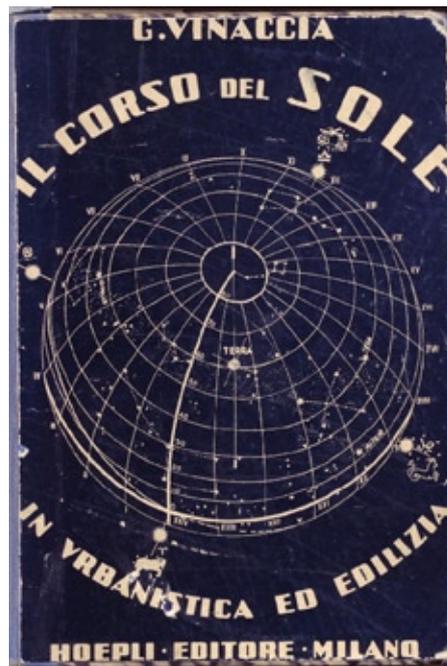


GAETANO VINACCIA
IL CORSO DEL SOLE
IN URBANISTICA ED EDILIZIA



PARTE SESTA

L'UTILIZZAZIONE DEL CALORE SOLARE NELL'AGRICOLTURA E NEGLI
IMPIANTI DI RISCALDAMENTO DELL'ACQUA PER USI DOMESTICI - LA SERRA

CAPITOLO II

**Tipi di impianti solari di riscaldamento dell'acqua
per usi domestici ed agricoli**

CAPITOLO II

TIPI DI IMPIANTI SOLARI DI RISCALDAMENTO DI ACQUA PER USI DOMESTICI ED AGRICOLI

1. Fabbisogno d'acqua calda per usi domestici.

Questi tipi sono quelli in uso in California; essi rappresentano tutta una gamma per i vari bisogni e disponibilità di mezzi.

Si va dal tipo di riscaldatore costituito da un semplice cilindro metallico annerito messo scoperto sulla falda del tetto che dà acqua calda a prezzi irrisori che ha però l'inconveniente di congelarsi e non funzionare nella cattiva stagione, a quelli non congelabili connessi con scaldacqua automatici che entrano in funzione appena si manifesta l'insufficienza del calore solare.

La temperatura dell'acqua riscaldata si aggira tra i 38° e 60° C, tanto quanto basta per i bisogni domestici come si vede dalla Tabella XXV che dà per una famiglia (americana) di 5 persone (marito, moglie, un bambino e due ragazzi) anche il fabbisogno d'acqua calda.

Prima di passare in rassegna i principali tipi di assorbitori del calore solare e gli impianti relativi, richiamiamo quanto è stato oggetto della Parte III circa l'insolazione delle superficie elementari piane e curve.

Con quelle piane è possibile realizzare la massima intensità calorifica mentre con le curve si ha una diluizione del calore solare con conseguente abbassamento di temperatura, ma in compenso si ha che è resa costante.

Gli assorbitori in uso sono tutti cilindrici, siccome sono racchiusi in cassone vetrato la loro funzione non è più ricevente ma solamente assorbente del calore del cassone stesso.

Riportiamo le interessanti esperienze fatte da Ch. Barbee e H. D. Lewis sul comportamento termico dei vari tipi di assorbitori scoperti

TABELLA XXV. — Fabbisogno giornaliero di acqua calda per una famiglia di cinque persone *.

Orario	Uso	Temperatura C°	Quantità acqua calda litri
7,00 a. m.	Lavabo	38	15 mesc. ac. fredda
8,00-8,30	Bucato	53	53
8,30-9,15	Lavatura stoviglie	53	45
9,30	Lavatura biancheria minuta	49	13 id. id. id.
9,15-10,00	Pulizia cucina	38	83 id. id. id.
10,00	Bagno per un bambino ...	38	11 id. id. id.
10,15-11,30	Eventuali		11
11,30-15,30	Lavaggio stoviglie del pranzo	52	43 id. id. id.
19,00-19,30	Due bagni per i ragazzi ..	33	94
19,30-20,30	Lavaggio stoviglie cena ...	52	26
20,30-6,30 a. m.	Due bagni per adulti.....	35	67 id. id. id.
Totale litri			461
Senza bucato fabbisogno giornaliero circa 400 litri.			

o racchiusi in cassone vetrato, che saranno certamente utili a quanti si occuperanno, come è sperabile, per diffondere tali impianti tra noi.

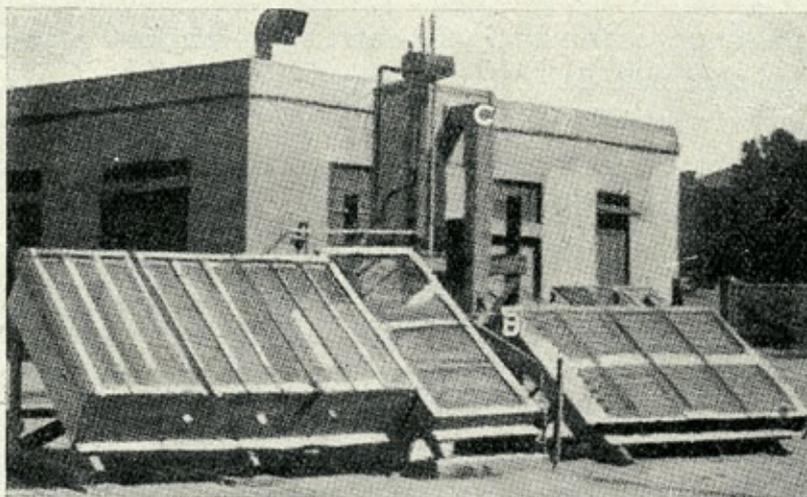


Fig. 215 — Esperienze su tre tipi di assorbitori solari.

A sinistra un cassone vetrato contenente tre assorbitori cilindrici come in fig. 219. Nel centro un assorbitore piano usato quale unità di riferimento. A destra un assorbitore ad unico tubo posto a zig-zag, come alla fig. 223, congiunto in A al fondo del serbatoio d'acqua calda ed in B con la sommità C dello stesso.

* Da I. R. TAVERNETTI, *California Com. of the Relation of Electricity to Agriculture*. Le misure inglesi (galloni e gradi Fahrenheit) sono state convertite in gradi centigradi e litri.

2. Assorbitore piano scoperto.

È ovvio che la massima intensità calorifica si ha presentando una superficie piana perpendicolare alla direzione dei raggi solari.

L'assorbitore ideale è perciò quello scoperto a superficie piana e sottile strato di liquido, per il suo alto rendimento termico ed una rapida messa in regime.

Difficoltà costruttive ne hanno impedito sinora l'applicazione perchè la lamiera sottile mal resiste alla pressione e le eventuali armature interne sono di difficile esecuzione e costose.

Aggiungasi che come tutti gli assorbitori nudi presenta l'inconveniente del rapido raffreddamento notturno, mentre se posto in un cassone vetrato il suo rendimento è minore di quelli tubolari per la minore superficie assorbente che presenta al riscaldamento per conduttività dell'aria calda del cassone.

ESPERIENZA SU UN ASSORBITORE PIANO CON SOTTILE STRATO D'ACQUA.

L'assorbitore sperimentato aveva la superficie di circa m^2 2,00, è quello che si vede nel centro della fig. 215.

Il diagramma della fig. 216 mostra il calore utile assorbito delle varie ore da acqua continuamente rinnovantesi, in un giorno

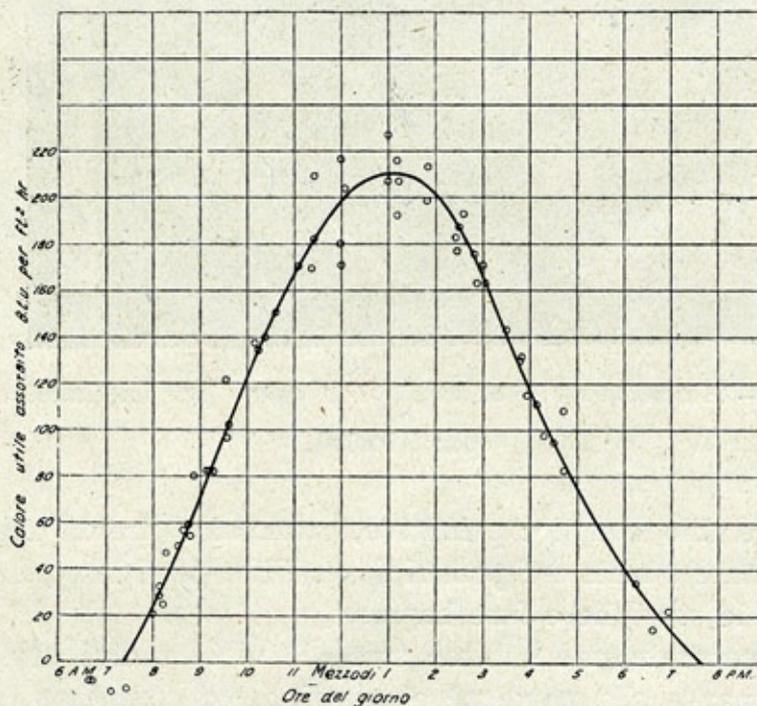


Fig. 216 - Calore utile assorbito da un serbatoio piano in un giorno di Sole (Settembre 23-27, 1935) (dal Brooks).

sulla fine dell'inverno; calore espresso in unità termica inglese (B.t.u.) per piede quadrato per ora. Il flusso era mantenuto costante.

La temperatura a mezzogiorno salì di circa 22 C. sopra quella iniziale di 27 C.

La quantità totale di calore ottenuta in un giorno è data dall'area della fig. 216 pari a circa 1360 B.t.u. per piede quadrato. Bisogna tener conto della piccola superficie sperimentata e delle perdite della cassa termica che la racchiudeva.

3. Assorbitore cilindrico scoperto.

È costituito da un cilindro cavo posto con l'asse inclinato nel piano verticale, quale si vede nella fig. 217.

Un tubo di adduzione dell'acqua fredda nella parte bassa ed uno di erogazione dell'acqua calda nella parte alta.

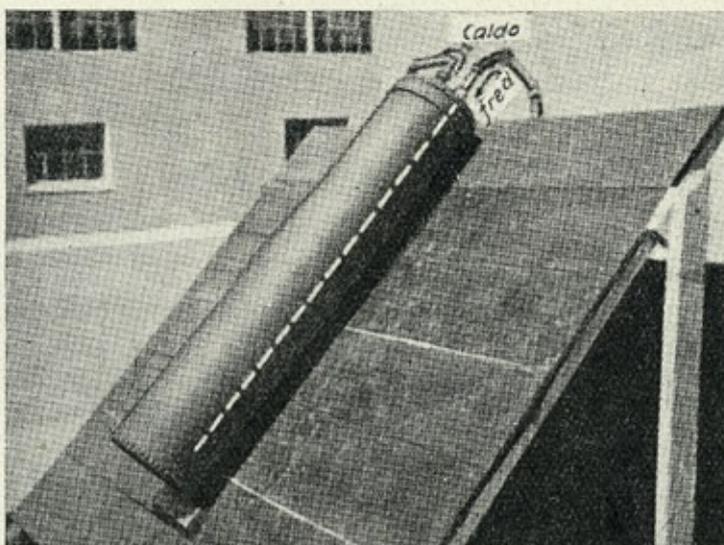


Fig. 217 - Assorbitore cilindrico scoperto adatto per impianti economici (dal Brooks).

Apparecchio semplice primitivo, economico che dà acqua calda solo nell'estate e nelle ore pomeridiane. Utile per i bisogni domestici per lavare le stoviglie e fare bagni.

Esso naturalmente subisce tutte le vicissitudini atmosferiche, non funzionante alla notte nè al mattino. In compenso è di costo limitato e di sicuro funzionamento quando..... c'è il Sole.

Questi assorbitori hanno generalmente la capacità di 30 galloni (113 litri circa) 1 piede di diametro (30 cm.) e 5 piedi di lunghezza (1,50 m.).

Nella fig. 218 diamo il diagramma dei risultati di esperienze eseguite su assorbitori cilindrici scoperti, collocati orizzontalmente ed inclinati.

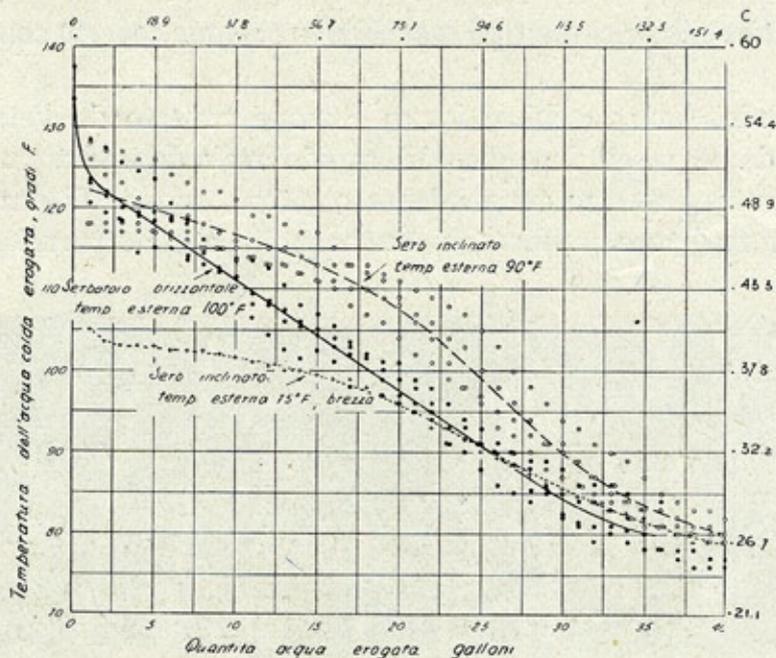


Fig. 218 - Temperatura dell'acqua erogata alle ore 16 da un assorbitore cilindrico scoperto nel mese di Luglio. Il prelievo della temperatura è stato fatto per ogni gallone emesso.

Le ordinate danno le temperature espresse a sinistra in gradi Fahrenheit ed a destra in Centigradi. Le ascisse danno la quantità di acqua erogata, espressa in basso in galloni in alto in litri.

ESPERIENZE SU ASSORBITORI CILINDRICI SCOPERTI.

Gli assorbitori sperimentati erano di 30 galloni di capacità (113 litri) situati con l'asse del cilindro orizzontale od inclinato.

I risultati sono stati i seguenti:

Il serbatoio orizzontale in confronto di quello inclinato ha un rendimento minore d'acqua calda del 20%. Esso è insolato nella parte superiore che è quella più calda del serbatoio, mentre in quello inclinato è uniforme su tutta la superficie.

Il massimo della temperatura è stato raggiunto prima delle ore 16. La curva della temperatura punteggiata è quella ottenuta in un

giorno di vento, in estate, che mostra come sia necessario proteggere dal vento gli assorbitori.

Gli assorbitori cilindrici nudi pur non raggiungendo alte temperature permettono di riscaldare una notevole quantità d'acqua ad una temperatura media. Sono lenti di messa in regime.

4. Assorbitori cilindrici multipli racchiusi in cassone coperto con vetrata.

I cilindri sono racchiusi in un cassone coperto da vetrata che funziona da serra ed impedisce il rapido raffreddamento notturno.

La fig. 219 mostra un triplo assorbitore, capace di dare acqua calda con maggiore uniformità, anche nelle ore notturne.

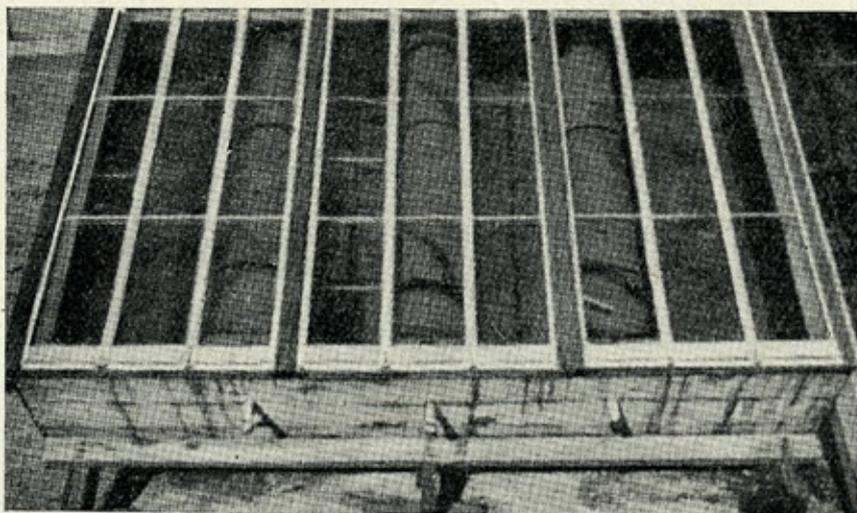


Fig. 219 – Assorbitori cilindrici multipli racchiusi in un cassone coperto con vetrata (dal Brooks).

Il riscaldamento degli assorbitori avviene per effetto dell'aria calda del cassone.

Diamo qui i risultati di esperienze fatte sul comportamento termico degli assorbitori cilindrici racchiusi in cassone vetrato.

Il diagramma della fig. 220 mostra l'effetto di un semplice vetro di copertura su di un assorbitore cilindrico, sostenuto da un'armatura a forma di V rovesciato.

Il rendimento termico è aumentato considerevolmente malgrado che l'acqua fu cavata tre ore più tardi del precedente esperimento e la temperatura esterna fosse diminuita di 9° C. circa.

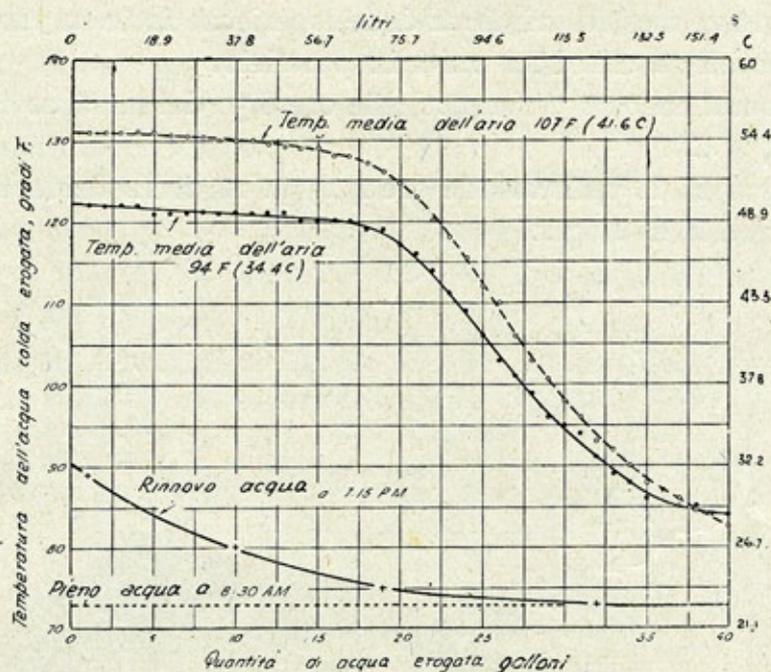


Fig. 220 - Temperatura dell'acqua calda erogata alle 7,15 pomeridiane da un serbatoio cilindrico di 30 galloni (litri 113) coperto da semplice vetro non isolato nel Luglio (17 al 18) 1935. Le temperature sono state prese per ogni gallone di acqua estratto (da Brooks).

Quando la quantità di acqua calda data da un solo assorbitore cilindrico di 30 galloni è insufficiente, si può ottenere una maggiore quantità riunendo parecchi assorbitori in serie collegati in basso nell'introduzione dell'acqua fredda e in alto nell'erogazione di quella calda.

I serbatoi debbono essere distanziati in modo da evitare che l'ombra dell'uno cada sull'altro quando i raggi del Sole sono molto bassi, specialmente al mattino presto e nel tardo pomeriggio.

ESPERIENZA SU ASSORBITORI CILINDRICI MULTIPLI RACCHIUSI IN CASSONE VETRATO.

Racchiudendo parecchi assorbitori cilindrici da 30 galloni (litri 113) in un cassone isolato coperto a vetri, e collegandoli in parallelo, si può riscaldare molta acqua a temperatura non elevata che nel tardo pomeriggio può arrivare a 140 F. (60° C.), ma al mattino si aggirerà sui 110 F. (43° C.). Questo sistema presenta il vantaggio della semplicità e dell'elevata efficienza giornaliera, poi difficilmente è soggetto a congelazione (per la California).

La fig. 221 mostra i risultati delle esperienze fatte su una batteria di tre assorbitori cilindrici uniti in parallelo.

I serbatoi sono stati riempiti alle ore 8,30 del mattino con acqua fredda (19°4 C.).

L'acqua calda spillata alle ore 4,15 p. m. il 12 Settembre è più calda di quella di Luglio.

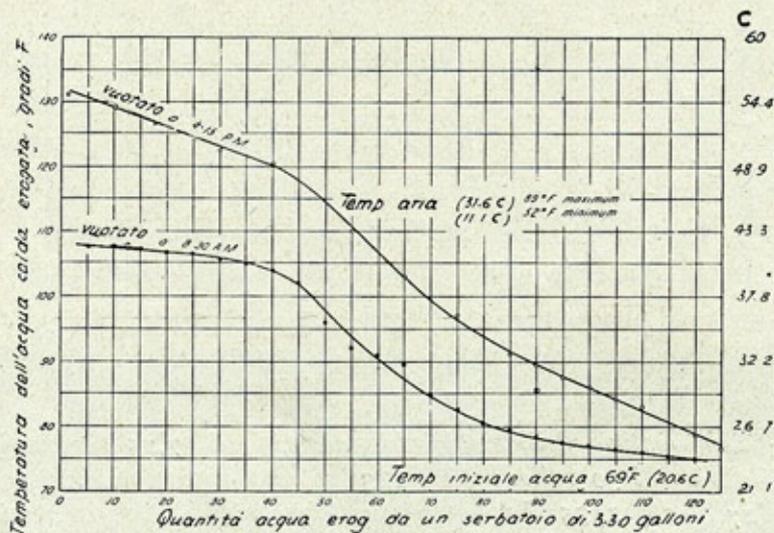


Fig. 221 - Temperatura dell'acqua ricavata da un triplo assorbitore cilindrico racchiuso in un cassone vetrato dopo un giorno di riscaldamento alle 4,15 p. m. ed alle 8,30 a. m. dell'11-12 Settembre 1935. Temperature lette ogni 5 galloni (dal Brooks).

L'abbassamento notturno di temperatura dell'acqua negli assorbitori è stato di soli 10 F., meno della metà dell'escursione diurna.

Per cercare di ovviare a questo inconveniente del raffreddamento notturno si sono uniti i tre serbatoi in modo che l'acqua fredda entrasse nei due estremi mentre l'acqua calda scorreva in quello centrale.

Tale accoppiamento realizza in realtà un piccolo aumento della temperatura dell'acqua al mattino, e più ancora nel giorno.

I cassoni sperimentati avevano il fondo isolato, coperto da lamiera curvata in modo da riflettere il calore sugli assorbitori, la superficie interna dei cassoni era annerita fuorchè agli angoli verso est ed ovest.

In Novembre questi riflettori furono rimossi e tutto il cassone fu dipinto in nero.

Il calore utile che si realizza con o senza riflettori è di 724 B.t.u. al giorno per piede quadrato di vetrata.

L'energia solare ricevuta dall'assorbitore munito di riflettori è stata di 1,070 B.t.u. per giorno, mentre quando questi furono tolti e il cassone dipinto in nero, l'energia solare ricevuta fu di 1003 B.t.u. per piede quadrato.

Il rendimento termico degli assorbitori cilindrici racchiusi in cassone vetrato è del 70-75 % di quello ideale degli assorbitori piani.

La fig. 222 mostra un impianto modesto di riscaldamento solare dell'acqua per usi domestici ed agricoli.

L'assorbitore solare è costituito da due cilindri metallici uniti in tandem racchiusi in un cassone vetrato collocato sulla falda di

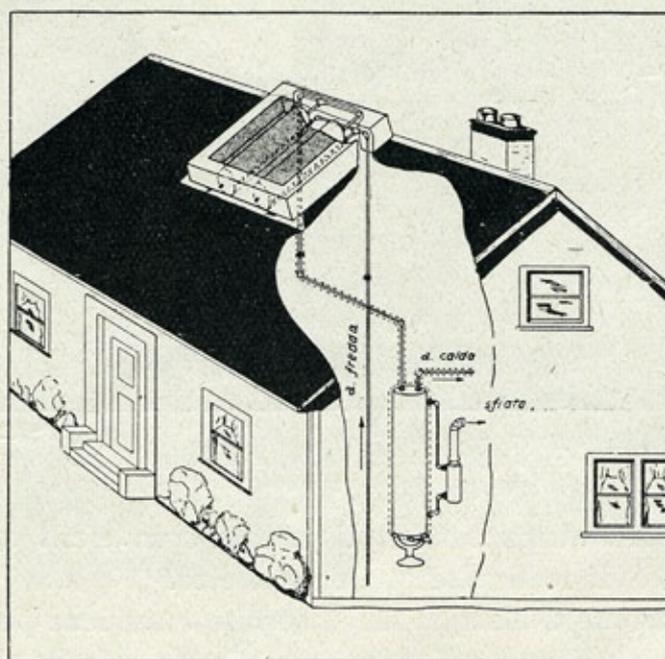


Fig. 222 - Riscaldatore solare ad assorbitori cilindrici connesso con uno scaldacqua automatico (dal Brooks).

tetto rivolta a mezzogiorno. Gli assorbitori funzionano per se stessi da accumulatori di acqua calda, ma essi alimentano un comune riscaldatore elettrico che entra in funzione in caso d'insufficienza del calore solare, e che costituisce una seconda riserva d'acqua calda.

Il costo di tale impianto (U. S. A.), ragguagliato alla nostra moneta, si aggira su L. 2,50 per litro di capacità, e quello annuo dell'acqua calda a circa L. 0,20 per litro, naturalmente escluso il riscaldatore.

5. Assorbitori tubolari chiusi in cassone vetrato.

ASSORBITORE AD UNICO TUBO RIPIEGATO PIÙ VOLTE SU SE STESSO
RACCHIUSO IN CASSONE COPERTO A VETRI.

L'inconveniente degli assorbitori cilindrici racchiusi in cassone vetrato è quello di presentare una piccola area di assorbimento in confronto della capacità del serbatoio.

Perciò si è pensato di separare l'apparato assorbente da quello d'immagazzinamento.

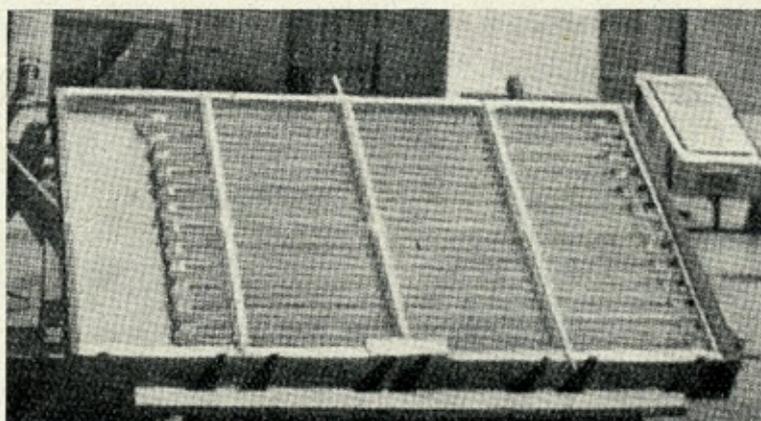


Fig. 223 - *Assorbitore ad unico tubo.*

L'assorbitore ad unico tubo disposto a spirale nel cassone è un primo tentativo di realizzare questo concetto.

La circolazione dell'acqua nell'assorbitore avviene per differenza di densità come nel termosifone; l'acqua calda sale in alto e quella fredda rimane in basso.

Perciò l'introduzione dell'acqua fredda avviene in basso, mentre l'uscita di quella calda avviene in alto.

Connettendo un serbatoio termico ben isolato superiormente all'assorbitore l'acqua calda vi si accumulerà. Se il dislivello tra l'assorbitore ed il serbatoio è considerevole, si può essere sicuri che il raffreddamento notturno non invertirà la circolazione e l'acqua calda non sarà raffreddata dall'assorbitore.

Però questo trasporto dell'acqua calda dall'assorbitore al serbatoio non è cosa facile ottenerlo naturalmente a causa delle non grandi differenze di temperatura, aggravate dalla viscosità dell'acqua e dalle inevitabili perdite termiche.

Una circolazione forzata a mezzo di una pompa elettrica messa in funzione durante l'insolazione è da scartarsi per i piccoli impianti per la spesa relativa.

ASSORBITORE A TUBI MULTIPLI RACCHIUSI IN UN CASSONE
COPERTO A VETRI.

Quando è richiesta una grande superficie assorbente l'impiego di un unico tubo è poco conveniente per la lentezza di circolazione e le perdite conseguenti.

Allora è utile adottare una serie di tubi uniti alla loro estremità da un collettore.

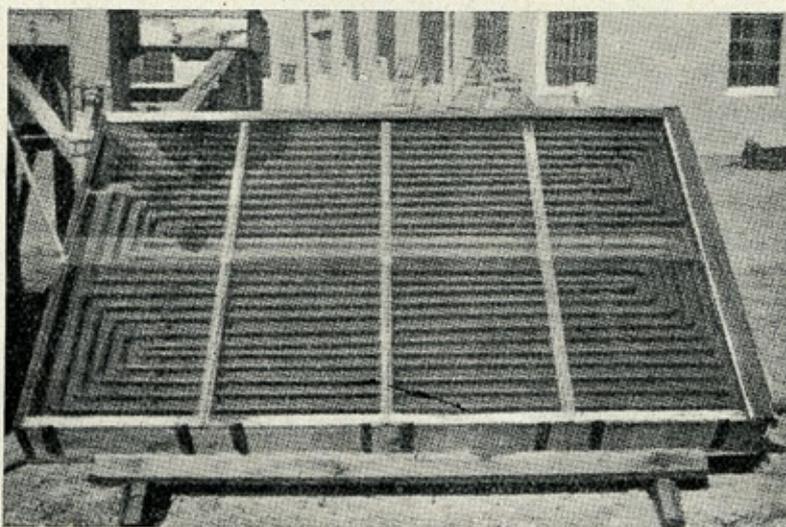


Fig. 224 - Assorbitore costituito da una serie di tubi uniti insieme da collettori (dal Brooks).

Quello in alto (nella figura, a sinistra) serve per l'efflusso dell'acqua calda, mentre quello in basso (a destra) adduce l'acqua fredda.

Diamo qui i risultati di esperienze fatte su tale tipo di assorbitore.

ESPERIENZE SU UN ASSORBITORE A 5 TUBI RACCHIUSI
IN CASSONE VETRATO.

Il diagramma della fig. 225 mostra le diverse temperature osservate nella circolazione determinata da un assorbitore a 5 tubi, unito ad un serbatoio d'immagazzinamento situato a piedi $7 \frac{1}{2}$ (m. 2,28) sul centro dell'assorbitore.

La misura del flusso è indicata dalla curva *A*, misurata a mezzo di una banderuola inserita in un tubo di vetro preventivamente tarato.

La circolazione è lenta sino alle ore 9 finchè l'acqua arriva ad avere tale temperatura da vincere la resistenza dell'acqua contenuta nel tubo d'adduzione, in questo momento si ha il massimo flusso che subito ridiscende per poi stabilizzarsi nelle ore calde circummeridiane.

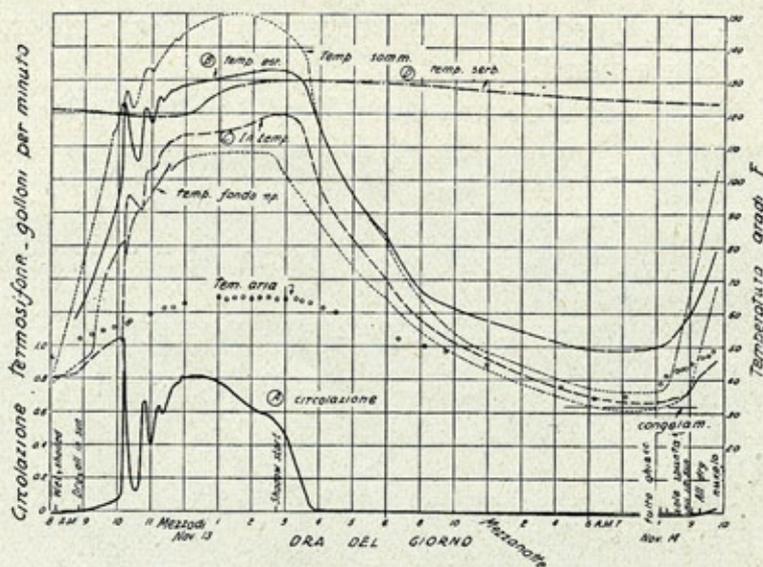


Fig. 225 - Temperature osservate il 13-14 Novembre 1935 con cielo sereno e vento leggero nella circolazione termosifonica di un assorbitore costituito da cinque tubazioni collegate in serie e racchiuse in un cassone vetrato (da Brooks).

Le temperature dell'acqua all'uscita ed all'entrata dell'assorbitore sono indicate dalle curve *B* e *C* rispettivamente, che seguono l'andamento della curva di flusso.

Le temperature del serbatoio sono indicate dalla curva *D* che segue logicamente nella messa in regime quelle della curva *B*.

Se il serbatoio d'immagazzinamento di 120 galloni fosse stato più piccolo o meglio l'assorbitore di 43 piedi quadrati tre volte più grande, l'aumento della temperatura nel serbatoio sarebbe stato più rapido.

Gli impianti di cui alle figg. 226-227-228 sono del tipo non congelabile ad assorbitore tubolare collocato sulla falda di mezzogiorno del tetto, in esso circola una miscela non congelabile, costituita prevalentemente da acqua con 15 % di alcool che ne abbassa il punto di congelamento a -7° C.

Fig. 226.

*Riscaldatore solare
ad assorbitore tubo-
lare connesso ad
uno scaldacqua
automatico.*

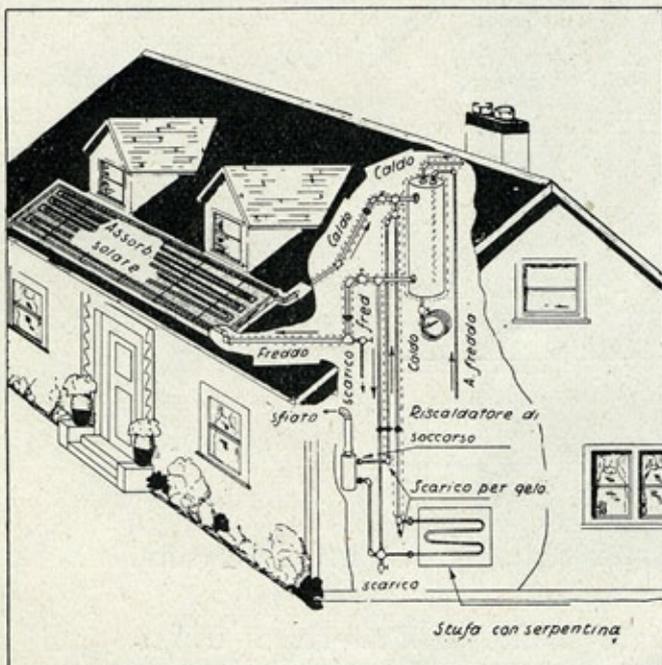
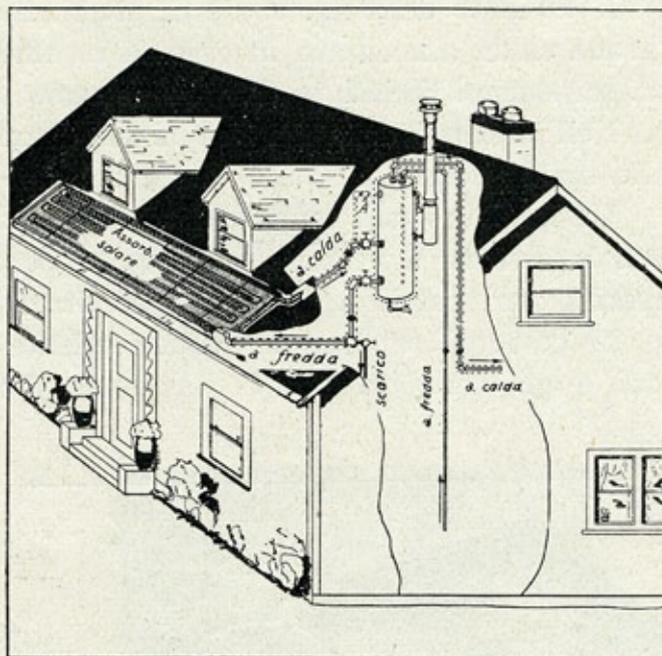


Fig. 227.

*Riscaldatore solare
con accumulatore
abbinato ad una
stufa.*

Tale miscela riscaldata dal calore solare circola nella camicia di un serbatoio ben isolato termicamente che costituisce la riserva di acqua calda.

Nell'impianto della fig. 226 il serbatoio termico è tutto uno con un comune scaldacqua elettrico che funziona automaticamente quando il calore solare è insufficiente.

L'impianto della fig. 227 è caratterizzato dall'aver il serbatoio d'acqua calda alimentato in caso di insufficienza termica solare da una serpentina riscaldata da una normale stufa.

Nell'impianto della fig. 228 si ha distinto il serbatoio termico dallo scaldacqua ausiliario che è del tipo automatico.

Un impianto non congelabile di riscaldatore solare d'acqua, con speciale cassone è venduto in U. S. A. per circa \$ 3 per gallone di capacità pari perciò a L. 15,10 per litro.

Il costo d'installazione comprendente l'isolamento, le tubazioni e gli accessori nonchè la mano d'opera relativa ammonta

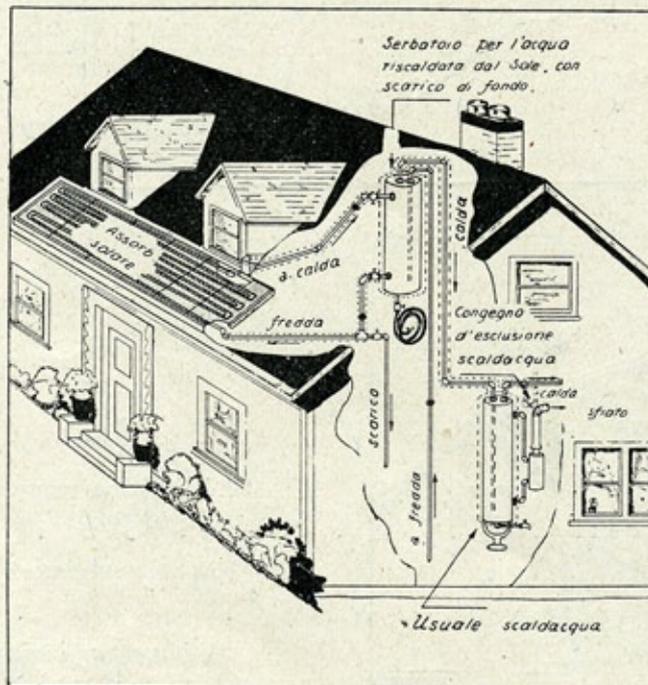


Fig. 228.

*Riscaldatore solare
con accumulatore
abbinato ad un
scaldacqua auto-
matico.*

a circa 5 \$ per gallone pari a L. 25 per litro. In totale L. 40 per litro.

Assumendo una durata limite dell'impianto di 18 anni e calcolando anche le spese di manutenzione e di consumo di alcool (4 cent. per gallone di capacità), il costo totale annuo per la manutenzione è di circa 47 cent. per gallone, pari a circa L. 2 annue per litro.

Ogni gallone di capacità rappresenta un assorbimento di calore di circa 1000 B.t.u. al giorno, con un funzionamento che si può stimare a circa 270 giorni annui.

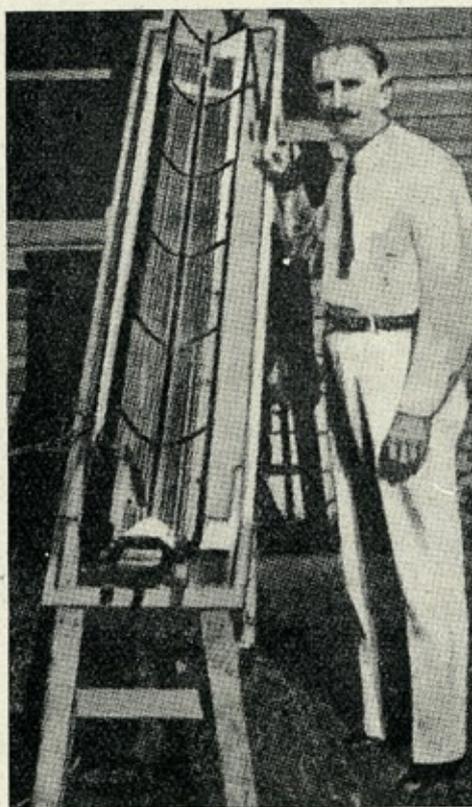
6. Assorbitore solare a specchio parabolico per alte temperature
*(Brevetto Abbot *).*

È costituito da uno specchio parabolico cilindrico di m. 0,60 × 1,80 che concentra il calore solare e determina alte temperature nel suo fuoco ove sono collocati due tubi di vetro nei quali circola uno speciale liquido capace di alte temperature.

Fig. 229.

Il Dr. Abbot ed il suo apparecchio di utilizzazione del calore solare.

Lo specchio parabolico appare nero per il riflesso della tubazione centrale di assorbimento del calore.



L'apparato ruota seguendo il corso del Sole, in modo da concentrare i raggi sull'asse.

Esso sviluppa una forza di circa 1/6 di HP, può essere usato per generare vapore o riscaldare forni di cottura ad una temperatura di F. 350 a 400 (da 176° a 202° C.).

* ABBOT CH., *Solar energy now caught with 15% efficiency.* Science New Letter. 1936.

7. Particolari costruttivi degli impianti solari di riscaldamento di acqua per usi domestici.

Negli impianti non congelabili il trasporto del calore dall'assorbitore al serbatoio dell'acqua calda è fatto da un liquido non congelabile che può essere, come è stato detto, una soluzione alcoolica (15 %), oppure una soluzione salina di cloruro di sodio (24 %) o di olio minerale.

Questo liquido ha una circolazione ben distinta da quella dell'acqua calda, che viene riscaldata o da una serpentina annegata

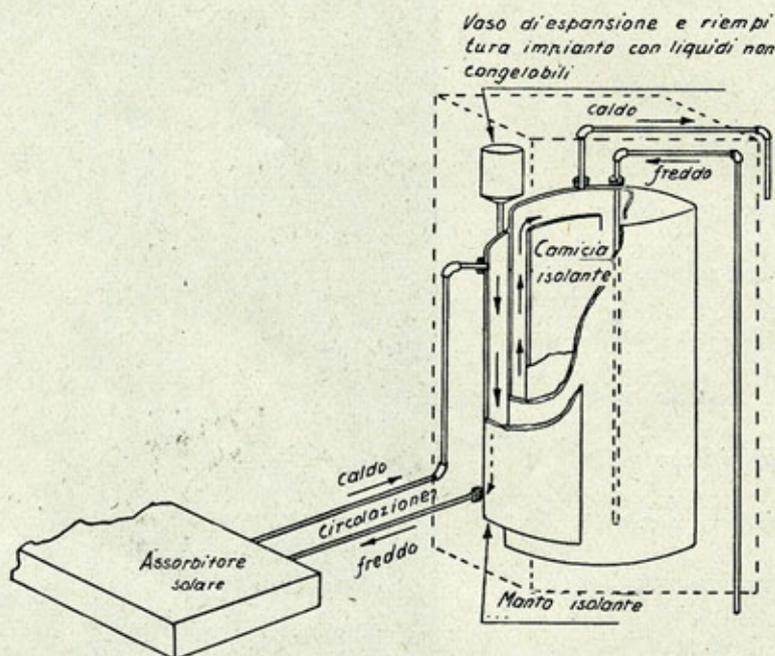


Fig. 230 - Tipo commerciale di serbatoio per l'acqua calda riscaldata da liquido non congelabile (da Brooks).

nel serbatoio stesso, o da una camicia che fascia il serbatoio nella quale circola il liquido non congelabile, come è indicato nella fig. 230.

L'assorbitore solare si colloca più semplicemente sulla falda di un tetto; la sua ordinaria costruzione è indicata dalla fig. 231.

Prima si provvede a costruire sottostantemente ai travicelli del tetto un tavolato di chiusura (1), poi si riempie lo spazio tra i travicelli con materiale isolante (2).

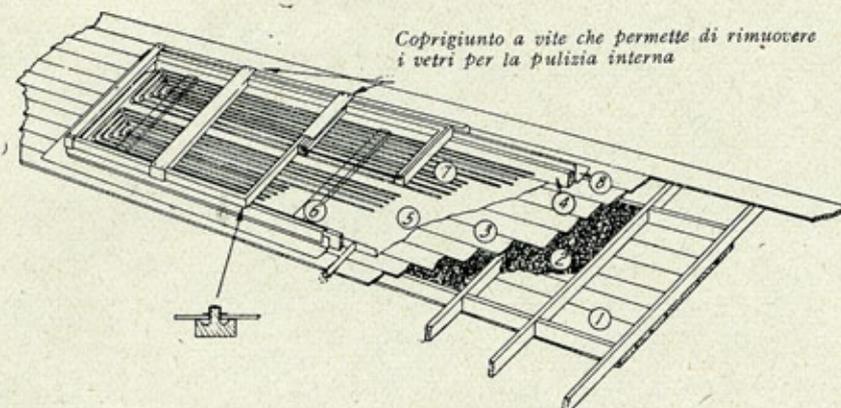


Fig. 231 - Assorbitore solare a tubi multipli (Schema costruttivo)
(da Brooks).

Su questo letto isolante si chioda un assito di legno (3) e su di esso si posa l'intelaiatura (4) del cassone.

Indi si fodera di lamiera zincata il cassone (5), con giunti ben stagni, e provvedendolo di uno scarico di fondo per le eventuali perdite dei tubi, o per acqua piovana caduta attraverso i vetri rotti.

Sul fondo del cassone si pongono poi dei listelli (6) per la posa della serpentina di assorbimento (7) che viene con cura collaudata per evitare perdite fastidiose da ripararsi ad impianto ultimato.

Si protegge il cassone dalle acque del tetto con un canale di guardia (8) in lamiera, poi si dipinge tutto in nero, proteggendo l'esterno con una buona vernice.

