struttura semplice, leggera, compattabile che crea spazi di ombra e aggregazione.*



## Materiali e Costruzione

La **struttura di supporto** è realizzata in canne di bambù unite tra loro grazie a legature, il progetto prevede un manuale di istruzioni che permetta di produrla e assemblarla localmente. Si ottiene così la base compattabile a fascio molto leggera, facilmente trasportabile.

Il **distillatore** è un telo in plastica resistente ai raggi UV per lo stoccaggio dell'acqua, il fondo è costituito da un telo di plastica scura per assorbire il calore dei raggi solari, la parte superiore di copertura invece è realizzata

in plastica trasparente per far passare la luce. Il telo inferiore forma una conca in cui viene raccolta l'acqua che deve essere purificata, mentre la parte superiore è tesa con una leggera pendenza verso il centro in corrispondenza del meccanismo. Grazie all'inclinazione il distillatore può raccogliere anche l'acqua piovana. Il distillatore può essere montato teso sopra la struttura in bambù oppure può essere sospeso in uno spazio tra le abitazioni, si può facilmente smontare e ripiegare per poterlo trasportare.



Il **meccanismo interno** per catturare e distribuire l'acqua distillata consiste in una sorta di imbuto, fissato al telo superiore, che raccoglie le gocce condensate di acqua purificata e le incanala in un tubo attraverso cui fluisce l'acqua purificata che viene poi raccolta in una tanica sottostante il distillatore. Sotto l'imbuto è presente un rubinetto che permette di bloccare il flusso.



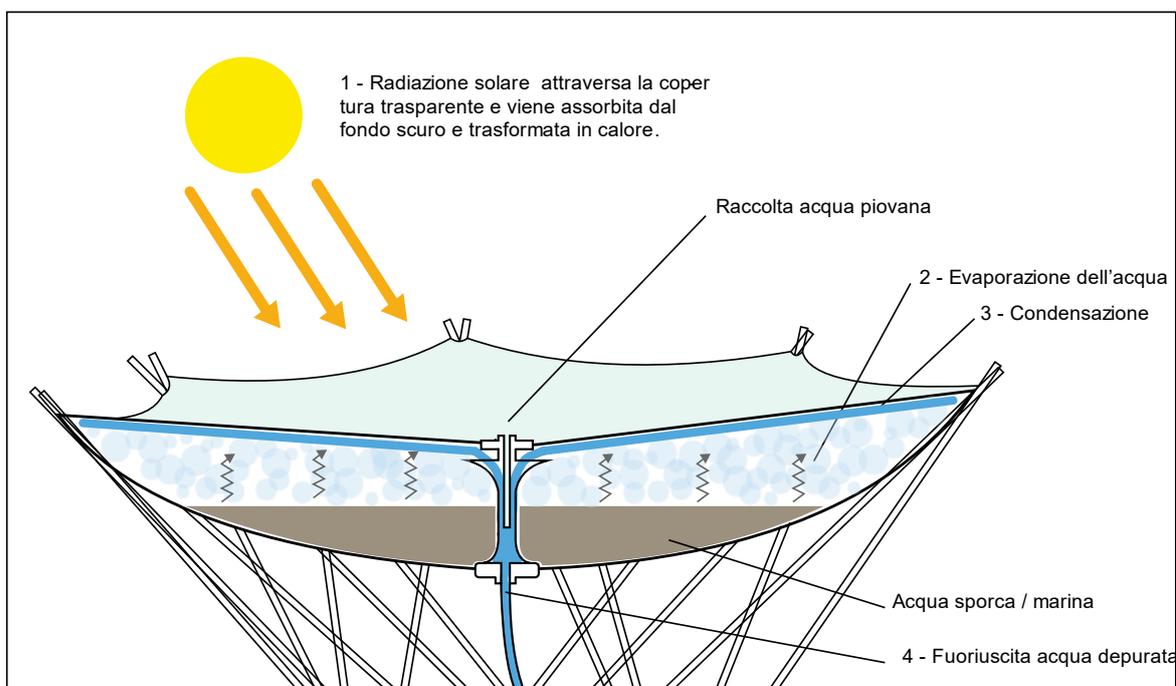
Tutti gli elementi possono essere adattati e costruiti con materiali di riciclo disponibili nelle diverse comunità, per esempio il meccanismo interno si può ottenere utilizzando delle bottiglie di plastica e i teli del distillatore possono essere materiali di recupero come imballaggi di nylon e sacchi neri.



*Moodboard dei materiali di riciclo utilizzabili per realizzare il distillatore.*

## Principio di funzionamento

I distillatori solari funzionano grazie ai principi di evaporazione, condensazione e precipitazione, gli stessi che permettono il ciclo delle piogge.



*Funzionamento del distillatore solare.*

Una volta montata la struttura in un luogo con una buona esposizione al sole il distillatore di forma circolare viene riempito d'acqua, il fondo scuro assorbendo la radiazione solare inizia a scaldare l'acqua fino alla temperatura di evaporazione.

L'acqua evapora lasciando i residui meno volatili e i sali sul fondo e condensa a contatto con la copertura superiore. Le gocce condensate scivolano sul telo trasparente, grazie alla leggera inclinazione, fino al centro in corrispondenza dell'imbuto che le fa confluire in un contenitore.

## Dati Tecnici

Diametro: 2,4 m

Acqua purificata in un giorno: 18 l

## Benefici

Fornisce una fonte di acqua pulita per le comunità, incrementando la qualità della vita e riducendo il rischio di malattie derivate dall'inquinamento dell'acqua e fornisce delle aree di ritrovo ombreggiate per la comunità.

Utilizza risorse energetiche naturali sostenibili e gratuite che aiutano l'ambiente e evitano inutili costi di trasporto di energia e acqua in queste aree.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia. (Lexus, [newsroom.lexus.it](https://newsroom.lexus.it)), (Materially, [www.materially.eu](http://www.materially.eu)), ("*Portable Solar Distiller | Henry Glogaw | Global Winner – 2021 | Lexus Design Award*", 2021).

## ELIODOMESTICO

**Ente/Progettista:** Gabriele Diamanti

**Anno:** 2012

**Costo:** 50 \$



*Eliodomestico, distillatore solare open source per purificare l'acqua.*

### **Analisi di contesto**

Nei Paesi in via di sviluppo un grande problema è l'approvvigionamento di acqua, in particolare di acqua pulita e potabile. Alcune soluzioni esplorate per l'approvvigionamento d'acqua prevedono costi per il servizio oppure l'utilizzo di combustibile per l'alimentazione delle pompe per sollevare acqua da pozzi. In una popolazione povera questo va a gravare sugli introiti delle famiglie.

Tuttavia nella maggior parte dei Paesi in via di sviluppo c'è una risorsa presente in abbondanza e completamente gratuita, l'energia solare.

Un un contesto marginale dove le risorse sono scarse e dove non c'è uno sviluppo tecnologico industriale la produzione di qualsiasi oggetto avviene in modo artigianale con materiali disponibili nella zona.

Spesso le soluzioni tecnologiche trapiantate nei Paesi in via di sviluppo non vengono comprese perché estranee a quel determinato contesto sociale, culturale e territoriale. Avere un progetto che rispecchia la cultura e nasce artigianalmente è una tecnologia che risulta più efficace rispetto a tecnologie incomprensibili alle popolazioni locali.



*Costruzione artigianale in terracotta.*

## Descrizione

Eliodomestico è un distillatore solare progettato da Gabriele Diamanti disponibile come open source, è pensato per fornire acqua potabile alle popolazioni dei Paesi in via di sviluppo grazie all'energia solare. Può essere usato sulle coste dove si ha a disposizione l'acqua del mare o in posti dove l'unica acqua disponibile è sporca o contaminata.



*Acqua marina e acque sporche da rendere potabili.*

L'Eliodomestico presenta forme familiari alle popolazioni dei Paesi in via di sviluppo, riprendono infatti la cultura e le abitudini di queste zone, ed è un oggetto dal funzionamento estremamente semplice, questo permette alle famiglie di essere autonome nel suo utilizzo e di esser in grado di intervenire direttamente per la sua manutenzione.



Il distillatore è composto da: un contenitore in cui viene versata l'acqua da depurare, un tubo per convogliare l'acqua purificata nella bacinella di raccolta, la bacinella di raccolta e il corpo che contiene tutti gli elementi.

## Materiali e Costruzione

Il contenitore per l'acqua è realizzato in metallo presenta un'apertura nella parte superiore sigillabile con un tappo avvitato. Questo contenitore è la "caldaia" del distillatore, ha la funzione di assorbire la radiazione solare e trasmetterla al liquido che si trova all'interno. L'utilizzo del metallo per la caldaia permette una maggiore efficienza nella trasmissione del calore e quindi nelle tempistiche rispetto a distillatori che utilizzano il vetro.



*Metallo e terracotta.*

Il tubo di collegamento tra la caldaia e la bacinella di raccolta, attraverso di esso passa il vapore che si ricondensa sotto forma di acqua senza impurità nella bacinella.

Il corpo del distillatore è realizzato in terracotta serve a supportare la caldaia e a coprire la bacinella in cui viene raccolta l'acqua purificata, presenta un'apertura sul lato che permette di estrarre e inserire la bacinella dell'acqua purificata senza dover spostare l'eliodomestico.

La bacinella di raccolta è realizzata in terracotta come il corpo ed è stata pensata per poter essere portata sulla testa, gestualità tipica delle donne africane, oppure può essere trasportata comodamente grazie alle due maniglie.



*Tutti i componenti dell'Eliodomestico.*

## Principio di funzionamento



Questo purificatore d'acqua solare ha un principio di funzionamento simile a quello di una caffettiera girata al contrario, con la caldaia in alto e l'uscita del vapore in basso.

Al sorgere del sole si versa l'acqua salata salmastra o sporca nel contenitore caldaia in metallo scuro e si avvita il tappo con chiusura ermetica; con l'esposizione solare il contenitore di metallo assorbe radiazione solare e la trasmette sottoforma di calore all'acqua contenuta al suo interno.



Riempire il contenitore superiore d'acqua.

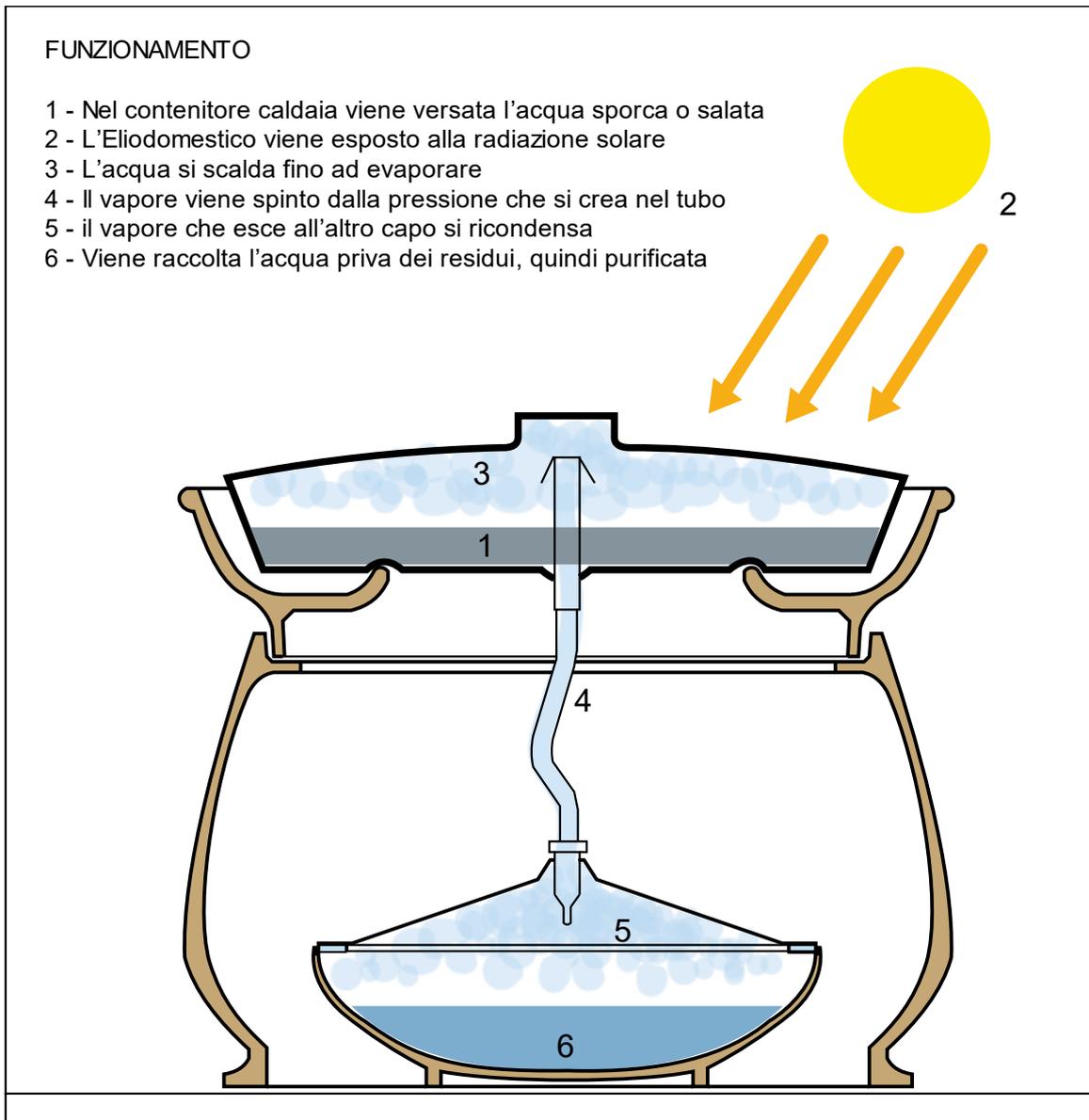
Lasciare 8 ore sotto luce solare diretta.

Estrarre la bacinella di raccolta dell'acqua purificata.

Portare l'acqua potabile all'abitazione per l'utilizzo.

In questo modo la temperatura del liquido aumenta fino a una temperatura di 90 gradi, con l'aumentare di pressione e calore l'acqua inizia a evaporare. Il vapore che si crea viene spinto, grazie a una leggera sovrappressione, attraverso un tubo che funziona da condensatore,

tornando in forma liquida l'acqua confluisce in una bacinella nella parte bassa del distillatore.



*Schema di funzionamento su vista sezionata.*

La purificazione avviene nel momento dell'evaporazione in quanto i detriti e la parte salina resta nel contenitore caldaia, l'acqua così purificata è pronta per essere utilizzata. Per poter funzionare l'Elidomestico ha bisogno di un'esposizione diretta alla luce del sole.

Il design dell'oggetto è realizzabile artigianalmente con materiali reperibili in loco, facilmente lavorabili e plasmabili: terracotta, zinco, plastica riciclata. Questo perché è stato progettato per essere costruito

direttamente dalle famiglie destinatarie del suo utilizzo, che possono occuparsi direttamente anche della sua manutenzione o sostituzione di pezzi.

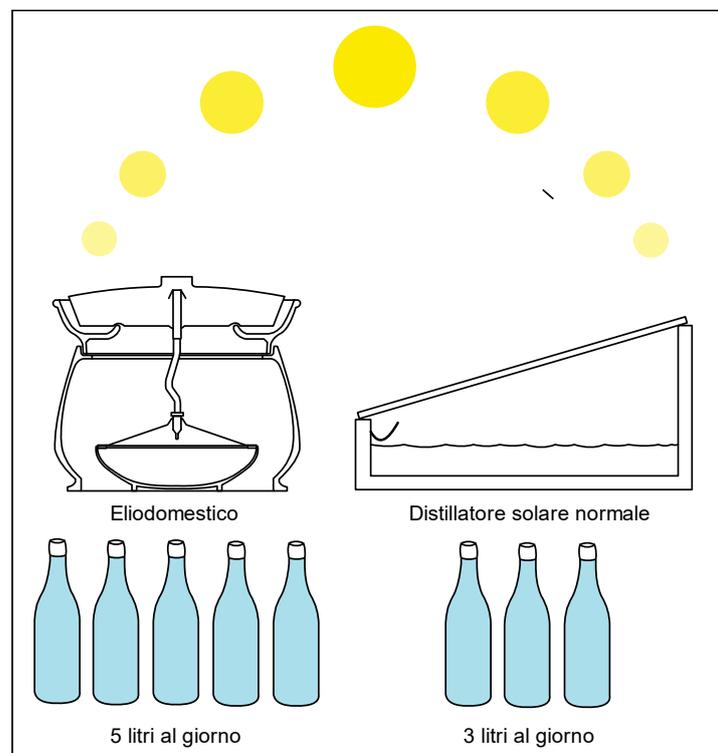
## Dati tecnici

Acqua depurata una giornata (8 ore di esposizione): 5 l

## Benefici

Grazie a Eliodomestico un nucleo familiare può procurarsi acqua potabile ogni giorno senza bisogno di recarsi al pozzo, percorrendo a volte diversi chilometri tutti i giorni, allo stesso tempo l'acqua che si ottiene è sicura e non veicola infezioni dovute a contaminazione.

Tutto il processo di funzionamento del purificatore è a costo zero per la famiglia perché sfrutta un'energia rinnovabile e gratuita, l'unico costo è quello iniziale di costruzione per l'approvvigionamento dei materiali, suo costo di produzione è di circa 50 \$, la metà rispetto a distillatori simili presenti in commercio. Inoltre è completamente gestibile dalla famiglia sia per l'utilizzo quotidiano che per l'eventuale manutenzione o riparazione grazie alla sua semplicità.



*Confronto tra Eliodomestico e un distillatore solare normale.*

Rendendolo un progetto open source Gabriele Diamanti lo ha reso disponibile a tutti, può essere costruito da chiunque, in questo modo si favorisce la sua diffusione e il suo utilizzo da parte di chi ne ha bisogno.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia. (Serafini M., 10 Novembre 2011), (N. d., 8 Febbraio 2017), (Gabriele Damati, [www.gabrieledamati.com](http://www.gabrieledamati.com))

### Purificatore solare d'acque grigie, Chad Veenkamp

Progetto molto simile all'Eliodomestico anche se differisce per i materiali impiegati è il *Grey water purification solar still* un progetto di tesi sviluppato da Chad Veenkamp nell'Industrial Design Program della Carleton University in Canada.

Pensato per ottenere acqua potabile e poter riutilizzare l'acqua impiegata per esempio per il bucato o per lavare, una volta purificata può essere utilizzata per innaffiare orti. Riesce a purificare 3 litri di acqua al giorno. (Behance, [www.behance.net](http://www.behance.net))



Purificatore solare (Behance).



Tutti i pezzi che compongono il purificatore solare (Behance).



Storyboard di utilizzo (Behance).

## ESSICCATORE SOLARE DIRETTO

Ente/Progettista: n. d.

Anno: 2014

Costo: 120 €



*Essiccatore solare diretto.*

### Analisi di contesto



*Essiccazione tradizionale.*

Nei Paesi Sottosviluppati tradizionalmente l'essiccazione avviene all'aria aperta, questo tipo di procedimento è oneroso nel tempo di gestione e ha una percentuale elevata di scarto dovuto alla contaminazione dei prodotti da parte di insetti, batteri, sabbia (Amelin D e Sourian C, 2014).

## Descrizione

Modello molto semplice di essiccatore che rispetto al metodo tradizionale offre uno spazio chiuso di essiccazione in cui il prodotto è coperto ed evita contaminazioni esterne, allo stesso tempo la copertura in vetro permette di raggiungere temperature elevate per una migliore efficienza nel processo di essiccazione.

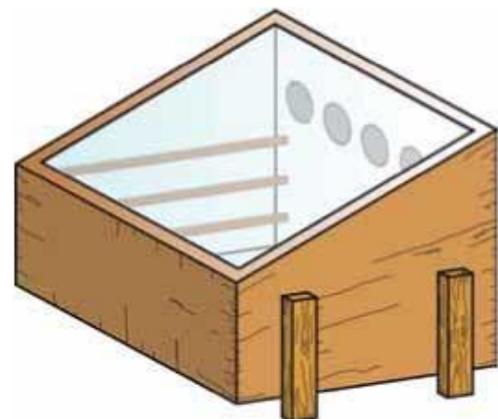
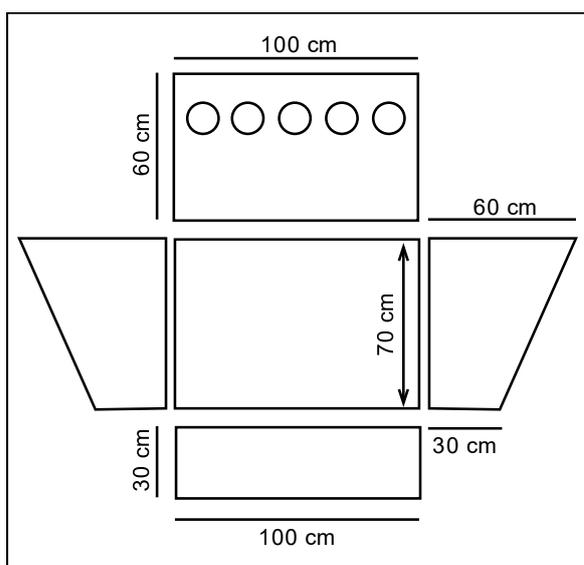
I raggi solari amplificati anche dal passaggio attraverso il vetro, colpiscono il prodotto in modo diretto facendolo essiccare, tuttavia l'esposizione diretta al sole causa anche la perdita delle vitamine contenute nell'alimento e l'alimento può perdere il colore acceso.

## Materiali e Costruzione

L'essiccatore è costituito da una cassetta in legno con copertura in vetro inclinata e dei fori per l'aerazione.

Materiali per la costruzione:

- Pannelli di legno con spessore tra 0,5 cm e 2 cm
- Vetro o plexiglas 100 x 60 cm
- Stecche di legno per una lunghezza totale di 350 cm
- Cerniere
- Viti e chiodi
- Rete fine per i ripiani di essiccazione

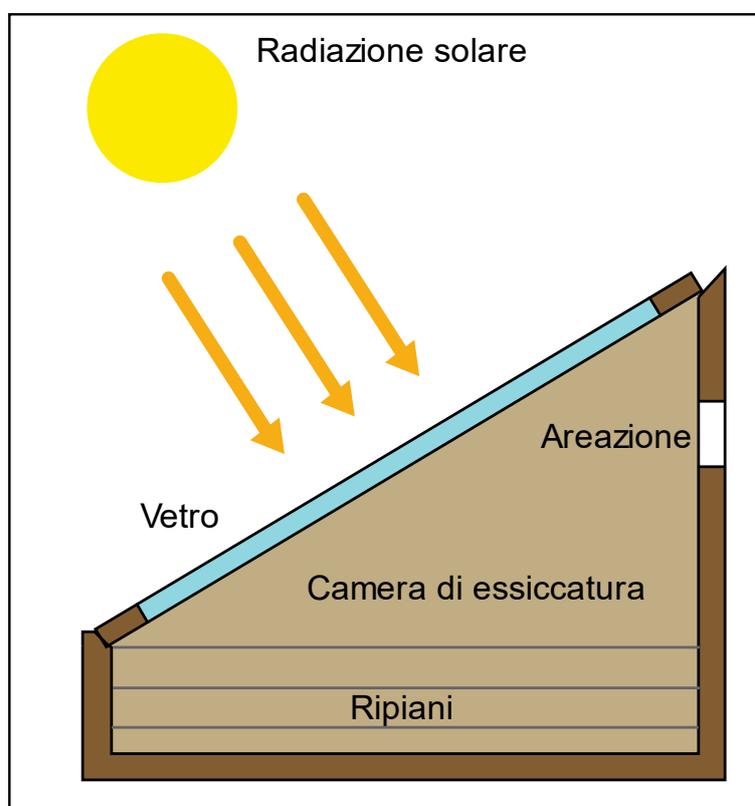


*Schema quotato dei pezzi da tagliare nel pannello di compensato.*

## Principio di funzionamento

Sfrutta l'energia solare diretta, la radiazione solare passa attraverso il vetro e viene intrappolata all'interno facendo aumentare la temperatura e asciugando progressivamente l'acqua contenuta negli alimenti.

Aspetto importante per ottenere un risultato buono è controllare che ci sia una buona ventilazione all'interno della camera di essiccazione, in presenza di troppa umidità si rischia la proliferazione di muffe e batteri che danneggiano il prodotto. (Amelin D e Sourian C, 2014)



*Schema di funzionamento dell'essiccatore solare diretto.*

Per operare al meglio il vetro dovrebbe essere ad una angolatura di 45° rispetto ai raggi solari incidenti e rivolto verso sud per prendere sole durante tutto l'arco della giornata.

## Dati tecnici

Può essiccare tra 1 e 10 kg di prodotto al giorno, a seconda delle condizioni meteo e delle proprietà del prodotto messo a essiccare (% di umidità, dimensioni dei pezzi...)

## Benefici

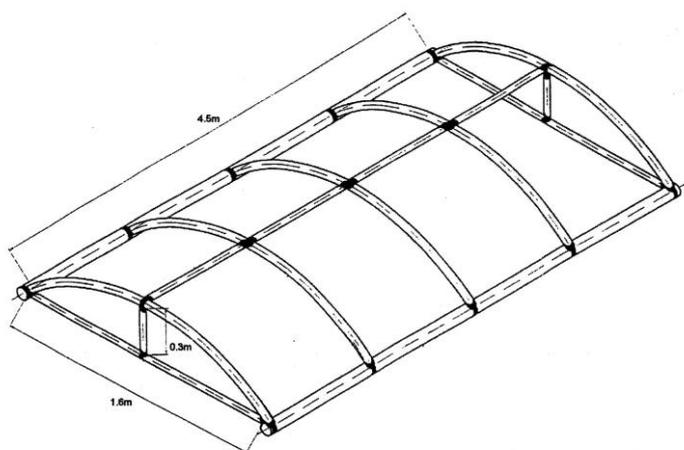
È uno strumento che può essere impiegato a livello familiare per conservare la propria produzione di ortaggi e frutta che non viene consumata nell'immediato in modo da avere delle scorte per l'anno e non sprecare risorse alimentari.

Ha il vantaggio di proteggere il prodotto durante il processo di essiccazione da contaminazioni dovute a insetti, animali e agenti atmosferici permettendo di avere un risultato migliore e meno perdita di prodotto.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia.  
(Amelin D e Sourian C, 2014).

## Philippine German Coconut Project

Un progetto di GTZ nel 1994 ha sviluppato e testato un essiccatore solare per le noci di cocco nelle Filippine. Ha il vantaggio di essere leggero, trasportabile e economico e allo stesso tempo migliorare i tempi di essiccazione e la qualità del prodotto [Green M.G. e Schwarz D.,2001a]. È costruito con stecche di bambù, un telo trasparente in PET resistente ai raggi UV, spago (Green M.G. e Schwarz D.,2001b).



Capienza di prodotto:  
20-300 noci di cocco per  
volta

Area di essiccazione:  
7 m<sup>2</sup>

Temperatura in funzione:  
T. ambiente + 40°

Costo:  
15 \$

## ESSICCATORE SOLARE INDIRETTO A CONVEZIONE NATURALE

**Ente/Progettista:** n. d.

**Anno:** 1977

**Costo:** 50 \$



*Essiccatore solare a convezione naturale (Mahil N. et al., Maggio 2019)*

### Analisi di contesto

Nei Paesi in Via di Sviluppo lo spreco di frutta e verdura è pari al 50% della produzione e lo spreco di cereali circa il 25%. Il problema principale riguarda la conservazione degli alimenti, i principali metodi di conservazione degli alimenti sono: inscatolamento, congelamento, stagionatura (affumicatura e salatura) ed essiccazione.



*Alcuni metodi di conservazione degli alimenti.*

Le due tipologie più semplici da realizzare in contesti con poche risorse sono l'affumicatura e l'essiccazione.

L'essiccazione è un metodo antico che viene impiegato da migliaia di anni per conservare alimenti. Attraverso questo processo si ottiene un prodotto più piccolo e leggero in quanto privato di una buona parte della sua percentuale di umidità. Un metodo di conservazione applicabile a diversi tipi di prodotto: frutta, verdura, cereali, carne e pesce, frutta secca (*Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 1976*). Asciugando e togliendo parte dell'acqua contenuta all'interno dell'alimento si riduce notevolmente il rischio di deterioramento dovuto a muffe e batteri. Una volta essiccato il prodotto, confezionato o stoccato in un ambiente asciutto e buio, può essere conservato per sei mesi o un anno.

## Descrizione

Si tratta di un essiccatore ad uso domestico costruibile in autonomia con pochi utensili. Negli essiccatori solari indiretti il sole non entra a diretto contatto con il prodotto, in questo modo vengono preservate vitamine e nutrienti e il prodotto non ossida.

Ogni essiccatore è composto da tre elementi fondamentali: il **collettore solare**, la **camera di essiccazione** e un **sistema di circolazione dell'aria**. In questo modello viene sfruttata la convezione naturale cioè la circolazione dell'aria in un ambiente dovuto alla variazione della sua temperatura, l'aria calda tende a spostarsi verso l'alto l'aria fredda verso il basso. (*Green M.G. e Schwarz D.,2001c*)

## Materiali e Costruzione

Per poter costruire l'essiccatore occorre procurarsi i materiali e gli strumenti.

**Materiali:** foglio di compensato, travetti di legno, foglio di metallo, materiale isolante, lamiera di metallo per copertura, foglio di alluminio (stagnola), plastica o vetro trasparente per la copertura, viti, chiodi, rete anti-insetti.

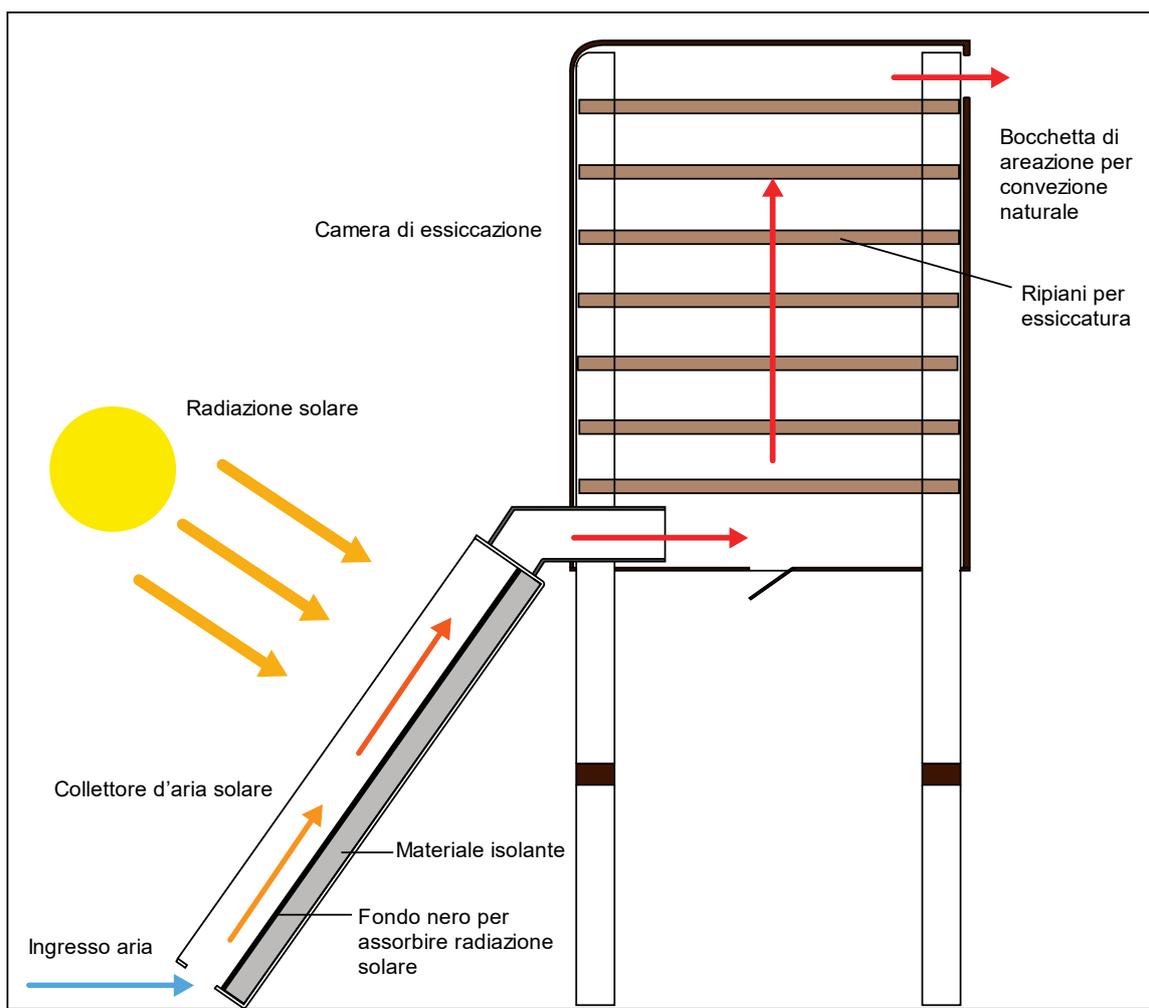
**Strumenti:** martello, sega, metro, squadrette, cacciavite, cesoie per metallo, forbici, matita, pennello. (*Amelin D e Sourian C, 2014*)

## Principio di funzionamento

Questo essiccatore solare indiretto è costituito un collettore solare e una camera di essiccazione con circolazione d'aria.

Il collettore ha la funzione di catturare la radiazione solare e trasmetterla sottoforma di calore all'aria, l'aria passa prima nel collettore, si scalda e poi passa alla camera di essiccatura dove assorbe l'umidità dei prodotti che si trovano all'interno. Una volta attraversata tutta la camera di essiccatura fuoriesce dalla presa d'aria posizionata in cima, portando con sé parte dell'umidità.

La camera di essiccazione è un parallelepipedo all'interno del quale sono presenti più ripiani uno sopra l'altro per la disposizione dei prodotti da essiccare. I tempi di essiccatura variano poiché dipendono dal tipo di alimento e dalle condizioni ambientali del luogo. (Valdez A. e M., 1977)



Schema di funzionamento dell'essiccatore solare con collettore d'aria calda.

## Dati tecnici

Il collettore solare permette di scaldare l'aria di 10°-30° gradi in più rispetto alla temperatura ambientale.

Per avere una buona conservazione degli alimenti, l'umidità del prodotto finale deve essere al disotto di determinati livelli: meno del 20% per la frutta, intorno al 10% per le verdure e intorno al 10-15% per i cereali. Green (M.G. e Schwarz D.,2001c)

ALIMENTO	Umidità iniziale	Umidità finale
Riso	24%	14%
Mais	35%	15%
Patate	75%	13%
Albicocche	85%	18%
Caffè	50%	11%

*Tabella con valori di umidità di alcuni prodotti prima e dopo essiccazione.*

## Benefici

L'essiccazione usata come metodo di conservazione e valorizzazione degli alimenti permette di ridurre drasticamente lo scarto alimentare

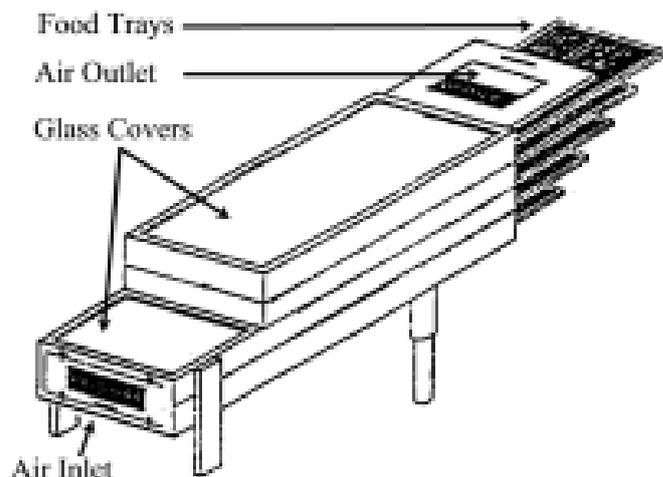


dovuto al deperimento degli alimenti freschi, assicura scorte a lungo termine per le comunità locali che in caso di carestie o annate poco produttive hanno scorte di cibo. Inoltre alcuni prodotti vengono economicamente valorizzati e possono essere esportati e venduti su mercati più grandi con un ritorno economico positivo per le famiglie.

*Frutta secca, prodotto pregiato e ricercato sui mercati occidentali.*

## Modelli simili di essiccatori solari a convezione naturale

Il **Black box solar dryer** è composto da una camera di riscaldamento dell'aria e una camera di essiccazione ognuna con copertura di vetro. Il vetro intrappola il calore derivato dalla radiazione solare in questo modo la temperatura all'interno aumenta fino a 40° sopra la temperatura ambientale (*Green M.G. e Schwarz D.,2001°*).



Capienza di prodotto:  
15-20 kg

Area di essiccazione:  
5 m<sup>2</sup>

Temperatura in funzione:  
T. ambiente + 40°

Costo:  
340 \$

**Elio** è un essiccatore solare prodotto molto simili a quello del caso studio ma prodotto con materiali superleggeri, ambientalmente sostenibili e con coperture trasparenti. (*Ortosulterrazzo, [www.ortosulterrazzo.it](http://www.ortosulterrazzo.it)*)

Capienza di prodotto:  
5 kg

Temperatura in funzione:  
tra i 35°C e i 50°C

Costo:  
420 €



## ESSICCATORE SOLARE A TUNNEL HOHENHEIM

**Ente/Progettista:** University of Hohenheim (Germany) e Innotech

**Anno:** 1996

**Costo:** 5 250 \$



*Essiccatore solare a tunnel di tipo Hohenheim. (Research Gate)*

### Analisi di contesto

Nei Paesi in via di sviluppo che si trovano in zone con clima tropicale e subtropicale, circa il 70 % dei prodotti agricoli si deteriora dopo il raccolto causa di sistemi di stoccaggio inadeguati e processi per la conservazione tradizionali non abbastanza raffinati; inoltre infrastrutture inadeguate rendono impossibile ai piccoli agricoltori entrare nei grandi mercati (*Board on Science and Technology for International Development, 1978*). Dopo il raccolto l'eccedenza può essere venduta solo sul mercato regionale a prezzi contenuti in quanto non ci sono infrastrutture che permettono un trasporto rapido per vendere su larga scala o in altri Paesi senza che i prodotti freschi come la frutta si deteriorino.



*Scarto prodotti agricoli.*

La tecnica dell'essiccazione è conosciuta dall'antichità come metodo di conservazione a lungo termine per gli alimenti, il metodo tradizionale prevede l'essiccazione tramite esposizione diretta del prodotto al sole e all'aria.



*Essiccazione di pomodori con metodo tradizionale, sotto il sole all'aria aperta.*

Questo metodo ha permesso a intere civiltà di conservare i prodotti per consumarli durante l'anno, tuttavia presenta alcune criticità. Con l'esposizione diretta i prodotti sono esposti a eventuali intemperie e agli insetti, che vanno a mangiucchiare e rovinare i prodotti, inoltre spesso prodotti molto acquosi come la frutta ossidano durante il processo perdendo colore e non sempre perdono abbastanza acqua da conservarsi effettivamente per lunghi periodi.

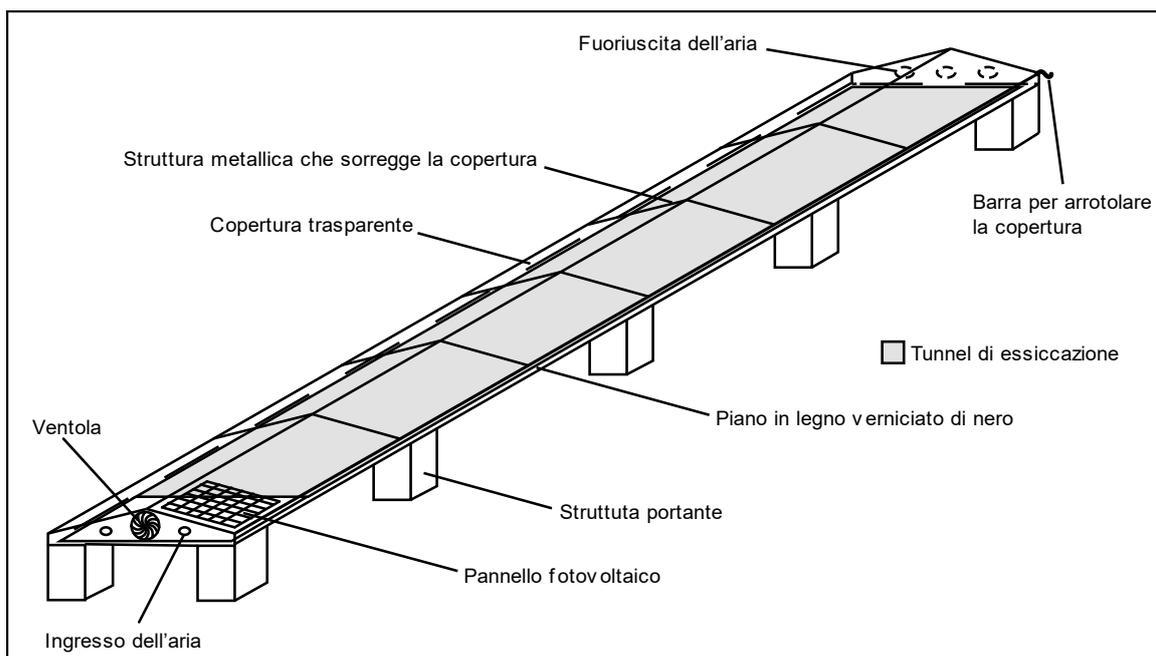
## Descrizione

L'essiccatore solare a tunnel è stato progettato e messo a punto dall'università tedesca di Hohenheim, da cui prende il nome, e dall'azienda Innotech, pensato per fattorie di medie dimensioni o cooperative nei Paesi in via di Sviluppo.



*Innotech essiccatore a tunnel.*

La struttura consiste in una **camera di essiccazione** a forma di tunnel e rialzata da terra coperto da un telo trasparente. Lo stesso tunnel, con fondo scuro, funziona anche da **collettore solare** per catturare la radiazione solare e trasformarla in calore. Una estremità del tunnel è chiusa e ha dei passaggi per l'aria protetti da una rete anti-insetto. All'estremità opposta è presente un pannello solare fotovoltaico che alimenta il **sistema di ventilazione a convezione forzata**, costituito di una ventola che garantisce un flusso d'aria continuo all'interno del tunnel.



*Componenti del tunnel Hohenheim.*

Questo essiccatore sfrutta l'energia solare diretta e indiretta per l'essiccazione di frutta, verdura ed erbe, rispetto al metodo tradizionale di essiccazione all'aria aperta permette di avere prodotti finiti di migliore qualità in minor tempo. Infatti grazie alla copertura i prodotti sono al riparo dalle intemperie e non vengono intaccati o contaminati da insetti e animali.

## **Materiali e Costruzione**

La struttura nel suo complesso è semplice e adattabile ai contesti a seconda dei materiali disponibili in loco, grazie alla semplicità del progetto la costruzione è veloce, e la gestione facile e sicura.

La struttura è costituita da un **piano rialzato** da terra realizzato in legno, lungo 18 metri e largo 2, sul quale vengono disposti i prodotti da essiccare; questo piano viene verniciato di nero per assorbire al massimo la radiazione solare. Sopra il piano è posta una **copertura** a capanna realizzata in plastica trasparente, che insieme al piano costituisce il tunnel dell'essiccatore. Da uno dei due lati la copertura può essere arrotolata attorno ad un'**asta** metallica, per permettere agli agricoltori di lavorare sul piano e disporre i prodotti da essiccare.

A uno degli estremi del tunnel viene posta una **ventola** collegata a un **pannello solare fotovoltaico** mentre all'estremo opposto sono presenti dei fori di uscita per la fuoriuscita dell'umidità; sia il punto di ingresso che di uscita dell'aria sono a tenuta di insetti.

I supporti per sopraelevare la struttura da terra, che costituiscono la base, possono essere costruiti in mattoni pietra o legno.

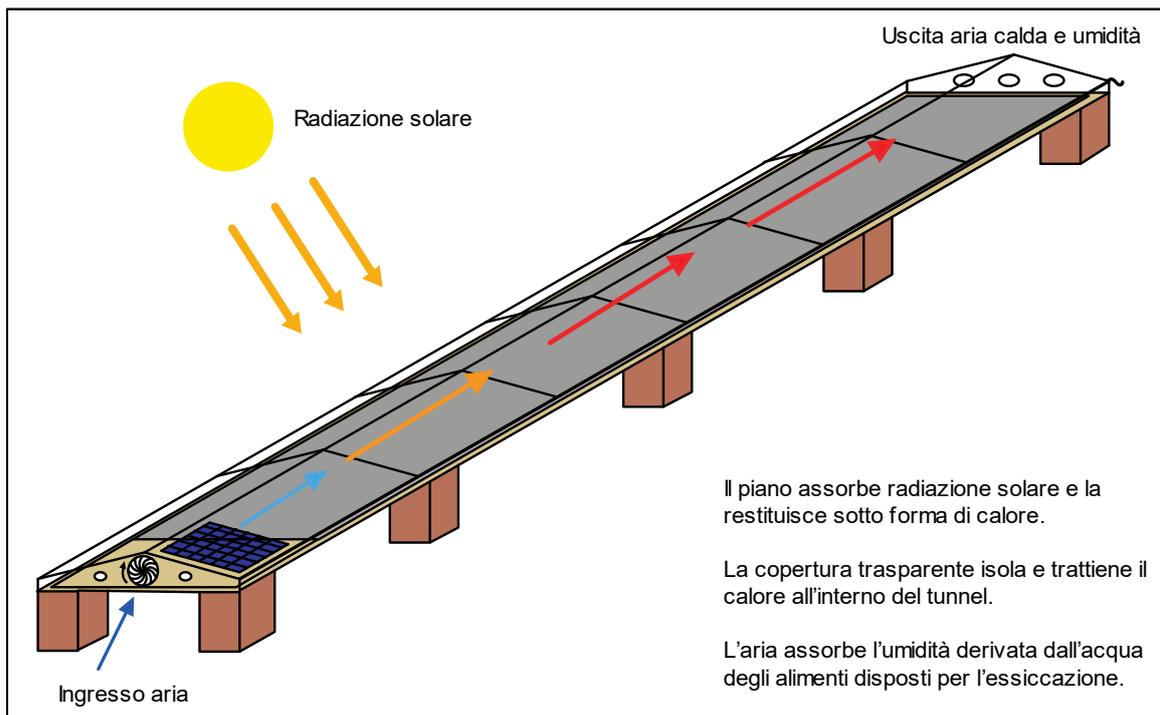
### **Principio di funzionamento**

Il processo di essiccazione all'interno del tunnel Hohenheim avviene grazie all'energia solare, sfruttata in due modi: direttamente e indirettamente.

Il piano in legno funziona da collettore, assorbe la radiazione solare e la trasforma in calore, utilizzando l'energia solare in modo diretto. Grazie alla copertura trasparente, che crea una sorta di serra, il calore viene trattenuto all'interno del tunnel e la temperatura all'interno aumenta. Con le temperature elevate l'acqua contenuta all'interno della frutta o della verdura inizia a evaporare e i prodotti si essiccano progressivamente.

L'umidità che si accumula nel tunnel viene assorbita dall'aria e portata fuori grazie al sistema di ventilazione alimentato dal pannello fotovoltaico. La ventola permette di avere un ricircolo continuo di aria tenendo bassi i livelli di umidità e favorisce il mantenimento costante della temperatura

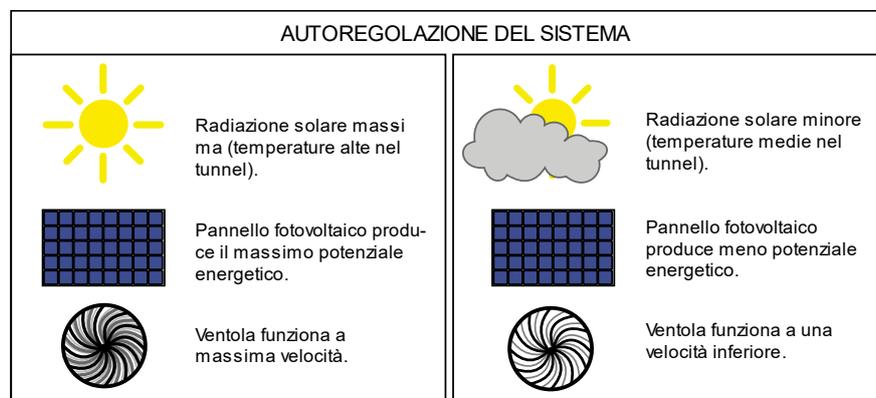
Il sistema di ventilazione sfrutta l'energia solare indiretta in quanto viene alimentato attraverso il pannello fotovoltaico, il pannello assorbe la radiazione solare e la trasforma in energia elettrica per il funzionamento della ventola.



Schema di funzionamento dell'essiccatore a tunnel.

Una particolarità di questo **impianto** è che **si autoregola**, grazie al sistema di ventilazione alimentato dal modulo fotovoltaico.

Quando la radiazione solare è molto forte la temperatura all'interno dell'essiccatore aumenta velocemente, la ventola deve quindi fornire un flusso d'aria maggiore per evitare che le temperature aumentino eccessivamente. Nelle stesse condizioni anche il modulo fotovoltaico produce il massimo potenziale energetico e quindi la ventola gira alla massima velocità. Quando la radiazione solare è più debole la ventola gira più lentamente e l'aria rimane più a lungo all'interno del tunnel.



Perché il sistema funzioni non c'è bisogno di cielo limpido, funziona anche con meteo sfavorevole seppur più lentamente.

## Dati tecnici

Capacità: 300-500 kg

Dimensioni: 18 m x 2 m

Potenza fornita dal pannello fotovoltaico: 20-40 W

Ricircolo d'aria: 400-1200 m<sup>3</sup>/h

## Benefici

Grazie a temperature più alte con un flusso di aria che toglie l'umidità, il processo di essiccazione viene velocizzato e migliorato ottenendo prodotti di qualità non soggetti a ossidazione che mantengono un colore acceso.



*Differenza tra un prodotto di essiccazione che ha subito ossidazione (a sinistra), e uno ben conservato (a destra).*

Rispetto al metodo tradizionale all'aria aperta il tunnel offre riparo da intemperie e contaminazione o deterioramento dovuto a insetti.

Grazie a questo essiccatore è possibile valorizzare l'eccedenza dei raccolti, si evita lo spreco ottenendo un prodotto non deperibile conservabile per periodi lunghi e di qualità, che a differenza dei prodotti freschi, non presenta criticità di conservazione durante il trasporto.

Il prodotto finale acquista valore commerciale, grazie ai risultati di miglior qualità rispetto ai metodi tradizionali, e viene venduto sui mercati a prezzi più alti o esportato e venduto su mercati esteri, dove per esempio la frutta secca è molto pregiata e ricercata. In questo modo gli agricoltori non solo hanno meno spreco delle eccedenze ma riescono a valorizzarla e entrare in mercati più grandi ottenendo così introiti maggiori e più costanti che non dipendono solo dai raccolti stagionali.

Sfruttando energia naturale e rinnovabile non ha costi di gestione e utilizzo fatto salvo per l'investimento iniziale, è ambientalmente sostenibile ed è energeticamente autosufficiente rispetto ad altre tecnologie che necessitano di combustibile o energia elettrica.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia. (*Innotech, www.innotech-ing.com*), (*Green M.G. e Schwarz D., 2001a*).

### Essiccatore di tipo Hohenheim in piccola scala

Esempio di essiccatore solare a tunnel ad uso autocostruito seguendo il modello Hohenheim. Si tratta di un essiccatore ad uso familiare pensato per essiccare prodotti direttamente a casa e crearsi delle conserve da consumare nell'arco dell'anno, in questo modo è possibile preservare per esempio frutti estivi e consumarli in inverno.

Il modello è stato costruito il legno in due versioni: uno con una copertura ad arco e uno con il tetto a capanna.



Una volta completata l'essiccazione i prodotti vanno conservati al buio altrimenti perdono il colore acceso. (*Solar brucke, n.d.*)

## ESSICCATORE SOLARE A TUNNEL BUBBLE

**Ente/Progettista:** IRRI, Università di Hohenheim e GrainPro

**Anno:** 2014

**Costo:** 1 200 \$



*Essiccatore solare a tunnel Bubble*

### **Analisi di contesto**



Il riso rappresenta la principale fonte di cibo per una buona porzione della popolazione mondiale, in particolare per le Popolazioni dei Paesi in via di sviluppo dell'Asia e di alcune zone dell'Africa. L'essiccazione del riso per la sua conservazione avviene tradizionalmente stendendo il riso su grandi teli e facendolo asciugare al sole e all'aria.

Il risultato che si ottiene è fortemente condizionato dalle condizioni climatiche che si presentano, l'essiccazione finale non è uniforme e si ha una cattiva conservazione dell'alimento. Animali e uccelli si cibano del riso mentre è esposto per l'essiccazione portando alla perdita di una parte del raccolto.



*Essiccazione del riso su grandi teli al sole, possibile causa di perdita di una parte del raccolto. (IRRI)*

Nei Paesi in via di sviluppo le zone rurali raramente sono ben servite da reti di corrente elettrica e infrastrutture efficienti per l'approvvigionamento di carburante, inoltre la popolazione è povera e il carburante molto costoso per cui molte delle tecnologie del mondo occidentale sono difficilmente utilizzabili per il miglioramento del processo.

L' IRRI, International Rice Research Institute, insieme all'Università di Hohenheim ha sviluppato un essiccatore a tunnel che riprende lo stesso tipo di funzionamento dell'essiccatore solare Hohenheim cercando però una soluzione molto più leggera, economica e trasportabile. (IRRI [www.knowledgebank.irri.org](http://www.knowledgebank.irri.org))

## **Descrizione**

L'essiccatore a tunnel Bubble è una soluzione low-cost indipendente dall'utilizzo di carburanti ed energia elettrica per il suo funzionamento, per cui poco costosa da mantenere e utilizzare.

Si tratta di un essiccatore solare che minimizza gli effetti negativi degli improvvisi cambiamenti di tempo sul raccolto durante il periodo di essiccazione, permette di avere il raccolto al riparo e di favorire un'essiccazione omogenea del riso.

Appare come un lungo tunnel in plastica appoggiato direttamente a terra e collegato a un pannello fotovoltaico.



*Tunnel dell'essiccatore Bubble visto dall'interno con riso disposto per l'essiccazione.*

## Materiali e Costruzione

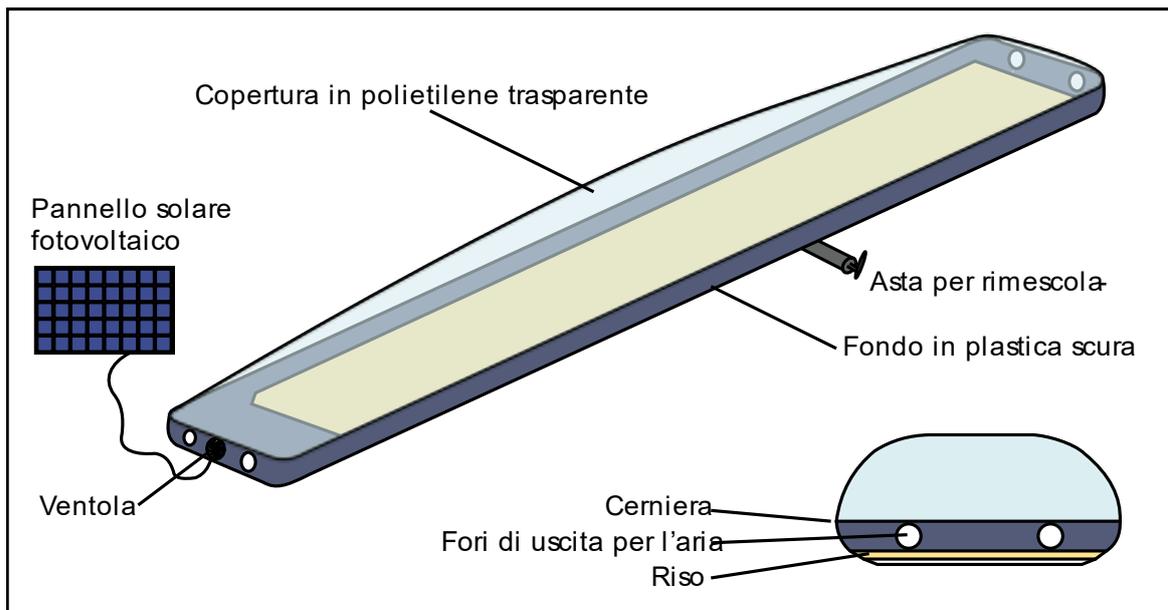
Consiste in un lungo tunnel in plastica formato da due parti: il fondo e la copertura. Il fondo è realizzato in materiale plastico a tenuta stagna per evitare infiltrazioni di acqua e umidità ed è di colore scuro per assorbire al massimo la radiazione solare, la copertura superiore è in polietilene trasparente trattato per essere resistente ai raggi UV. Le due parti sono unite da cerniere estremamente resistenti e impermeabili che sigillano le due metà insieme.



Sotto al fondo scuro è posizionata un'asta che, fatta scorrere manualmente da due persone sotto il tunnel, permette di rivoltare il riso all'interno per farlo asciugare uniformemente.



A completamento dell'essiccatore è presente un sistema di ventilazione costituito da una ventola alimentata da un pannello solare, che garantisce il ricircolo dell'aria e la fuoriuscita dell'umidità dal tunnel.



Schema illustrativo della composizione dell'essiccatore a tunnel Bubble.



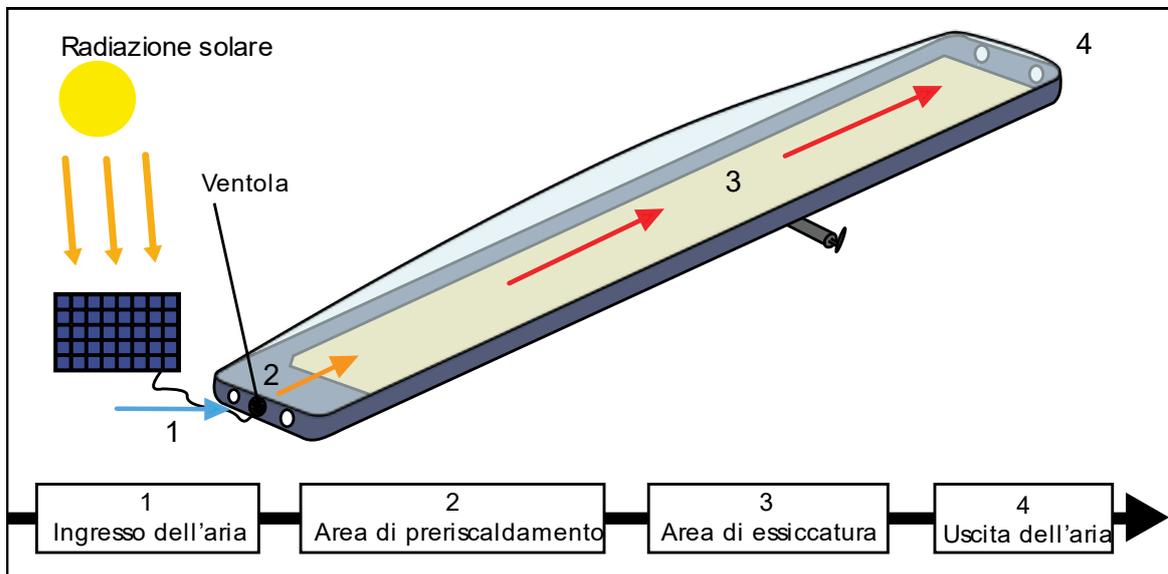
Asta per rimescolare il riso. (Salvatierra-Rojas A. [et al.] Maggio 2017)

## Principio di funzionamento

Per iniziare il processo di essiccazione il riso viene distribuito sul fondo impermeabile, una volta pronto viene coperto con il telo trasparente e il tunnel viene sigillato chiudendo le cerniere. Una volta sigillate le due parti che costituiscono l'essiccatore, entra in funzione il sistema di ventilazione che soffiando aria all'interno gonfia l'essiccatore dandogli la forma di un tunnel.

La radiazione solare che raggiunge il tunnel viene assorbita grazie al fondo scuro e trasformata in calore che scalda l'ambiente interno. Con il calore l'acqua contenuta nel riso evapora lasciando il riso con una percentuale di acqua sempre più bassa. L'umidità che si crea all'interno del tunnel viene espulsa grazie al sistema di ventilazione che garantisce

un flusso di aria costante. Il sistema di ventilazione è alimentato da un pannello fotovoltaico che assorbe la radiazione solare e la trasforma in energia elettrica.



*Schema di funzionamento dell'essiccatore Bubble.*

Come nel caso dell'essiccatore Hohenheim l'energia solare viene sfruttata in due modi, l'energia diretta per il riscaldamento del tunnel, e la conseguente evaporazione dell'acqua, e in modo indiretto attraverso il pannello fotovoltaico per l'alimentazione del sistema di ventilazione.

Durante il periodo di essiccazione è possibile rimestare il riso grazie a un'asta che passa sotto il tunnel in questo modo l'essiccazione del riso risulta uniforme.

## Dati tecnici

Esistono due versioni del Solar Bubble Dryer con una superficie per l'essiccazione rispettivamente di 25 e 50 metri quadri.

### SBD 25

Capacità: 500 kg

Dimensioni: 12,5 m x 2 m

Area di essiccazione: 25 m<sup>2</sup>

Peso dell'essiccatore: 57 kg

Potenza del pannello fotovoltaico: 100 W

## SBD 50

Capacità: 1000 kg

Dimensioni: 25 m x 2 m

Area di essiccazione: 50 m<sup>2</sup>

Peso dell'essiccatore: 95 kg

Potenza del pannello fotovoltaico: 100 W x 2

(*Grainpro, www.grainpro.com*)

## Benefici

L'essiccatore solare Bubble è relativamente leggero e compattabile in questo modo è trasportabile e può essere montato e smontato velocemente. Avendo una struttura mobile e ripiegabile non è legato a un determinato luogo, può essere montato in diversi luoghi a seconda della necessità.



*Essiccatore solare Bubble mentre viene montato in un campo. (Grainpro)*

Permette alle popolazioni e ai coltivatori di avere una resa maggiore dal raccolto e una migliore conservazione e qualità grazie al fatto che ripara il raccolto da intemperie e animali e permette di ottenere una essiccazione uniforme riducendo i tempi.

Grazie all'utilizzo dell'energia solare non presenta costi di gestione ed è autosufficiente e indipendente dalla disponibilità di carburante e dai collegamenti a reti elettriche, questo lo rende adatto anche a luoghi remoti o isolati.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia. (*Salvatierra-Rojas A. [et al.] Maggio 2017, (Adaptive AG, www.adaptive.ag), (Grainpro, www.grainpro.com)*).

## COOKIT

**Ente/Progettista:** SCI (Solar Cookers International)

**Anno:** 1994

**Costo:** 5 \$



*Fornelli solari Cookit utilizzati per la cottura dei pasti in Kenya. (De La Rocha I., 1 Novembre 2019)*

### Analisi di contesto



Dai tempi antichi il fuoco e la legna sono state le principali fonti di energia e calore e l'unico mezzo per poter cucinare. Nei Paesi in via di Sviluppo e nelle zone più povere del pianeta la legna è ancora la principale fonte di energia, utilizzata per cuocere gli alimenti quotidianamente e per riscaldarsi poiché altri tipi di carburante sono costosi o non

reperibili. Nelle zone rurali del Terzo Mondo il 90% della popolazione dipende dalla legna come fonte di energia primaria.

Cucinare con la legna ha diverse problematiche in primo luogo l'approvvigionamento del legname che risulta sempre più difficile a causa del progressivo processo di deforestazione e dei cambiamenti climatici che portano a una scarsità di questa risorsa. Spesso donne e bambini devono camminare diverse miglia per potersi procurare la legna, e ripercorrere la stessa distanza con carichi enormi sulle spalle, di conseguenza hanno poco tempo per altre attività. (Walton J.D., Roy A.H. e Bomar S.H.,1978)



*Donne portano a spalle la legna da ardere*

Inoltre i fumi della combustione che ristagnano nelle capanne possono causare patologie respiratorie, e la combustione produce monossido di carbonio che contribuisce al surriscaldamento globale e inquina.

## Descrizione



CooKit è un fornello solare, cioè uno strumento che permette di cuocere gli alimenti con l'energia solare. È uno strumento molto semplice da costruire e utilizzare, è economico e portatile. Esposto al sole permette di cuocere cibo per 5-6 persone in poche ore. Grazie

alle basse temperature di cottura rispetto a un fornello tradizionale alimentato a legna mantiene i nutrienti e i sapori degli alimenti.

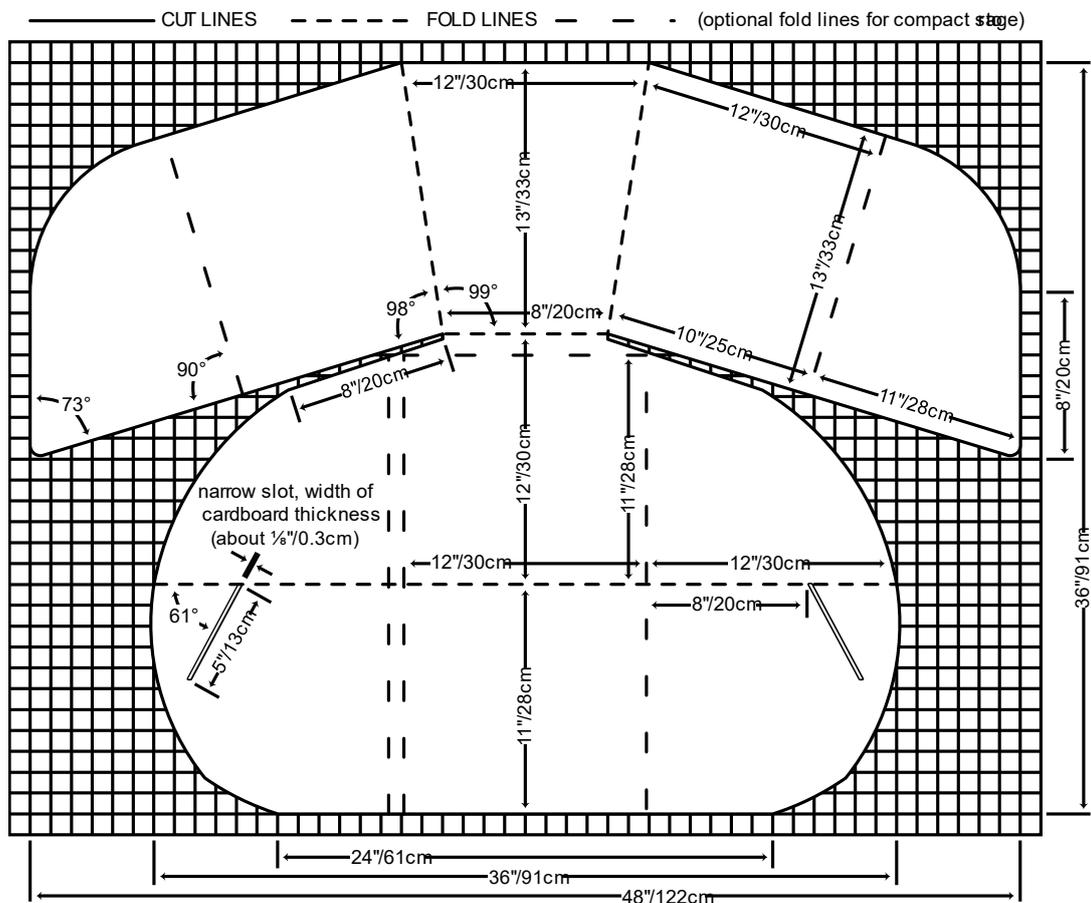
Questa soluzione permette alle comunità rurali dei paesi poveri di cucinare cibi sani in maniera sicura e risparmia ore di prezioso tempo alle famiglie che non devono più preoccuparsi della raccolta di legna. (De La Rocha I., 1 Novembre 2019).

## Materiali e Costruzione

Il CookKit è realizzato con:

- Foglio di cartone.
- Foglio di alluminio.
- Colla.
- Forbici o cutter.

Per costruire un CookKit bastano un paio d'ore e basta apportare tagli e pieghe come rappresentato nello schema.

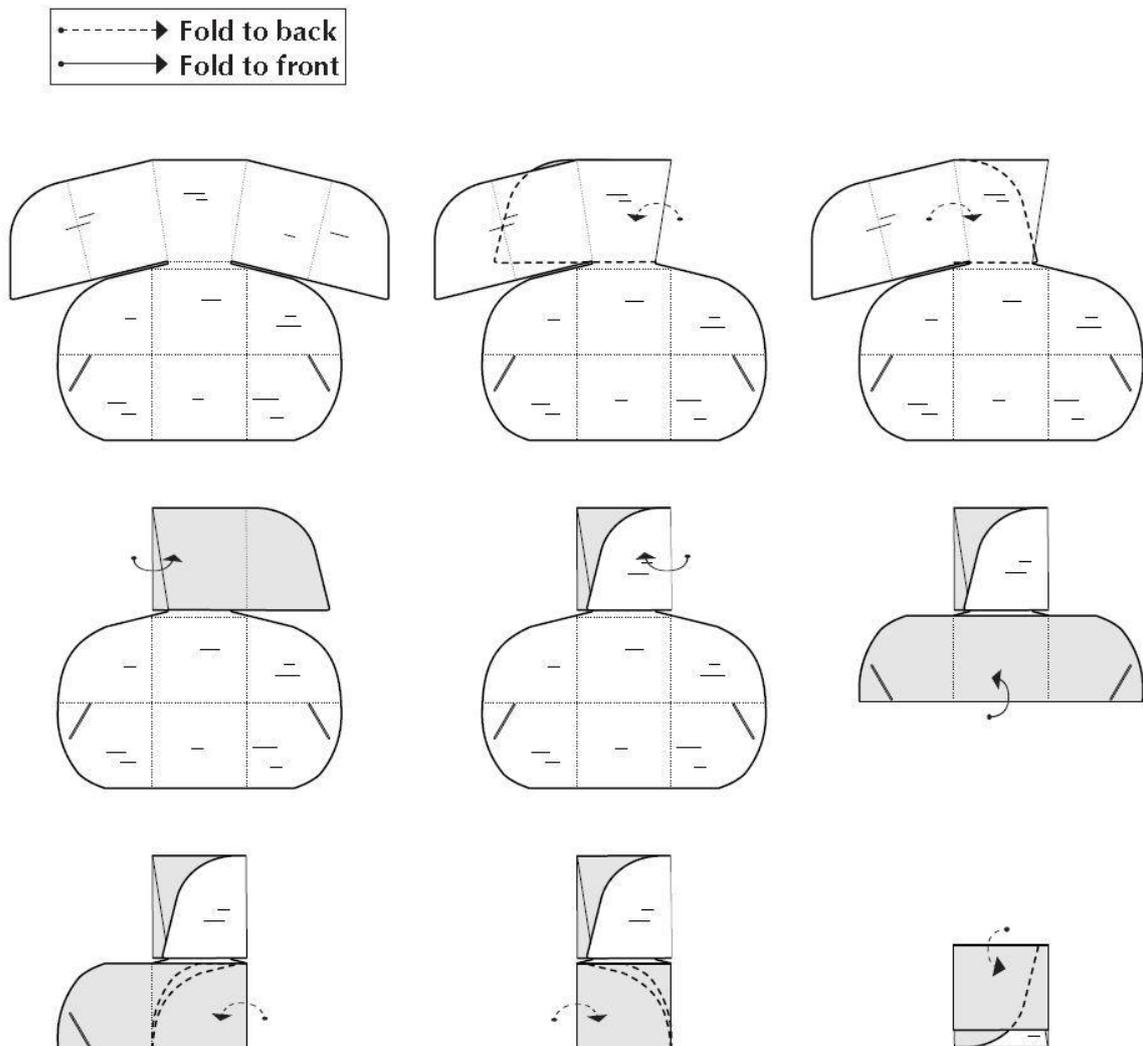


Schema di taglio e pieghe per la realizzazione di CookKit con dimensioni e misure

Il processo di creazione prevede lavorazioni estremamente semplici eseguibili autonomamente con una forbice o un coltello, che permettono di andare a realizzare una forma che rifletta al massimo i raggi solari facendoli convergere sulla pentola che viene posta al centro.

Oltre al fornello solare a pannello occorre una pentola di colore scuro e una copertura trasparente. La pentola viene posta al centro del pannello con intorno una copertura che permetta di creare effetto serra, può essere un coperchio in vetro o una borsa trasparente resistente di plastica.

Quando non viene utilizzato il fornello può essere compattato piegandolo fino a ottenere un foglio dimensioni 33x33 cm, in questo modo è facilmente trasportabile e riponibile.



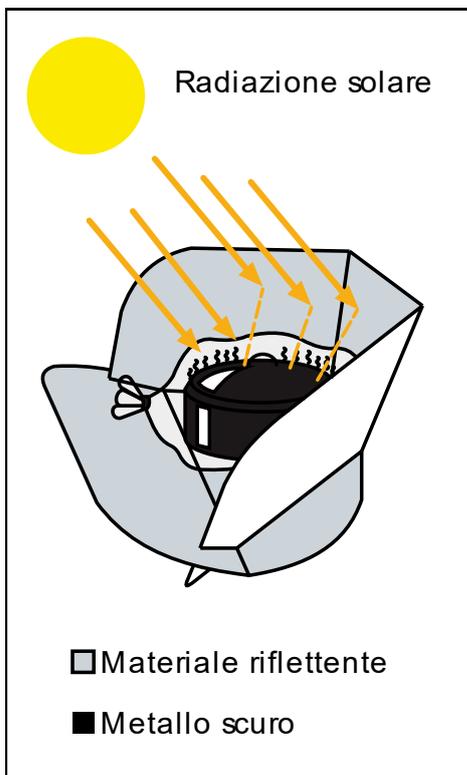
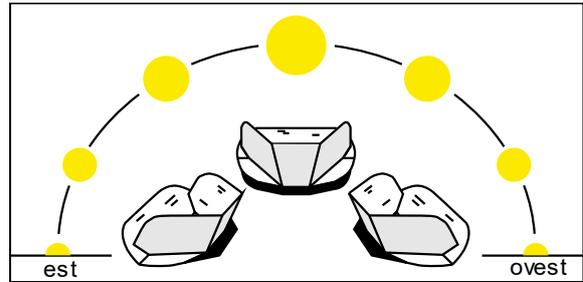
Storyboard per la compattazione del fornello solare Cookit. (SCI)

Esistono diverse varianti di questo tipo di fornello solare, tutte hanno lo stesso principio di funzionamento ma cambiano leggermente forma o materiale per rispondere a necessità specifiche in diversi luoghi. (*Solar Cookers International, 2004*)

## Principio di funzionamento

Un fornello solare permette di cucinare senza bisogno di elettricità, gas o legna sfruttando la luce del sole per scaldare e cuocere le vivande. In questo particolare tipo di fornello solare il passaggio da radiazione solare a calore avviene grazie alla concentrazione dei raggi riflessi in un unico punto, in corrispondenza della pentola.

La struttura e la forma del CookKit sono progettate in modo tale che i raggi incidenti sul pannello confluiscono tutti in direzione della pentola che si trova al centro, perché questo avvenga in modo ottimale è necessario orientare il fornello correttamente verso il sole durante l'utilizzo.



Nel punto in cui vengono concentrati tutti i raggi di luce, quello che avviene è che, nel momento in cui la radiazione solare colpisce il pannello, essa viene riflessa in direzione della pentola e i raggi vengono assorbiti dal metallo scuro di cui è costituita la pentola, in questo modo si genera calore, il calore generato cuoce gli alimenti all'interno della pentola.

I fornelli a pannello come il CookKit raggiungono temperature massime intorno ai 120° C, una temperatura bassa rispetto ai fornelli a legna che raggiungono temperature intorno ai 280° C.

La cottura avviene lentamente a temperatura bassa questo tipo di cottura preserva le vitamine e i nutrienti dei cibi garantendo un migliore apporto alla dieta, inoltre non è necessario mescolare il cibo né controllarne la cottura. Una volta posizionato il Cookit funziona autonomamente e le famiglie possono dedicarsi ad altre attività mentre il cibo cuoce.

L'unico svantaggio di questo tipo di cottura è che è vincolata alla disponibilità di radiazione solare diretta, risulta quindi inutilizzabile nelle ore serali e notturne e in caso di maltempo.

### **Dati tecnici**

Temperature di cottura: 80°-120° C a seconda dell'intensità della radiazione solare a cui è esposto.

Tempi di cottura: 1-4 ore (per la maggior parte dei cibi)

Durata del fornello: 2 anni

Peso: 0,5 kg

### **Benefici**

L'utilizzo di energia solare per cucinare rappresenta un'alternativa sostenibile alla legna, permette di ridurre il consumo, contribuendo a rallentare il processo di deforestazione. Utilizzando la luce del sole come energia donne e bambini risparmiano tempo perché non c'è bisogno di procurarsi legname né di sorvegliare il fuoco, questo permette loro di svolgere altre attività come lavorare, andare al mercato, coltivare la terra e andare a scuola e contribuire maggiormente alla sussistenza della famiglia.

L'energia solare è gratuita e abbondante in molte zone del pianeta, fornisce un'alternativa sicura pulita e sana rispetto all'utilizzo di carburanti tradizionali.

Presenta vantaggi anche dal punto di vista sanitario, infatti il processo di cottura con fornelli solari non produce fumi questo permette di evitare l'insorgere di patologie respiratorie e irritazione agli occhi. Grazie al processo di cottura lento il cibo preserva vitamine e nutrienti che vengono integrati nella dieta delle famiglie arricchendola, il cibo non

brucia e non ha bisogno di essere controllato durante la cottura e anche il lavaggio della pentola risulta più semplice.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia.  
(*De La Rocha I., 1 Novembre 2019*), (*Solar Cookers International, 2004*),  
(*SCI, [www.solarcookers.org](http://www.solarcookers.org)*)

## BOK COOKER

Ente/Progettista: SCI

Anno: 1990

Costo: 20 \$



*Box Cooker per la cottura degli alimenti.*

### Analisi di contesto

Risponde allo stesso tipo di esigenze del Cookit ed è applicabile in contesti e situazioni analoghe. La legna è la principale fonte di energia nei Paesi in Via di Sviluppo, utilizzata per riscaldarsi e per cuocere il cibo. A causa del continuo sfruttamento di legname e ai cambiamenti climatici si sta verificando una progressiva riduzione delle foreste che rende sempre più difficile alle popolazioni procurarsi la legna da ardere.



*Fuoco a legna, donne che trasportano legname.*

## Descrizione

Il box cooker è un forno solare che permette di cuocere gli alimenti grazie all'energia del sole. Ha la forma di una scatola, box appunto, con una copertura trasparente. All'interno è possibile porvi una casseruola dentro la quale cuociono pietanze oppure è possibile cuocere prodotti da forno come pane e biscotti ponendoli su una teglia metallica.

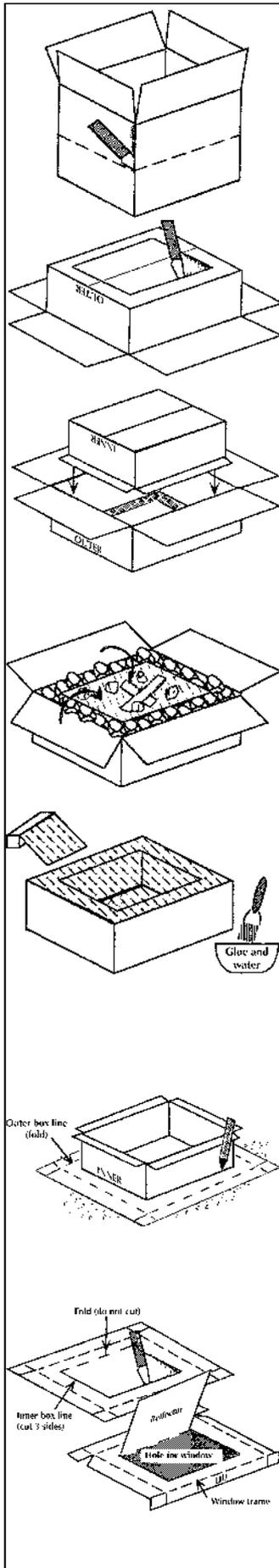
Rispetto a una cucina solare a pannelli infatti raggiunge temperature più alte, intorno ai 200°, e ha il vantaggio che può contenere al suo interno anche due o tre pentole contemporaneamente, in questo modo è possibile cucinare per diverse persone oppure cuocere due pietanze diverse allo stesso tempo.

Il modello proposto da SCI è stato pensato per l'autocostruzione, per questo ha un design semplicissimo, è costruito con materiali comuni e di recupero e permette di avere uno strumento per cuocere a costo zero sia dal punto di vista economico e di costi di utilizzo sia dal punto di vista ambientale. Come il Cookit ha bisogno di esposizione diretta per funzionare ma mantiene la temperatura per un paio d'ore dopo la fine dell'esposizione.

## Materiali e Costruzione

Per la costruzione di un forno solare occorrono:

- Due scatole di cartone di dimensioni diverse da mettere una dentro l'altra lasciando uno spazio di almeno 5 cm tra la scatola interna e quella esterna.
- Un foglio di cartone per creare il coperchio.
- Foglio di alluminio (carta stagnola).
- Lamiera in metallo sottile e nera di dimensione della scatola interna.
- Vetro per chiudere il forno
- Fibre vegetali o giornale per isolamento
- Asticella di metallo rigida
- Colla
- Forbici o cutter



Per creare il **corpo** del forno solare, prendere le due scatole e tagliarle in modo che abbiano un'altezza di poco maggiore delle pentole utilizzate per cuocere, 3 cm per l'interno e 5 cm per l'esterno.

Prendere la scatola esterna voltarla e tracciare il profilo della scatola più piccola sul fondo, tagliare lungo la linea tracciata.

Tagliare le alette di chiusura della scatola interna lasciando un piccolo margine, prendere la scatola grande e incollare la scatola piccola con il fondo verso l'alto, in corrispondenza delle alette, in questo modo si ottiene un pezzo unico composto di due pareti con una intercapedine in mezzo.

Applicare il foglio di alluminio su tutta la superficie dell'intercapedine e sul fondo della scatola interna, poi riempire l'intercapedine con materiali isolanti (fibre vegetali o giornale) e chiudere incollando le alette della scatola esterna al fondo dell'interna.

Capovolgere l'oggetto e rivestire tutto l'interno con il foglio di alluminio, infine appoggiare la lamiera di metallo nera sul fondo del forno solare.

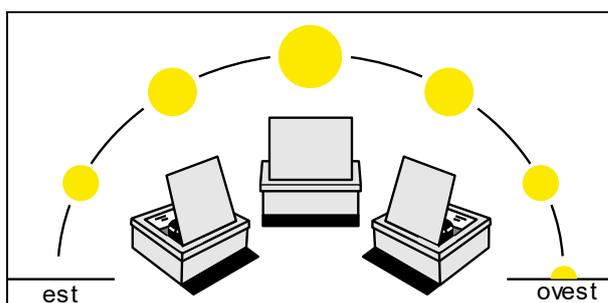
Per costruire il **coperchio** prendere il foglio di cartone e tracciare i profili delle due scatole, procedere tagliando tre lati del profilo piccolo (due corti e uno lungo) e piegando verso l'alto il cartone in corrispondenza del quarto lato.

Incollare nella parte interna del coperchio il foglio di alluminio. In corrispondenza del profilo della scatola grande piegare verso il basso ottenendo quattro alette.

Voltando il coperchio al contrario, incollare il vetro in corrispondenza dell'apertura.

Infine applicare l'asticella di metallo per tenere sollevato il coperchio e regolarne l'inclinazione. *(Solar Cookers International, 2004)*

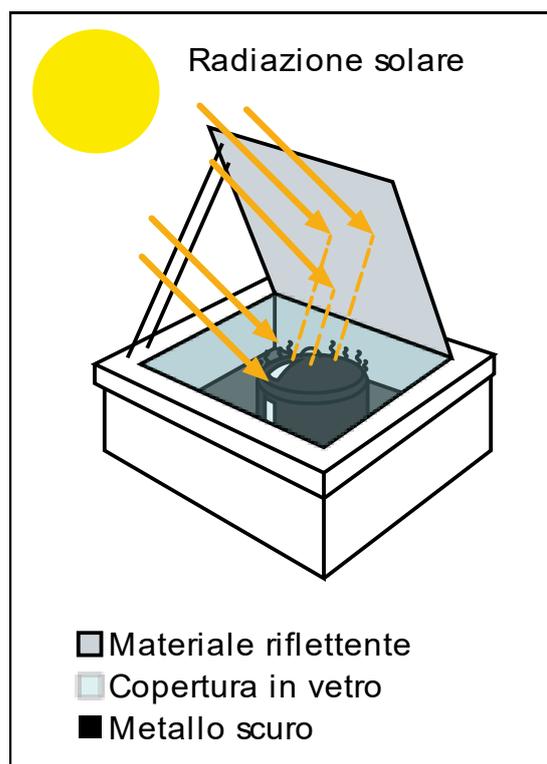
## Principio di funzionamento



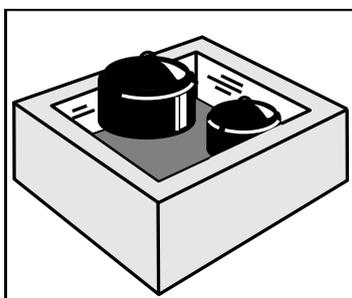
Il forno solare è alimentato dall'energia solare diretta per questo per funzionare deve essere esposto al sole e orientato con l'angolazione giusta nell'arco della giornata.

Una volta orientato correttamente la radiazione solare colpisce il forno, viene riflessa dalle pareti e direzionata verso l'interno e infine viene assorbita dal metallo nero del fondo e delle pentole.

Una volta assorbita, la radiazione solare viene trasformata in calore e trattenuto all'interno del forno grazie al materiale isolante posto intorno al box e grazie alla copertura di vetro che crea una sorta di effetto serra permettendo il raggiungimento di temperature elevate.



*Schema di funzionamento.*



All'interno de Box Cooker possono essere cotti alimenti di qualunque tipo e a seconda delle dimensioni con cui si realizza il forno possono essere messe al suo interno anche due o tre pentole contemporaneamente.

## Dati tecnici

Temperature di cottura: 90°- 200° C a seconda dell'intensità della radiazione solare a cui è esposto.

I tempi di cottura variano molto a seconda della tipologia di alimento, che si tratti di prodotti da forno come pane e dolci oppure di cotture in pentola, in linea di massima i tempi sono un po' più lunghi rispetto alla cottura su un fornello tradizionale.

## Benefici

Grazie all'utilizzo del forno solare viene meno la necessità di procurarsi legna o altri tipi di carburante per cucinare, permettendo alle donne e alle ragazze di dedicarsi ad attività che contribuiscano al mantenimento della famiglia. Inoltre si favorisce l'ambiente utilizzando un metodo di cottura che non inquina, non nuoce alla salute e non contribuisce alla depauperazione delle foreste.

Questo forno solare può anche essere utilizzato per sterilizzare materiale sanitario e strumenti medici.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia. (*Solar Cookers International, 2004*), (*SCI, www.solarcookers.org*)

## Variante con schermi riflettenti

Una versione di forno solare più efficiente simile presenta la copertura inclinata e dei pannelli riflettenti intorno al vetro, che permettono di incrementare la radiazione solare riflessa all'interno e rendono il forno più efficiente e la cottura più rapida.



*Forno solare migliorato (Industry news corp).*

## FRIGORIFERO SOLARE CON TECNOLOGIA SOLARCHILL

**Ente/Progettista:** DTI, Greenpeace International, PATH, WHO, UNEP, UNICEF. GTZ

**Anno:** 2016

**Costo:** 1500-2000 \$



*SolarChill project, frigorifero SDD (solar direct drive) per la conservazione di vaccini e alimenti*

## Analisi di contesto

La refrigerazione per la conservazione di vaccini e alimenti è una questione complicata nelle parti del mondo dove non è disponibile corrente elettrica, in particolare nelle regioni povere.

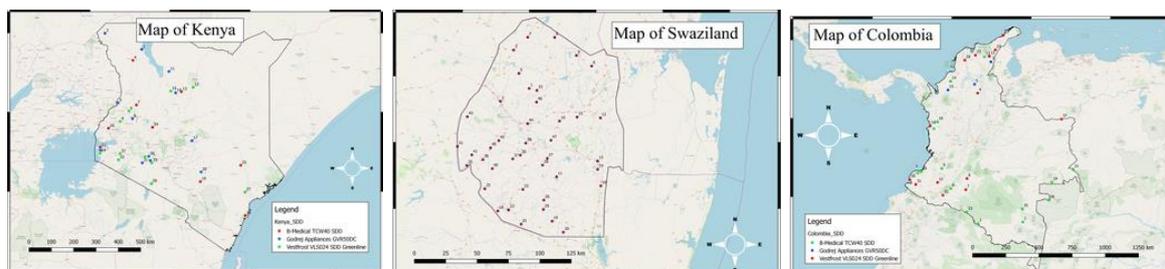


*Vaccini e Alimenti freschi.*

I vaccini hanno bisogno di essere conservati a determinate temperature per mantenere la loro efficacia, così come alcuni medicinali e antibiotici, per questo è importante avere a disposizione un sistema di refrigerazione affidabile ed efficace.

Spesso in questi luoghi i vaccini vengono conservati con frigoriferi a kerosene, che però presentano diversi problemi. I frigoriferi a kerosene non sono del tutto affidabili sul mantenimento delle basse temperature richieste, emanano odore di bruciato dovuto alla combustione del kerosene, che è dannoso per l'ambiente e contribuisce al riscaldamento globale, e sono soggetti a incendi. Un frigorifero consuma circa un litro di carburante ogni giorno, richiede dunque rifornimento costante che comporta un costo di gestione permanente.

Creare un sistema di refrigerazione, ambientalmente sostenibile e di prezzo accessibile, che permetta di preservare vaccini e alimenti nelle zone più povere del mondo coinvolge tematiche diverse e apporta benefici in diversi ambiti: sanitario ambientale e di sviluppo e apporta dei miglioramenti. (*United Nation Environment Programme 2005*).



*Primi paesi interessati dal progetto con località in cui è stata installata la tecnologia SolarChill. Kenya, Swaziland e Colombia.*

## Descrizione

Il progetto SolarChill ha lo scopo di fornire sistemi di refrigerazione sicuri per vaccini e alimenti nelle zone più povere del pianeta dove non c'è energia elettrica disponibile o dove l'approvvigionamento di energia è scarso e inadeguato.



La soluzione proposta è un sistema di refrigerazione alimentato da energia solare con un compressore a trasmissione diretta senza batterie.

*Installazione di un frigorifero SolarChill in un villaggio in Africa.*

Il frigorifero con tecnologia SolarChill è versatile e ambientalmente sostenibile e ha un prezzo accessibile rispetto ad altri frigoriferi solari.

Il progetto SolarChill ha affrontato problemi relativi all'ambito sanitario, ambientale e di sviluppo tecnologico attraverso una cooperazione internazionale tra industrie organizzazioni e istituti di ricerca. Si è posto in primo luogo l'obiettivo di creare un frigorifero per la conservazione di medicinali e vaccini che sono una necessità primaria per i Paesi del Terzo Mondo (SolarChill A), in un secondo momento hanno creato un modello per la conservazione di alimenti (SolarChill B). (UNEP, 2005)

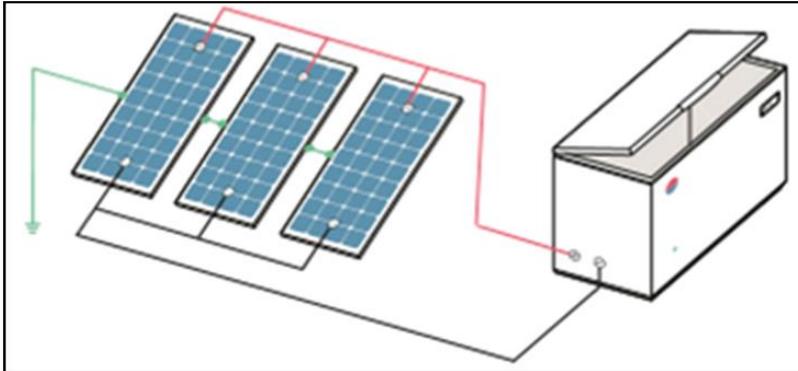


*Partner del progetto.*

## Materiali e Costruzione

Il frigorifero solare consiste in una cella frigorifera chiusa costituita di materiali isolanti, al cui interno è presente un compressore a trasmissione diretta e una "batteria di ghiaccio". Al compressore sono

collegati dei pannelli fotovoltaici che forniscono l'energia necessaria per il funzionamento del compressore grazie alla radiazione solare.



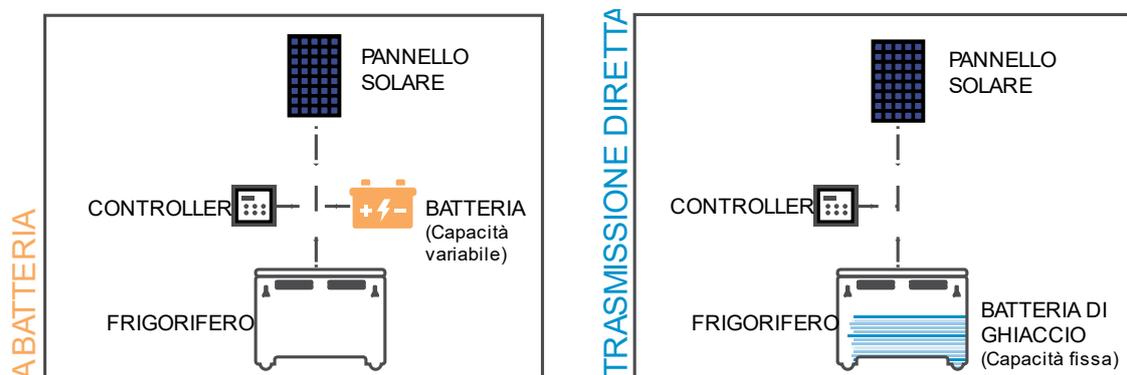
Schema frigorifero solare SolarChill.

Il materiale usato per l'isolamento e il suo spessore vengono scelti in base alle temperature e al clima del posto per cui l'unità viene fatta.

## Principio di funzionamento

Il funzionamento della tecnologia SolarChill. Si basa sull'energia solare, sistema di refrigerazione che utilizza idrocarburi.

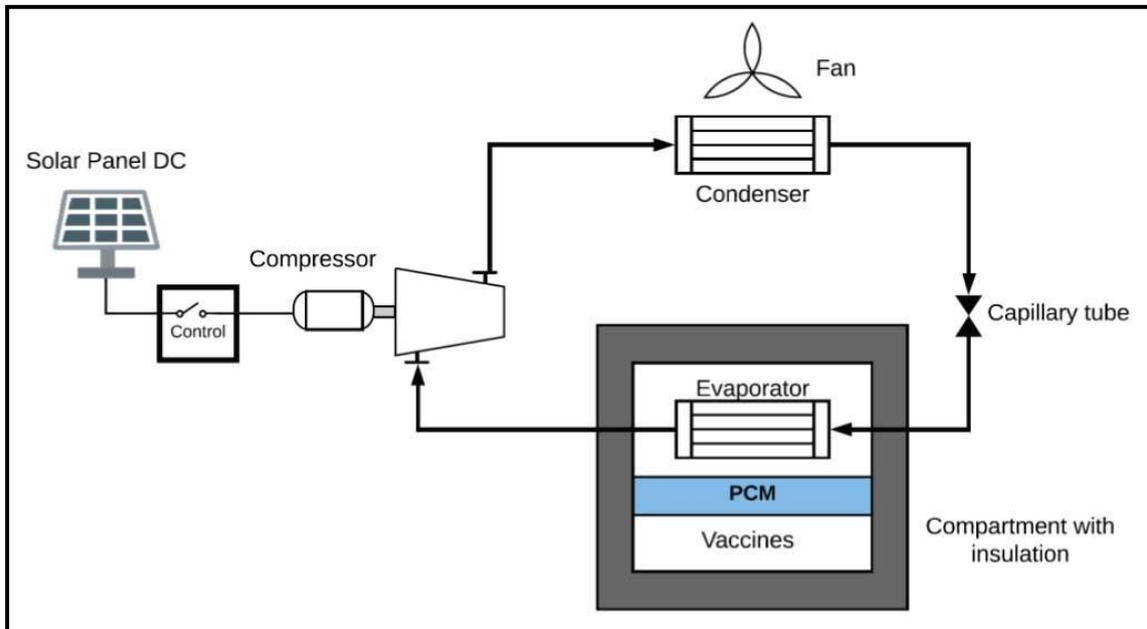
L'energia generata dai pannelli fotovoltaici mette in funzione un compressore a trasmissione diretta che alimenta il ciclo di refrigerazione. Mentre l'energia, invece che in batterie, viene immagazzinata in materiali a cambiamento di fase come acqua e ghiaccio.



Differenza tra un sistema di refrigerazione a batterie e uno a trasmissione diretta (SDD).

Il ciclo di refrigerazione utilizza il sistema di refrigerazione Greenfreeze messo a punto da Greenpeace negli anni 90'. Si tratta di una tecnologia

che usa per il ciclo di refrigerazione gli idrocarburi, refrigeranti naturali, invece che i fluorocarburi estremamente inquinanti.



Schema illustrativo di funzionamento del sistema di refrigerazione SolarChill.

L'energia, invece che nelle batterie, viene conservata sotto forma di ghiaccio. La temperatura fredda all'interno dello scomparto di stoccaggio per medicinali o alimenti viene mantenuta anche durante la notte quando la radiazione solare è minore grazie alla "batteria di ghiaccio". In condizioni di assenza di radiazione solare, lo spesso strato di materiale isolante del frigorifero mantiene temperature accettabili per la conservazione di medicinali e alimenti fino a 5 giorni.

### Dati tecnici

Temperature: 2°- 8° C (SolarChill A), 3° - 5° C (SolarChill B).  
Autonomia in caso di scarsa radiazione solare: 5 giorni

### Benefici

Un frigorifero che funziona a energia solare permette di portare sistemi di refrigerazione in aree prive di collegamenti a reti elettriche favorendo l'accesso a cure sanitarie e vaccini anche in aree povere, isolate e remote.



*Installazione in ospedali e negozi di alimentari non collegati a reti elettriche.*

I frigoriferi a energia solare diretta si sono dimostrati più efficaci rispetto a quelli a kerosene, e possono essere utili anche in situazioni emergenziali come in caso di calamità naturali o contesti di guerra dove si creano situazioni di isolamento da reti elettriche.

Un grande vantaggio della tecnologia SolarChill è l'assenza di batterie nel sistema. Le batterie hanno una durata limitata nel tempo, è necessario sostituirle dopo un certo tempo, tuttavia sono complicate da smaltire e molto inquinanti.

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alla seguente bibliografia. (United Nation Environment Programme 2005), (SolarChill leaflet, n.d. a), (SolarChill leaflet, n.d. b), (DTI, [www.dti.dk](http://www.dti.dk)), (SolarChill, [www.solarchill.org](http://www.solarchill.org)).

## 5.0 CONCLUSIONI

L'approccio metodologico delle tecnologie appropriate si è rivelato efficace e utile nel contribuire allo sviluppo dei Paesi del Terzo mondo; il motivo principale del suo successo rispetto al trasferimento di tecnologie occidentali è che propone tecnologie su piccola scala, facilmente gestibili dalle comunità e con complessità rapportate al grado di conoscenza tecnica della popolazione, rispondendo ai bisogni pratici della popolazione e migliorando la qualità della vita.

Questo permette una gestione a livello locale della tecnologia, che comprende la possibilità di riparare e sostituire i pezzi in loco; un aspetto importante dell'approccio riguarda proprio l'educazione e la formazione tecnica sul posto delle persone in modo che le comunità diventino autosufficienti nella gestione della tecnologia in tutti i suoi aspetti.

I progetti sono quindi frutto di un approccio olistico, che tiene in considerazione il contesto ambientale e socio-economico, le persone a cui sono destinati e le risorse disponibili in loco, proponendo soluzioni commisurate al livello di sviluppo tecnico del luogo e per questo funzionali.

L'energia solare e l'energia eolica hanno tantissime possibili applicazioni che vanno oltre la produzione di energia elettrica attraverso pannelli fotovoltaici e turbine eoliche di ultima generazione. La ricchezza di soluzioni possibili lascia aperti orizzonti per uno stile di vita più sostenibile anche nei Paesi Sviluppati dove troppo spesso diamo per scontate tutte le nostre comodità e la disponibilità costante di risorse.

Questi ultimi anni, in cui le conseguenze del cambiamento climatico si manifestano sempre più violentemente, ci insegnano che dovremmo imparare a minimizzare lo spreco di energia, acqua e risorse e dare più peso alle nostre azioni di consumo. Tutte queste soluzioni che sono state pensate per Paesi in Via di Sviluppo possono essere adottate anche da noi in un'ottica di minimizzazione degli sprechi e valorizzazione delle risorse che la natura ci offre. In Occidente abbiamo la disponibilità economica per poter pensare soluzioni tecnologicamente appropriate e ambientalmente sostenibili su larga scala per minimizzare l'impatto ambientale e valorizzare le risorse del territorio in un'ottica di autosufficienza nell'approvvigionamento e consumo di energia e risorse.

## **RINGRAZIAMENTI**

In conclusione vorrei ringraziare alcune persone che hanno contribuito al percorso di realizzazione di questo elaborato.

Ringrazio in primo luogo il Professore Walter Franco, relatore, per i suoi consigli e i momenti di confronto che hanno contribuito alla realizzazione del progetto di Tesi.

Ringrazio la mia famiglia che mi ha sempre lasciata libera di seguire le mie passioni e accompagnata nel percorso per raggiungere i miei obiettivi.

Ringrazio Giorgio, compagno di strada e avventure, sempre accanto a me pronto a spronarmi per andare avanti e supportarmi nei piccoli momenti di sconforto.

## BIBLIOGRAFIA

Amelin D e Sourian C (2014). *Construction of solar cooker and driers*. Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA) e Engineers Without Borders (ISF).

Azimodo A.R. (6 Settembre 2016). "Nashtifan Windmills (the symbol of technology in ancient Iran)". *Iran Wonders*. <https://www.iranwonders.com/en/articles-en/66-nashtifan-windmills>.

Congdon R.J. (a cura di) (1982). *Le tecnologie appropriate: risparmi energetici nella produzione con l'utilizzo di risorse locali*. Padova, Franco Muzzio & c. editore.

Dana B. (Novembre 2009). *Serpentine solar water heating. Guidelines for fabrication*. Appropriate Infrastructure Development Group (AIDG) [online via Practical Action Knowledge centre <https://practicalaction.org/knowledge-centre/resources/>].

De La Rocha I. (1 Novembre 2019). "Solar cooker: how they can provide food access across the world". *Solstice blog*. <https://blog.solstice.us/solstice-blog/>.

Dunn P.D. (1978). *Appropriate technology. Technology with a Human Face*. Londra, The MacMillan Press.

Foti M. (a cura di) (2003), *Tecnologie per tutti. Soluzioni semplici e a basso costo per l'habitat*, Torino, Scuola di specializzazione in "Tecnologia, architettura e città nei Paesi in via di sviluppo" del Politecnico di Torino.

Fraenkel P.L. (1986). "Water lifting devices". *FAO irrigation and drainage paper no. 43*. Roma, FAO. <https://www.fao.org/3/ah810e/AH810E00.htm#Contents>.

Green M.G. e Schwarz D. (2001a). *Solar drying equipment: notes on three solar dryers*. [online via GTZ-Gate <https://www.giz.de/en/mediacenter/publications.html>].

Green M.G. e Schwarz D. (2001b). *Solar driers plans: PGCP coconut drier and Kenya black box drier*. [online via GTZ-Gate <https://www.giz.de/en/mediacenter/publications.html>].

Green M.G. e Schwarz D. (2001c). *Solar drying technology for food preservation*. [online via GTZ-Gate <https://www.giz.de/en/mediacenter/publications.html>].

Harris K. e Scharl A. (1993). *Solar distillation* [online via GTZ-Gate <https://www.giz.de/en/mediacenter/publications.html>].

Mahil N. [et al.] (Maggio 2019). "Design and fabrication of solar dryer by natural convection". *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* 06. 05. pp 515-522.

Martin K. (2 Ottobre 2019). "Ancient tech the amazing invention of Hero of Alexandria". *MagellanTV Articles*. <https://www.magellantv.com/articles>.

N. d. (8 Febbraio 2017). "Eliodomestico: il distillatore solare che rende potabile l'acqua marina". *Ambiente Bio* <https://www.ambientebio.it/societa/solidarieta/trasformare-lacqua-marina-in-acqua-potabile/>.

N. d. (16 Novembre 2019). "Innovaciones con energía solar: un bot eque riega y una máquina hiladora". *Andina*. <https://andina.pe/agencia/noticia-innovaciones-energia-solar-un-bote-riega-y-una-maquina-hiladora-774222.aspx#:~:text=Con%20ayuda%20del%20sol%2C%20Juansergio,l a%20fibra%20de%20alpaca%2C%20respectivamente>.

N. d. (2 Febbraio 2020). "Energia flotante en Puno que devuelve la vida en las alturas". *Rumbos* <https://www.rumbosdelperu.com/ambiente/19-02-2020/energia-que-transforma/>

Newell T. (2003) *Energy*. In: Hazeltine B. (2003). *Field guide to appropriate technology*. San Diego, Academic Press. pp 157-275.

"Nashtifan Windmills" (2012). *Historical Iranian Sites and People*. <http://historicaliran.blogspot.com/>.

PPD Perù (2021a). *Ensenanzas de un Yachachiq: usos innovadores de la energia solar en los Andes*. [online via PPD Perù <https://www.ppdperu.org/>].

PPD Perù (2021b). *Serie de recomendaciones para Kamachiqs: usos innovadores de la enrgia solar en el sur andino del Perù*. [online via PPD Perù <https://www.ppdperu.org/>].

Practical Action (2011). *SODIS Solar Water Disinfection* [online via Practical Action Knowledge centre <https://practicalaction.org/knowledge-centre/resources/>].

Salvatierra-Rojas A. [et al.] (Maggio 2017). "Development of an inflatable solar dryer for improved postharvest handling of paddy rice in humid climate". *International Journal of Applied Behavioral Economics (IJABE)* 10. 03. pp 269-282.

Serafini M. (10 Novembre 2011). "L'Elidomestico il distillatore solare che depura e desalina l'acqua marina". *Il Corriere della Sera – Science*. [https://www.corriere.it/scienze/11\\_novembre\\_10/elidomestico-serafini\\_3341d52a-0ba2-11e1-a5e8-cd9b2a0894cc.shtml](https://www.corriere.it/scienze/11_novembre_10/elidomestico-serafini_3341d52a-0ba2-11e1-a5e8-cd9b2a0894cc.shtml).

Schumacher E.F. (1973). *Piccolo è bello uno studio di economia come se la gente contasse qualcosa*. Londra, Blond & Briggs.

Solar brucke (n.d.). *Small Solar Tunnel Dryer*. [online via Solar Brucke <http://www.solare-bruecke.org/index.php/en/>].

Solar Cookers International (2004). *Solar cookers: how to make, use and enjoy*. Sacramento, Solar Cookers International. <https://www.solarcookers.org/>.

Solarchill (n.d. a). *Solarchill leaflet*. [online via Solarchill <https://www.solarchill.org/english/resources/>].

Solarchill (n.d. b). *Solarchill technology transfer. A guide for SolarChill a solar direct drive refrigerators for: vaccines & Fresh food storage*. [online via Solarchill <https://www.solarchill.org/english/resources/>].

Thepwong R. [et al.] (Ottobre 2014). "Development of archimedian's pipe-screw for thai sail windpump". *American Journal of Environmental Sciences* 10. 03. pp 244-259. <https://www.thescipub.com/ajes.toc>.

Udomkun P. [et al.] (15 Agosto 2020). "Review of solar dryers for agricultural products in Asia and Africa: an innovation landscape approach". *Journal of Environmental Management* Vol. 268. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110730>.

United Nation Environment Programme (2005). *Solarchill: the vaccine cooler powered by nature*. United Nation Environment Programme (UNEP). [online via UNEP <https://www.unep.org/resources/report/solarchill-vaccine-cooler-powered-nature>].

Zohrabi S. (13 Luglio 2021). "A thousand year of Nashtifans' spinning windmills". *Tasteiran*.

<https://www.tasteiran.net/stories/12099/nashtifan-ancient-windmills>.

Weiss W. e Schwarzmuller A. (2000). *Solar energy Co-operation Austria-Zimbabwe a contribution to sustainable development*. AEE Intec e Institute of Sustainable Technologies. [online via GTZ-Gate <https://www.giz.de/en/mediacenter/publications.html>].

Zarrabi M. e Valibeig N. (Settembre 2021). "3D modelling of an Asbad (Persian Windmill): a link between vernacular architecture and mechanical system with a focus on Nehbandan windmill". *Heritage Science Journal* No. 09 <https://heritagesciencejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40494-021-00587-0>.

### **The Appropriate Tecnology Library. Fort Collins: Village Earth**

Alward R. e Lowand T. A. (1968). *Plans for a glass and concrete solar still*. Quebec, Brace Research Institute McDonald College of McGill University.

Board on Science and Technology for International Development (1978). *Postharvest food losses in developing countries*. Washington, National Academy of Science.

Brace Research Institute (Dicembre 1975). *Survey of solar agricultural dryers*. Technical report T99 of the Brace Research Institute. Quebec, Brace Research Institute McDonald College of McGill University.

Derrick A., Francis C. e Bokalders V. (1991). *Solar photovoltaic product guide for development workers*. Londra, Intermediate Technology Publications.

Brace Research Institute (1965/1973). "How to construct a cheap wind machine for pumping water". *Do-it-yourself Leaflet No. L-5*. Quebec, Brace Research Institute McDonald College of McGill University.

Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (1976). "Proceedings of the meeting of the expert working on the use of solar and wind energy". *Energy Resources Development Series No. 16*. New York, United Nations.

Fraenkel P. L. (1975). *Food from windmills*. Londra, Intermediate Technology Publication.

Fraenkel P. L. (1986). *Waterpumping devices: a handbook for users and choosers*. Londra, Intermediate Technology Publication.

Hopman F. (n. d.). *Basic principles of passive solar design*. Kathmandu, Swiss Association for Technical Assistance.

Jéquier N. (1976). The origins and meanings of appropriate technology. In: *Appropriate technology problems and promises*. Parigi, Organizational for Economic Co-operation and Development (OECD).

Kozolowski J. A. (1977). *Savonius rotor construction: vertical axis windmill from oil drums*. Arlington, Volunteers in Technical Assistance.

Mann R. D. (1977). *How to build a "Cretan sail" wind-pump for use in low speed wind condition*. Londra, Intermediate Technology Publications.

Mitchell R. J. (a cura di) (1980). *Experiences in Appropriate Technology*. Ottawa, The Canadian Hunger Foundation.

Morgan S. e C., Taylor D. e S. (1974/1975). *Hot water. Solar water heaters and stack coil heating systems*. Pubblicato dagli autori.

Park J. (1981). *The Wind Power Book*. Palo Alto, Cheshire Books.

Valdez A. e M. (1977). A cookbook for building a solar food dryer. Arnie and Maria Valdez.

Van De Ven N. (1977). Construction manual for a Cretan Windmill. Amersfoort, Steering Committee for Windenergy in Developing Countries.

Walton J.D., Roy A.H. e Bomar S.H. (1978). A state of the art survey of solar powered irrigation pumps, solar cookers and wood burning stoves for use in Sub-Saharan Africa. Atlanta, Georgia Institute of Technology.

## SITOGRAFIA

Adaptive AG

<https://www.adaptive.ag/shop/solar-bubble-dryer>

Behance

<https://www.behance.net/gallery/28269235/Greywater-Purification-Solar-Still>

CDC, Centre for Disease Control and Prevention

<https://www.cdc.gov/healthywater/global/household-water-treatment/solardisinfection.html>

DTI, Danish Technological Institute

<https://www.dti.dk/projects/project-solarchill-gef-development-testing-and-technology-transfer-outreach/38203>

Futurepump:

<https://futurepump.com/>

Gabriele Diamanti

<http://www.gabrielediamanti.com/>

Grainpro

<https://www.grainpro.com/grainpro-bubble-dryer>

Het Jonge Schaap

<http://www.hetjongeschaap.nl/en/>

History of Windmills:

<http://www.historyofwindmills.com/>

iDE Global:

<https://www.ideglobal.org/story/resource-smart-technology>

<https://smallholderirrigation.ideglobal.org/knowledge/the-evolution-of-sf1>

Innotech

[https://www.innotech-ing.com/en/tunnel\\_dryer.php](https://www.innotech-ing.com/en/tunnel_dryer.php)

Instructables Workshop

<https://www.instructables.com/DIY-Solar-Water-Distiller-Simple-Solar-Water-Disti/>

IRRI, International Rice Research Institute

<http://www.knowledgebank.irri.org/step-by-step-production/postharvest/drying/mechanical-drying-systems/the-solar-bubble-dryer>

Lexus newsroom

<https://newsroom.lexus.it/portable-solar-distiller-di-henry-glogau-vince-il-lexus-design-award-2021/>

LVIA

<https://lvia.it/>

Materially

<https://www.materially.eu/it/m-news/110-design/494-portable-solar-distiller-by-henry-glogau>

Oliver Salt Company

<https://oliversalt.wordpress.com/2013/03/06/archimedes-screw-pump/>

Ortosulterazzo

<https://www.ortosulterazzo.it/shop/en/solar-dryer/27-solar-dryer-elio.html>

Pixabay:

<https://pixabay.com/it/>

PPD perù

<https://www.ppdperu.org/>

Research Gate

<https://www.researchgate.net/>

SCI, Solar Cookers International

<https://www.solarcookers.org>

SDWF, Safe Drinkable Water Foundation

<https://www.safewater.org/fact-sheets-1/2016/12/8/solar-water-distillation>

Solarchill

<https://www.solarchill.org/>

Thaihay

<https://www.tayhay.com/ide-sunflower-pump>

UNDP Perù

<https://stories.undp.org/floating-solar-panels-restore-life-to-peruvian-soil>

Wikipedia

[https://it.frwiki.wiki/wiki/Scierie\\_%C3%A0\\_vent](https://it.frwiki.wiki/wiki/Scierie_%C3%A0_vent)

## VIDEO

“See the 1,000-Year-Old Windmills still in Use Today | National Geographic” (2017). *Youtube*.

<https://www.youtube.com/watch?v=3qqifEdqf5g>.

“The Old Windmill in Nashtifan” (2015). *Youtube*.

<https://www.youtube.com/watch?v=Uv3Pn2DFkDw>.

“Portable Solar Distiller | Henry Glogaw | Global Winner – 2021 | Lexus Design Award” (2021). *Youtube*.

<https://www.youtube.com/watch?v=Zw9vRaS7Epl>.

“Windpump Mechanism Part 1” (2021). *Youtube*

<https://www.youtube.com/watch?v=yMatGgOjPyY&t=63s>

“Windpump mechanism Part 2” (2021). *Youtube*

<https://www.youtube.com/watch?v=Zdw9RxeyjmY>