



FACOLTÀ DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA



Laurea in Architettura

DICAAR

CORSO DI IMPIANTI PER LA SOSTENIBILITA' ENERGETICA DEGLI EDIFICI

A.A. 2020/21 – primo semestre

L'impianto termico solare (1-98)

Docente: ROBERTO RICCIU

Elementi di progettazione degli impianti solari termici

Gli impianti termici solari

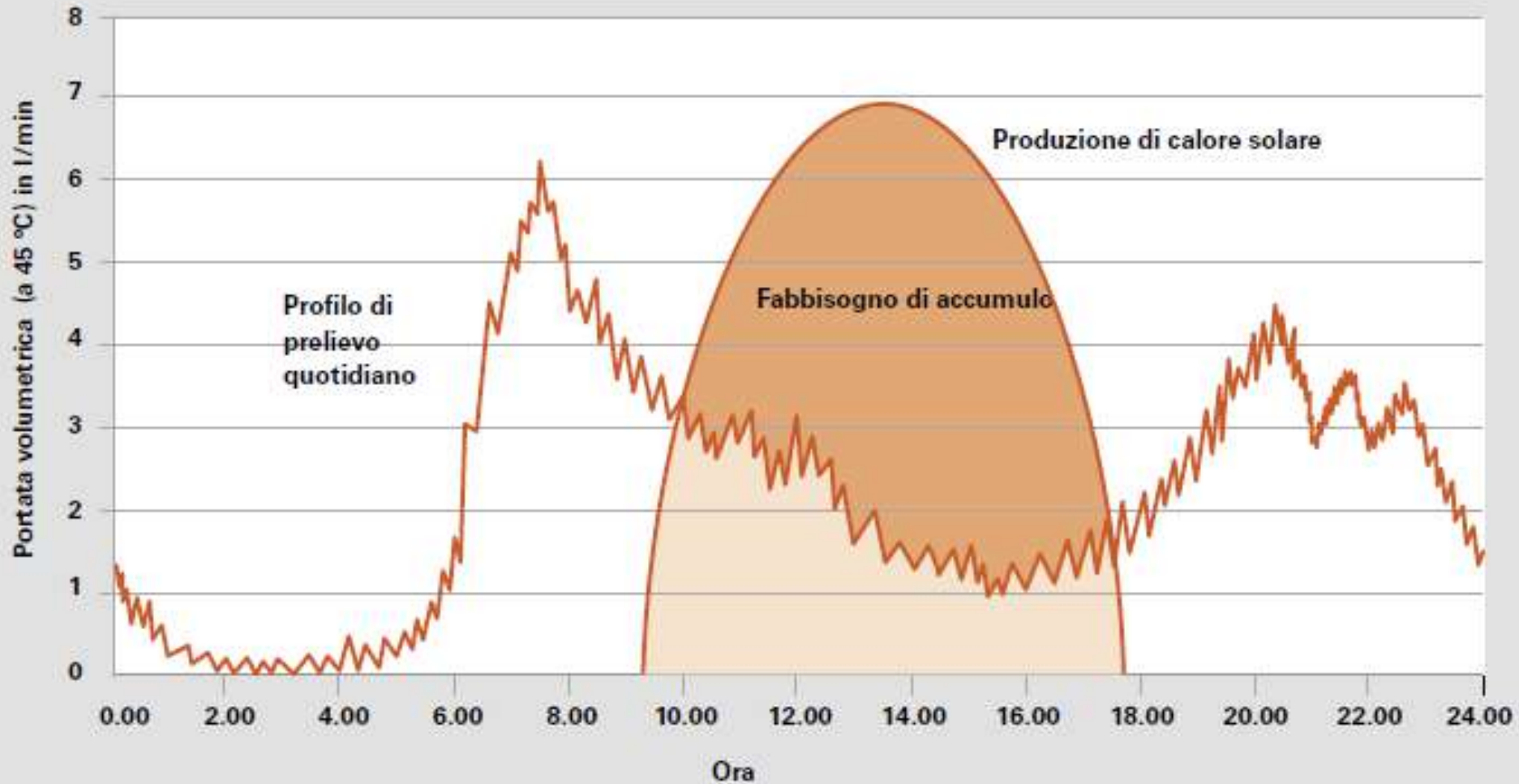
- **La progettazione**
 - La fattibilità dell'impianto 2
 - Il fabbisogno di ACS 5
 - I serbatoi di accumulo 24
 - Gli scambiatori di calore 29
 - Il Fabbisogno per dispersione 35
 - Parametri energetici di valutazione 40
 - Il dimensionamento 42
- **Tecnologie**
 - Il collettore piano 48
 - Altre tecnologie 51
- **Gli impianti ACS e Riscaldamento** 53
 - Le tecnologie e un nuovo punto di vista 55
 - Il fluido termovettore 59
 - I circuiti idraulici 63
 - La scelta delle pompe e i ricircolatori 68
 - Dimensionamento per integrazione al riscaldamento 77
- **La redditività di un impianto solare termico** 79

Gli impianti termici solari

Per un impianto domestico non è necessario effettuare un accurato dimensionamento dell'impianto per il riscaldamento dell'acqua sanitaria. È infatti possibile calcolarlo con formule *'spannometriche'* e valori di riferimento.

- 1) **Eseguire un rilievo e verificare a livello generale la fattibilità dell'impianto**
- 2) **Definire il fabbisogno di acqua calda**
- 3) **Calcolare la superficie dei collettori**
- 4) **Scegliere il serbatoio di accumulo:**
 - a) **il volume**
 - b) **lo scambiatore di calore**
- 5) **Scegliere il fluido termovettore**
- 6) **Definire la portata ed il diametro delle tubature nel circuito del collettore**
- 7) **Calcolare le perdite di carico e scegliere la pompa di circolazione**
- 8) **Dimensionare il vaso di espansione e la valvola di sicurezza**

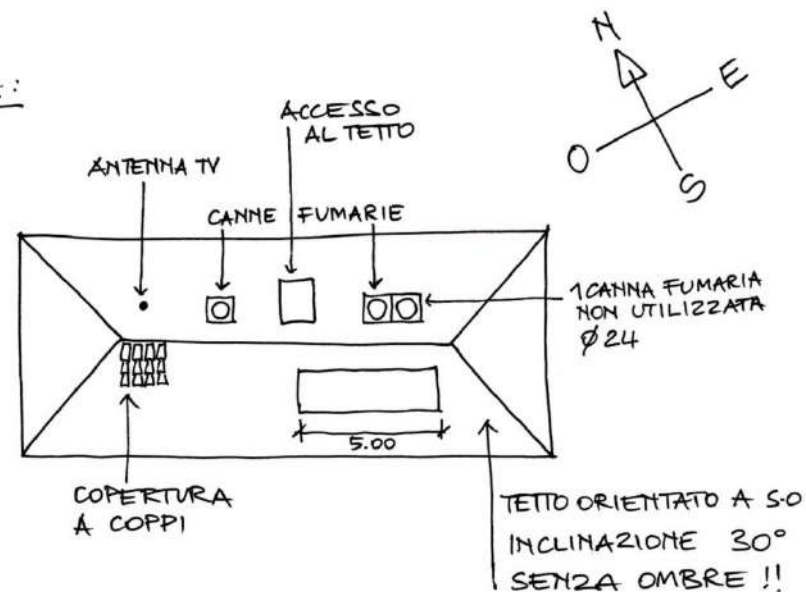
Gli impianti termici solari



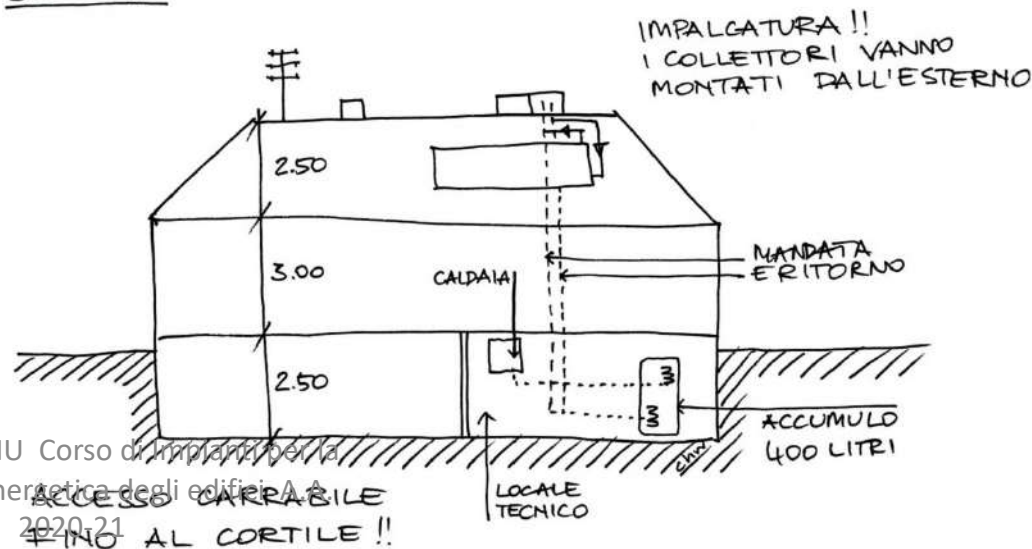
Gli impianti termici solari

È sempre di grande aiuto avere il **rilievo**, cioè un disegno fatto a mano che riporti le dimensioni essenziali e le caratteristiche del manufatto.

PIANTA:



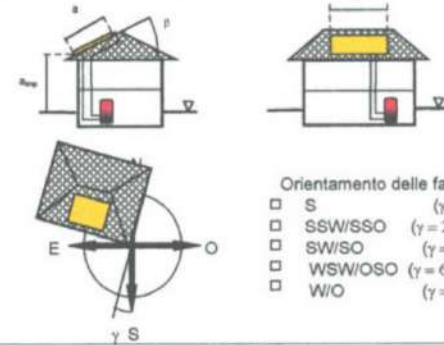
SEZIONE:



ROBERTO RICCIU Corso di Impianti per la
sostenibilità energetica degli edifici A.A.
2020-21

ACCESSO CARRABILE
FINO AL CORTILE !!

Gli impianti termici solar

MODULO RILIEVO DATI PER IMPIANTI SOLARI TERMICI	
INDIRIZZO	
Cliente Nome: Indirizzo: Città: CAP: Tel. Fax e-mail:	Luogo di installazione Nome: Indirizzo: Città: CAP: Tel. Fax
EDIFICIO	
Tipo di edificio: <input type="checkbox"/> Mono/bifamiliare <input type="checkbox"/> Plurifamiliare <input type="checkbox"/> Esistente Anno di costruzione:..... <input type="checkbox"/> In costruzione <input type="checkbox"/> Progettato	Tetto: <input type="checkbox"/> Piano Copertura: <input type="checkbox"/> Tegole <input type="checkbox"/> A falda <input type="checkbox"/> Ardesia <input type="checkbox"/> Altro Sottocostruzione: <input type="checkbox"/> Travi lignee <input type="checkbox"/> Cemento
FABBISOGNO DI ACQUA CALDA SANITARIA (ACS)	
Numero di persone:..... <input type="checkbox"/> Basso consumo - 30 litri per persona al giorno <input type="checkbox"/> Medio consumo - 50 litri per persona al giorno <input type="checkbox"/> Alto consumo - 80 litri per persona al giorno <input type="checkbox"/> Previsto collegamento della lavatrice <input type="checkbox"/> Previsto collegamento della lavastoviglie <input type="checkbox"/> Altro fabbisogno di acqua calda sanitaria	Fabbisogno medio giornaliero di ACS: $V_{ACS} = \dots\dots$ litri/giorno Ricircolo: <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no Tempo di attivazione ricircolo: $t_r = \dots\dots$ ore/giorno Lunghezza del tubo di ricircolo: $L_z = \dots\dots$ m
GEOMETRIA E ORIENTAMENTO DEL TETTO	
	Larghezza della falda utilizzabile: $b = \dots\dots$ m Altezza della falda utilizzabile: $a = \dots\dots$ m Altezza dell'impianto: $a_{imp} = \dots\dots$ m Necessaria una gru: <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no Orientamento delle falde <input type="checkbox"/> S ($\gamma = 0^\circ$) <input type="checkbox"/> SSW/SSO ($\gamma = 22,5^\circ$) <input type="checkbox"/> SW/SO ($\gamma = 45^\circ$) <input type="checkbox"/> WSW/OSO ($\gamma = 67,5^\circ$) <input type="checkbox"/> W/O ($\gamma = 90^\circ$) Inclinazione del tetto: $\beta = \dots\dots^\circ$ Orientamento del tetto: $\gamma = \dots\dots^\circ$ Ombreggiamento:.....
IMPIANTO TERMICO ESISTENTE	
<input type="checkbox"/> Riscaldamento di ACS centralizzato <input type="checkbox"/> Caldaia con serbatoio integrato <input type="checkbox"/> Caldaia con serbatoio separato <input type="checkbox"/> Caldaia istantanea <input type="checkbox"/> Riscaldamento di ACS elettrico decentralizzato	Impianto termico: <input type="checkbox"/> Gasolio <input type="checkbox"/> Metano <input type="checkbox"/> GPL <input type="checkbox"/> Legna <input type="checkbox"/> Elettrico Potenza:.....kW Anno di costruzione:..... Utilizzabile come riscaldamento ausiliario: <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
ALTRO	
Lunghezza singola della tubazione tra collettore e serbatoio: $L_t = \dots\dots$ m Altezza del vano per il serbatoio:.....m Larghezza della porta d'accesso al vano per il serbatoio:.....m	Zona con gelate invernali: <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
DESIDERI DEL CLIENTE	
Tipo di montaggio: <input type="checkbox"/> Integrato <input type="checkbox"/> Sfrutto apposta indipendente Tipo di falda: <input type="checkbox"/> Piano <input type="checkbox"/> A falda	Tipo di impianto: <input type="checkbox"/> Compatto <input type="checkbox"/> Con serbatoio separato Tipo di collettore: <input type="checkbox"/> Piano <input type="checkbox"/> Sottovuoto Idea dei costi:

1) Esiste un impianto centrale per il riscaldamento dell'acqua sanitaria, oppure si può pensare di installare un impianto simile?

2) La superficie del tetto a disposizione è sufficiente?

3) Il tetto ha un orientamento adeguato?

4) Il tetto viene messo in ombra da parti di edificio, alberi o altro?

Il fabbisogno di ACS – 01 calcoli «spannometrici»

Si basano sulla valutazione del grado di prestazione che si vuole raggiungere per l'utenza in oggetto, intendendo con ciò il **numero di litri di acqua calda** che ogni abitante consuma quotidianamente:

- ✓ basso (~ 35 litri /giorno per persona)
- ✓ medio (~ 50 litri /giorno per persona)
- ✓ elevato (~ 75 litri /giorno per persona)

A questi consumi vanno aggiunti:

- ✓ 10 litri /giorno per persona per ogni pasto che si consuma in casa, necessari per **lavare le stoviglie**
- ✓ 20 litri /giorno per lavaggio se **si usa la lavastoviglie**
- ✓ 20 litri /giorno per lavaggio se **si usa la lavatrice**

Il fabbisogno di ACS – 01 calcoli spannometrici

Negli edifici con funzione ricettiva il fabbisogno di acqua calda viene calcolato sulla **presenza media** di persone nel periodo compreso tra maggio e agosto. I valori di riferimento per il fabbisogno giornaliero medio pro capite sono:

- ✓ ostello della gioventù: 35 litri /giorno per persona
- ✓ standard semplice: 40 litri /giorno per persona
- ✓ standard alto: 50 litri /giorno per persona
- ✓ standard molto alto: 80 litri /giorno per persona

Se la struttura offre anche servizio cucina, il fabbisogno di acqua calda aumenta indicativamente in questo modo:

- ✓ pasto semplice: 10 [litri /gg pers] per ogni pasto
- ✓ pasto a più portate: 20 [litri /gg pers] per ogni pasto

Gli impianti termici solari

Il fabbisogno di ACS – 01 calcoli spannometrici

Esempio:

Un agriturismo (standard alto) viene gestito da una famiglia di 4 persone. Durante il periodo estivo da maggio ad agosto la presenza media di ospiti è di circa 15 pernottamenti al giorno:

2 quadruple (2+2)

1 tripla (2+1)

2 doppie (2+0)

Per gli ospiti vengono preparati 2 pasti al giorno. La lavatrice fa 2 lavaggi al giorno.

Fabbisogno per la famiglia 4 x 50 L = 200 L/giorno

Fabbisogno per gli ospiti 15 x 50 L = 750 L/giorno

Cucina 15 x 20 L = 300 L/giorno

Lavatrice 2 x 20 L = 40 L/giorno

Totale ~1300 L/giorno

Il fabbisogno di ACS – 01 calcoli spannometrici

Si basano sulla valutazione del "reale" consumo di ACS dell'utenza in oggetto.

Si valuta la spesa ed i consumi in m^3 di gas naturale nei mesi estivi (maggio-settembre) facendo attenzione che i consumi siano dati da letture effettive e non stimate!

Esempio: consumi mensili di gas registrati

- ✓ maggio = $12,4 \text{ m}^3$
- ✓ giugno = $12,0 \text{ m}^3$
- ✓ luglio = $11,8 \text{ m}^3$
- ✓ agosto = $9,4 \text{ m}^3$
- ✓ settembre = $12,1 \text{ m}^3$

Si può assumere in tal senso un rendimento medio di caldaia pari a 0,9 ed un PCI (Potere Calorifico Inferiore) del gas pari a $9,9 \text{ kWh/m}^3$:

Si tenga presente che i consumi di ACS pesano per non meno del 70%. Il restante è gas per uso cottura.

Gli impianti termici solari

Fabbisogno di ACS

Va calcolato per ogni utilizzatore

(UNI/TS 11300-2:2008)

L'energia termica $Q_{h,W}$ [J oppure Wh] richiesta per riscaldare una quantità di acqua alla temperatura desiderata è data dalla relazione:

$$Q_{h,W} = \rho_W \cdot c_W \cdot V_W \cdot (T_{W,er} - T_{W,0}) \cdot G_W$$

ove

ρ_W massa volumica dell'acqua [1 kg/L \equiv 1000 kg/m³]

c_W calore specifico dell'acqua
[convenzionalmente pari a 4183 J/(kg°C) \equiv 1.162 Wh/(kg°C)]

V_W volume di acqua calda sanitaria richiesto durante il periodo di calcolo [L/G]

$T_{W,er}$ temperatura di erogazione [°C]

$T_{W,0}$ temperatura di ingresso dell'acqua fredda sanitaria [°C]

G_W numero dei giorni del periodo di calcolo [G]

Gli impianti termici solari

Il fabbisogno di ACS – 03 calcoli da UNI TS 11300 1 e 2

Si calcola il fabbisogno di energia termica associata al prelievo giornaliero di ACS:

$$Q_{h,W} = \rho_W \cdot c_W \cdot V_W \cdot (T_{W,er} - T_{W,0}) \cdot G_W \text{ ng}_i$$

La temperatura di ingresso dell'acqua (dall'acquedotto) si può assumere convenzionalmente pari a 15 ° C (media annuale). Qualora siano resi pubblici dall'ente erogatore o dall'Amministrazione Comunale dati mensili di temperatura dell'acqua di alimentazione in relazione alla zona climatica e alla fonte di prelievo (acqua superficiale, acqua di pozzo, ecc.) si devono utilizzare tali dati ai fini del calcolo indicandone l'origine.

Ciò determina fabbisogni mensili di energia diversi a parità di litri erogati e dovrà essere indicato nella relazione tecnica.

Ad esempio per Cassino (dati misurati non in acquedotto) si può assumere:

Occorre cercare quelli per la proprio città

	°C
gen	10,0
feb	10,8
mar	11,7
apr	12,5
mag	13,3
giu	14,2
lug	15,0
ago	14,2
set	13,3
ott	12,5
nov	11,7
dic	10,8

Gli impianti termici solari

Il fabbisogno di ACS – 03 calcoli da UNI TS 11300 1 e 2

Si calcola il fabbisogno di energia termica associata al prelievo giornaliero di ACS:

$$Q_{h,w} = \sum_{i=1}^{12} \rho \cdot c \cdot V_w \cdot (\theta_{er,i} - \theta_{in,i}) \cdot n g_i$$

Il volume giornaliero di ACS è calcolato mediante la:

$$V_w = a \cdot Nu \quad [\text{litri/g}]$$

dove:

- ✓ a è il fabbisogno giornaliero specifico [l/g]
- ✓ Nu è il parametro che dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio

prospetto 12 Valori di a per le abitazioni (l/Gm²)

Fabbisogni	Calcolo in base al valore di S_u per unità immobiliare [m ²]			Valore medio riferito a $S_u = 80 \text{ m}^2$
	≤ 50	51-200	> 200	
a	1,8	$4,514 \times S_u^{-0,2356}$	1,3	1,6
Fabbisogno equivalente di energia termica utile [Wh/G m ²]	52,3	$131,22 \times S_u^{-0,2356}$	37,7	46,7
Fabbisogno equivalente di energia termica utile [kWh/m ² anno]	19,09	$47,9 \times S_u^{-0,2356}$	13,8	17,05

ROBERTO RICCIU Corso di Impianti per la
sostenibilità energetica degli edifici A.A.

Gli impianti termici solari

Qualora non si abbiano dati misurati della Superficie utile dell'edificio in oggetto (sottrazione dal lordo delle mura perimetrali ed interne), l'area netta di ciascuna zona termica può essere ottenuta moltiplicando la corrispondente area lorda per un fattore f_n , ricavabile in funzione dello spessore medio delle pareti esterne, d_m :

Gli impianti termici solari

Il fabbisogno di ACS – 03 calcoli da UNI TS 11300 1 e 2

Per destinazioni diverse dalle abitazioni il fabbisogno giornaliero specifico a è stimato sulla base del:

prospetto 13

Valori per destinazioni diverse dalle abitazioni (Fabbisogni mensili in litri a 40 °C con $\Delta T = 25$ K)

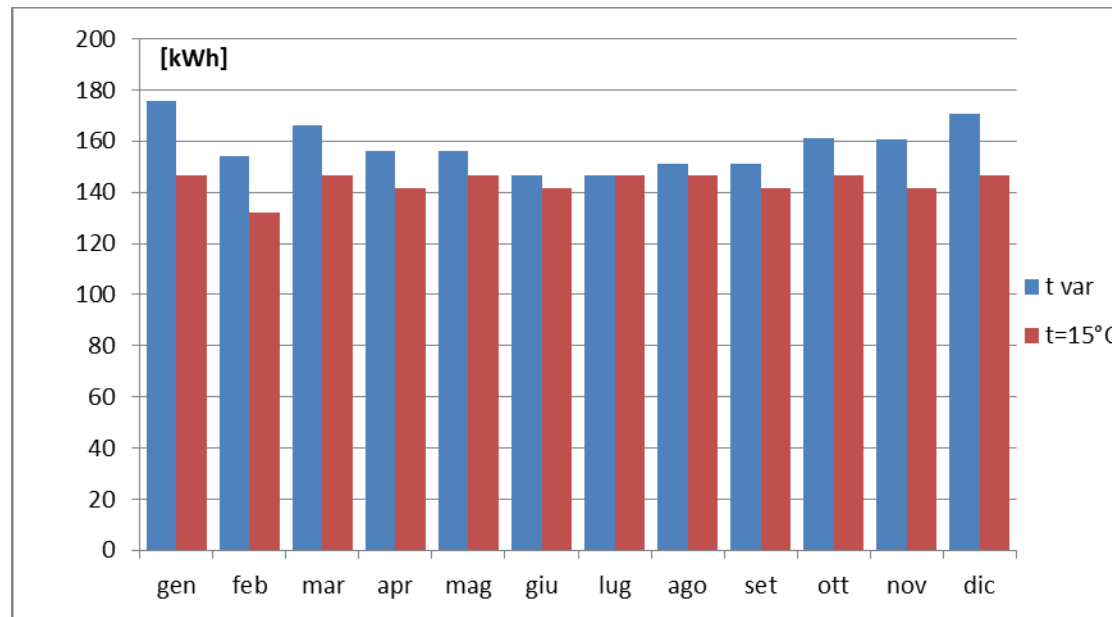
Tipo di attività	a	N_u
Hotel senza lavanderia		Numero di letti e numero giorni mese
1 stella	40 l/G letto	
2 stelle	50 l/G letto	
3 stelle	60 l/G letto	
4 stelle	70 l/G letto	
Hotel con lavanderia		Numero di letti e numero giorni mese
1 stella	50 l/G letto	
2 stelle	60 l/G letto	
3 stelle	70 l/G letto	
4 stelle	80 l/G letto	
Altre attività ricettive diverse dalle precedenti	28 l/G letto	Numero di letti e numero giorni mese
Attività ospedaliera day hospital	10 l/G letto	Numero di letti
Attività ospedaliera con pernottamento e lavanderia	90 l/G letto	Numero di letti
Scuole	-	
Scuole materne e asili nido	15 l/G	Numero di bambini
Attività sportive/palestre	100 l/G	Per doccia installata
Uffici	0,2	l/m ² G
Negozi	-	
Ristoranti	10 l/G	Numero di ospiti per numero di pasti
Catering e self service	4 l/G	Numero di ospiti per numero di pasti

ROBERTO RICCIU' Corso di Impianti per la
sostenibilità energetica degli edifici A.A.
2020-21

Gli impianti termici solari

Il fabbisogno di ACS – 03 calcoli da UNI TS 11300 1 e 2

ESEMPIO: Civile abitazione a Cassino con $S_u = 110,5 \text{ m}^2$ (**confrontare questo dato con quello che ricaveremo durante l'esercitazione**)



TOT = 1896 kWh

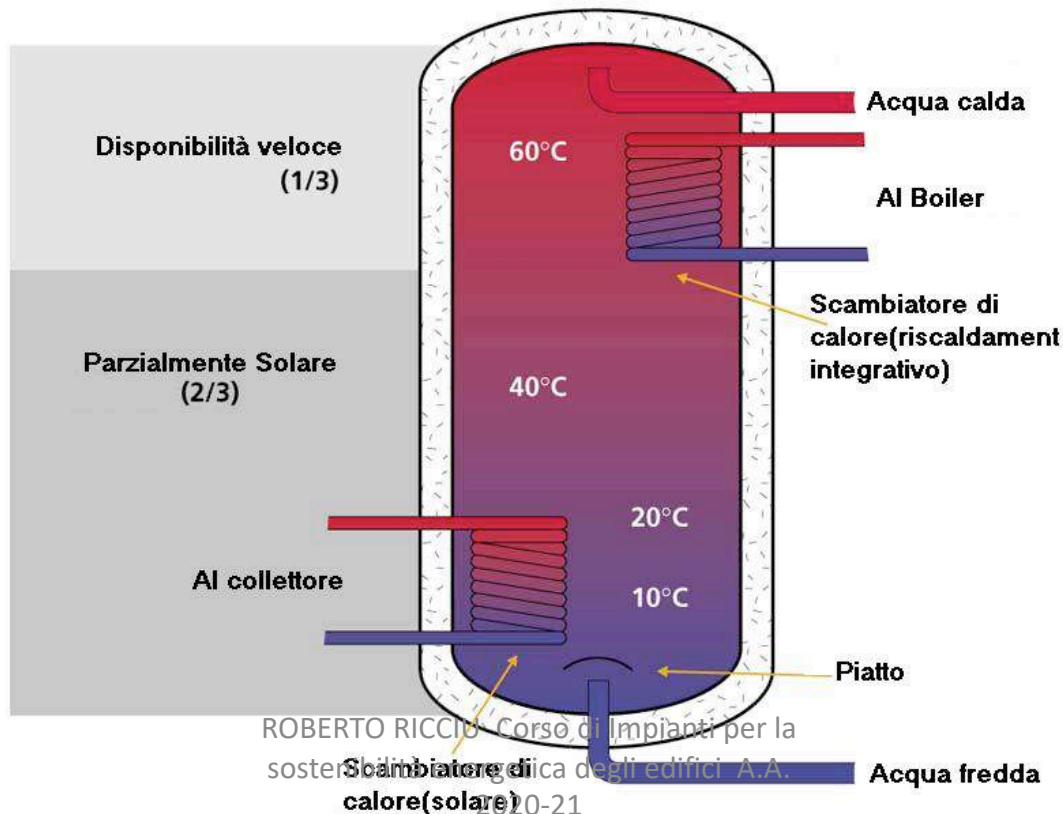
Le differenze sono mediamente pari al 9%.

Gli impianti termici solari

Il fabbisogno di ACS – UNI 9182

Quando si deve stimare il fabbisogno di ACS per una utenza ricettiva, diviene indispensabile il corretto dimensionamento del sistema di accumulo:

- calcolo del volume in temperatura
- calcolo della superficie degli scambiatori interni
- sceita, nei cataloghi dei fabbricanti, dei prodotti più vicini al valore ottenuto



Gli impianti termici solari

Il fabbisogno di ACS – UNI 9182

Il **periodo di punta** corrisponde alle ore, in cui risulta concentrato il maggior consumo d'acqua calda.

Il **periodo di preriscaldamento** corrisponde alle ore riservate al preriscaldamento dell'acqua nei bollitori.

La **temperatura di accumulo** va scelta come compromesso tra diverse esigenze:

- ✓ limitare fenomeni di corrosione e deposito del calcare (molto più rapidi e aggressivi a temperature maggiori di 60-65° C)
- ✓ limitare le dimensioni dell'accumulo (basse T elevati volumi e viceversa)
- ✓ evitare il problema della legionella (in genere i batteri possono sopportare a lungo temperature fino a 50° C. Muoiono invece in tempi rapidi oltre i 55° C).

60° C è in genere un buon compromesso, compatibile anche con i limiti imposti dalla UNI 9182 ad esempio in merito alla dezincatura dei tubi di acciaio.

Gli impianti termici solari

Il fabbisogno di ACS per tipo di utenza

Tipo di edificio	Consumi C nel periodo di punta (prelievo a 40°C)		h di punta	h di preriscaldamento
Residenziale	Con 1 bagno ⁽¹⁾	260 L	1,5	2
	Con 2 bagni ⁽¹⁾	340 L	1,5	2
Ufficio	40 L		1,5	2
Albergo pensione	Alloggio con vasca	180 L	1,5÷2,5 ⁽²⁾	2
	Alloggio con doccia	130 L	1,5÷2,5 ⁽²⁾	2
Ospedale	120 L per posto letto		2	2
Caserma collegio	80 L per posto letto		2	2
Centro sportivo	Doccia	150 L	0,3	1,5
	Lavabo	60 L	0,3	1÷7 ⁽³⁾

- (1) I consumi residenziali vanno moltiplicati per un **fattore correttivo f**
- (2) 1,5 h per alberghi e pensioni con consumo concentrato: ad esempio quelli posti in zone di sport invernali o frequentati da comitive turistiche; 2,5 h in alberghi e pensioni con consumo d'acqua normale: ad esempio alberghi commerciali di città
- (3) Funzione del tempo che intercorre tra un turno e l'altro

Gli impianti termici solari

Il fabbisogno di ACS per tipo di utenza

Il **fattore correttivo f** è ottenibile come prodotto di: $f_1 * f_2 * f_3$

Fattore di moltiplicazione del fabbisogno di acqua calda in litri/persona-giorno in funzione del numero di alloggi

Numero di alloggi	Fattore di moltiplicazione
1	1,15
2	0,86
3	0,73
4	0,65
5	0,60
6	0,56
7	0,53
8	0,50
9	0,48
10	0,47
11	0,46
12	0,45
13	0,44
14	0,44
15	0,43
16	0,43
17	0,42
18	0,42
19	0,41
20	0,41
21	0,40
22	0,40
23	0,39
24	0,39
25	0,38
da 26 a 30	0,36
da 31 a 35	0,35
da 36 a 40	0,34
da 41 a 45	0,33
da 51 a 60	0,31
da 61 a 70	0,30
da 71 a 80	0,29
da 81 a 90	0,29
da 91 a 100	0,28
da 101 a 125	0,27
da 126 a 150	0,26
da 151 a 200	0,25
da 201 a 300	0,24
da 301 a 400	0,23

Fattore di moltiplicazione del fabbisogno di acqua calda a 40 °C in l/persona-giorno in funzione del numero di vani per ogni alloggio

Numero di vani	Fattore di moltiplicazione
1	0,8
2	0,9
da 3 a 4	1,0
da 5 a 6	1,1
da 7 a 8	1,2
da 9 a 10	1,3
da 10 a 12	1,4
oltre 12	1,5

Fattore di moltiplicazione del fabbisogno di acqua calda a 40 °C in l/persona-giorno in funzione del tenore di vita degli utilizzatori

Tenore di vita	Fattore di moltiplicazione
Basso	0,8
Modesto	0,9
Normale	1,0
Buono	1,1
Elevato	1,2

Gli impianti termici solari

Il fabbisogno di ACS per tipo di utenza

Esempio:

Nell'agriturismo precedente sono presenti 6 camere (5 per ospiti)

2 quadruple (2+2)

1 tripla (2+1)

2 doppie (2+0)

1) Consumo di acs nel periodo di punta: $130 \times 6 = 780$ litri

$$\rho_W \cdot c_W \cdot V_W \cdot (T_{W,er} - T_{W,0})$$

2) Energia termica necessaria: $Q_{tot} = 0,780 \times 988 \times 1,162 \times (40-15) = 22387$ Wh

3) La potenza media oraria da cedere all'acqua nel periodo $\theta_{punta} + \theta_{preriscaldamento}$

$$Q_h = \frac{Q_{tot}}{\theta_{punta} + \theta_{preriscaldamento}} = \frac{22387}{2,5 + 2} = 4975 \text{ W}$$

4) L'energia termica da accumulare nel periodo di preriscaldamento: $Q_{acc} = 4975 \times 2 = 9950$ Wh

5) Il volume dell'accumulo necessario per il soddisfacimento del periodo di punta risulta:

$$V_{acc} = \frac{Q_{acc}}{\rho \cdot c \cdot (t_{acc} - t_{int})} \cdot \frac{1}{1000} = \frac{9950}{988 \cdot 1.162 \cdot (60 - 15)} \cdot \frac{1}{1000} = 193 \text{ litri}$$

Il fabbisogno di ACS per tipo di utenza

La superficie dello scambiatore dedicato al riscaldamento del volume “in temperatura” necessario per il soddisfacimento del periodo di punta risulta:

$$S = \frac{Q_{acc}}{K \cdot (t_{media,caldo} - t_{media,freddo})}$$

dove:

- K = Coefficiente di scambio termico medio del serpentino. Si assume:

K = 582 Wh/(h·m²·° C) per tubi in ferro

K = 605 Wh/(h·m²·° C) per tubi in rame

- t_{media,caldo} = temperatura media del fluido scaldante (da caldaia) e pari alla media tra mandata e ritorno

- t_{media,freddo} = temperatura media del fluido nell'accumulo (in temperatura) e pari alla media fra la temperatura dell'acqua di accumulo (60° C) e la temperatura dell'acqua di reintegro (15° C)

Il fabbisogno di ACS per tipo di utenza

La **temperatura di mandata del fluido caldo** va scelta in modo da:

- limitare il deposito di calcare sul serpentino
- limitare la superficie di scambio termico richiesta (cioè quella del serpentino)
- assicurare nel serpentino velocità del fluido relativamente elevate (serve ad assicurare un buon scambio termico).

Un buon compromesso è una temperatura di mandata pari a 75° C ed un salto termico di 5° C.

Nell'esempio precedente:

La superficie dello scambiatore dedicato al riscaldamento del volume "in temperatura" necessario per il soddisfacimento del periodo di punta risulta:

$$S = \frac{9950}{605 \cdot (72,5 - 37,5)} = 0,47 \text{ m}^2$$

Gli impianti termici solari

Il fabbisogno di ACS per tipo di apparecchiatura

Per altre utenze, si può utilizzare il consumo medio relativo ai singoli apparecchi per acs, in ogni caso funzione della frequenza di utilizzo (buon senso).

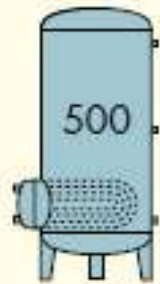
Il consumo è riferito ad un prelievo a 40° C

Vasca da bagno	100÷200 L
Doccia	60 L
Bidet	10 L
Lavabo	12 L
Lavello	20 L
Lavatrice	10 L
Lavastoviglie	15÷20 L

Gli impianti termici solari

Il fabbisogno di ACS per tipo di utenza

Il **serbatoio di accumulo** andrà scelto tra le diverse soluzioni commerciali disponibili:



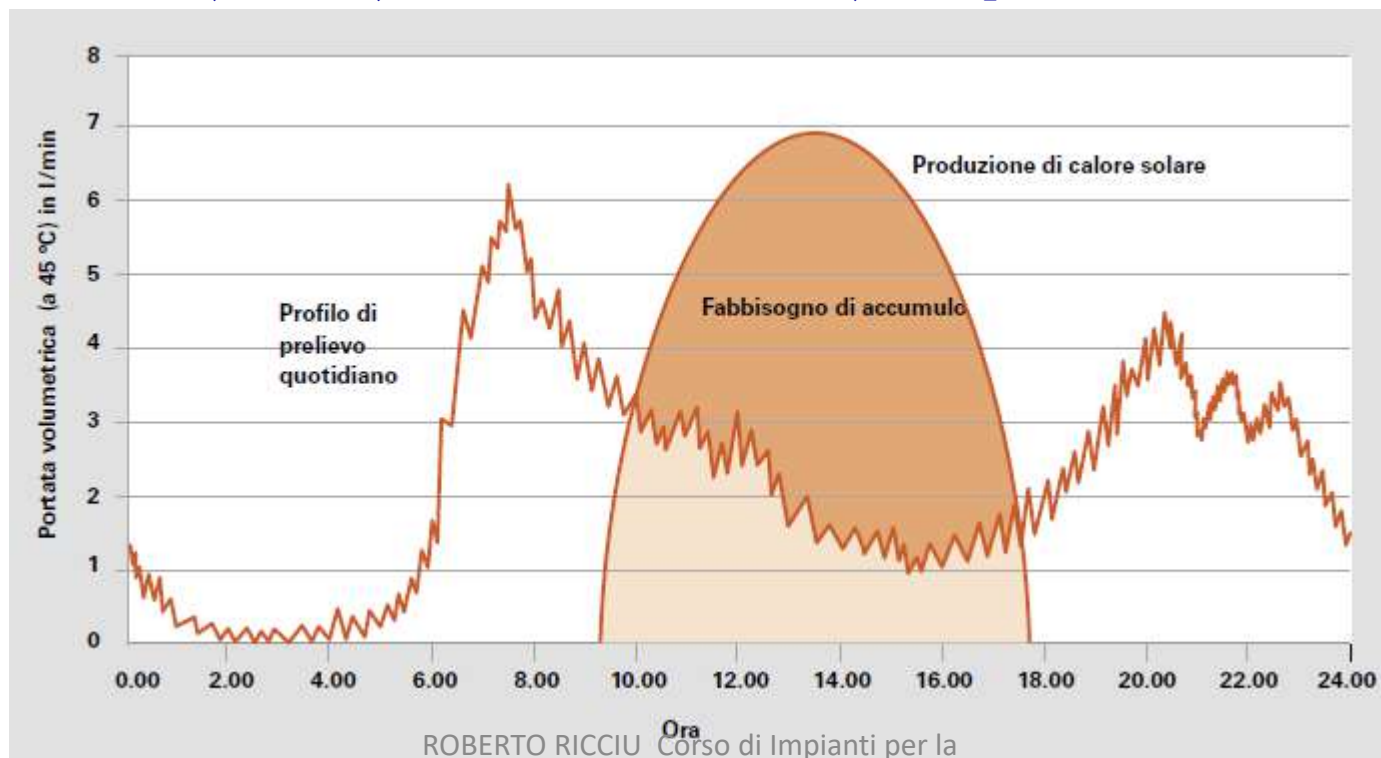
Edifici residenziali:	fino a 6 alloggi con 1 locale servizi fino a 4 alloggi con 2 locali servizi
Uffici e simili:	fino a 40 servizi (WC+lavabo)
Alberghi, pensioni e simili: (1) (2)	fino a 11 camere con servizi con vasca fino a 15 camere con servizi con doccia
Ospedali: (2)	fino a 15 posti letto
Cliniche: (2)	fino a 18 posti letto
Caserme, Collegi e simili: (2)	fino a 22 posti letto
Palestre e centri sportivi:	fino a 5 coppie docce/rubinetti
Spogliatoi di stabilimenti:	fino a 5 coppie docce/rubinetti (preriscad. 1 h)

Gli impianti termici solari

I serbatoi di accumulo per impianti solari termici

Servono a disconnettere il periodo di disponibilità solare (media giornata) dal periodo di utilizzo (mattina o serata): un ampio volume permette di superare periodi anche lunghi di scarso soleggiamento, ma causa anche maggiori dispersioni di calore

- A liquidi, solidi (ciottoli) o a cambio di fase (PCM paraffina o sali fusi)



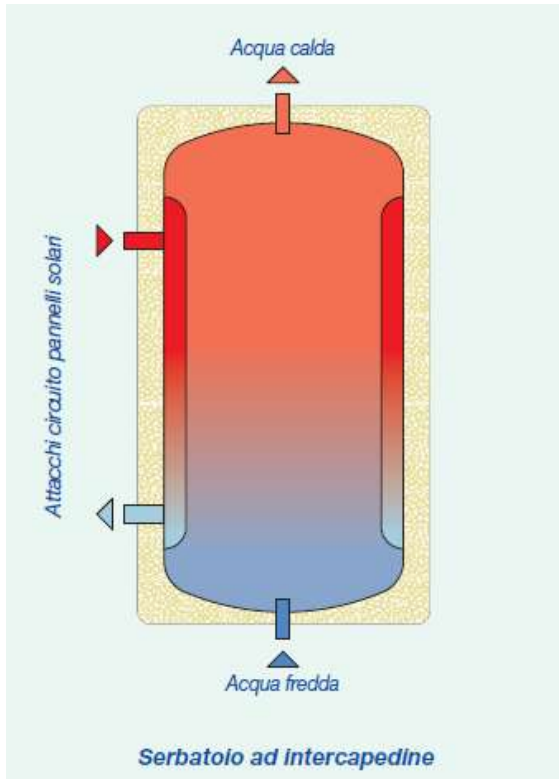
ROBERTO RICCIU Corso di Impianti per la
sostenibilità energetica degli edifici A.A.

2020-21

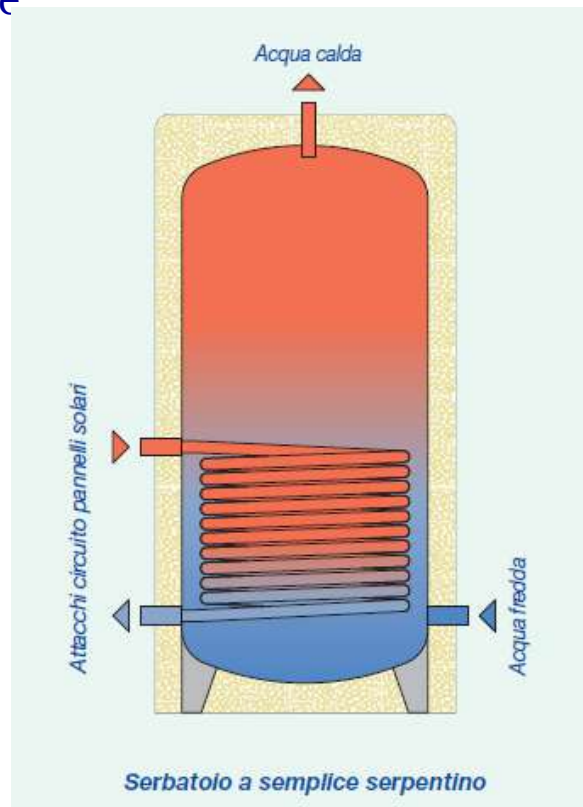
Gli impianti termici solari

I serbatoi di accumulo per impianti solari termici

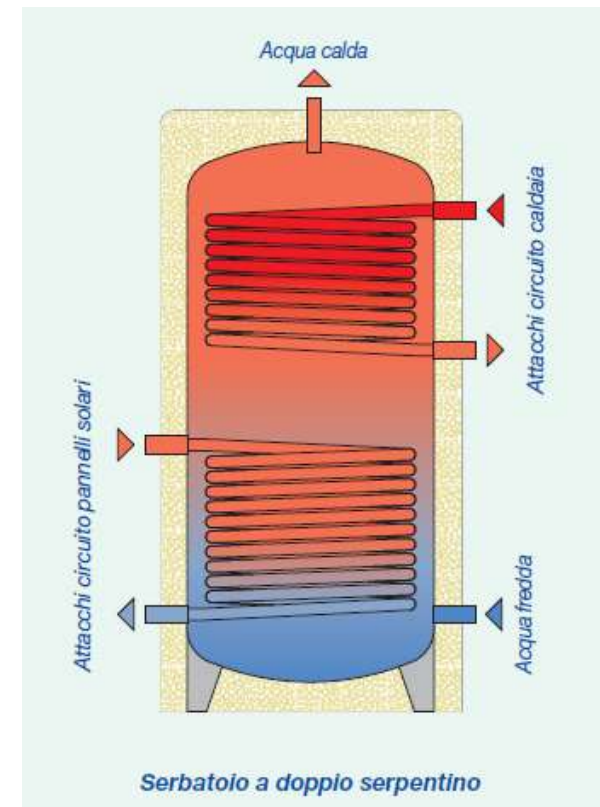
Indipendentemente dal volume, gli accumulatori solari sono realizzati sostanzialmente come unità verticali; sfruttando la diversa densità dell'acqua calda e fredda si realizza una buona stratificazione della temperatura. L'acqua calda più leggera "galleggia" sull'acqua fredda più pesante. Se non si formano vortici dovuti ai flussi interni, questa stratificazione è molto stabile



Per piccoli impianti



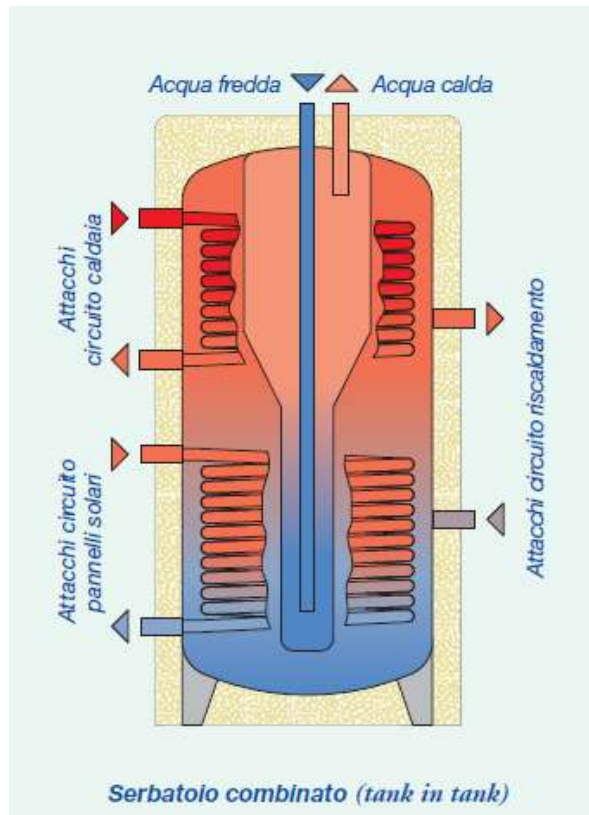
Per accumulo
ROBERTO FICCO - Corso di Impianti per la
sostenibilità energetica degli edifici A.A.
2020-21



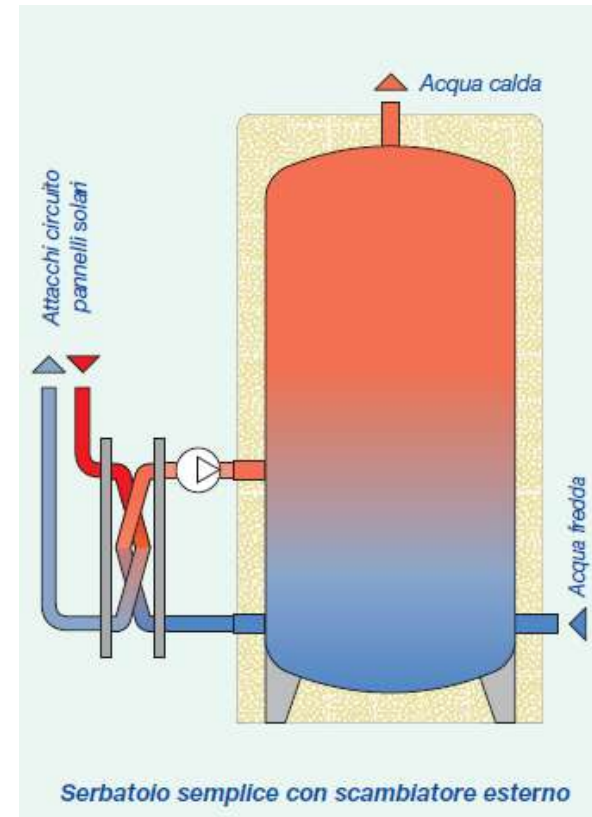
*Per piccoli e medi impianti, per
riscaldare l'acqua fino alla
temperatura desiderata*

Gli impianti termici solari

I serbatoi di accumulo per impianti solari termici



Per piccoli e medi impianti, che provvedono sia alla produzione di acqua calda sanitaria sia al riscaldamento.



*Per impianti medio grandi. Lo scambio termico col fluido proveniente dai pannelli è realizzato con **scambiatori esterni a piastre** o a fascio tubiero.*

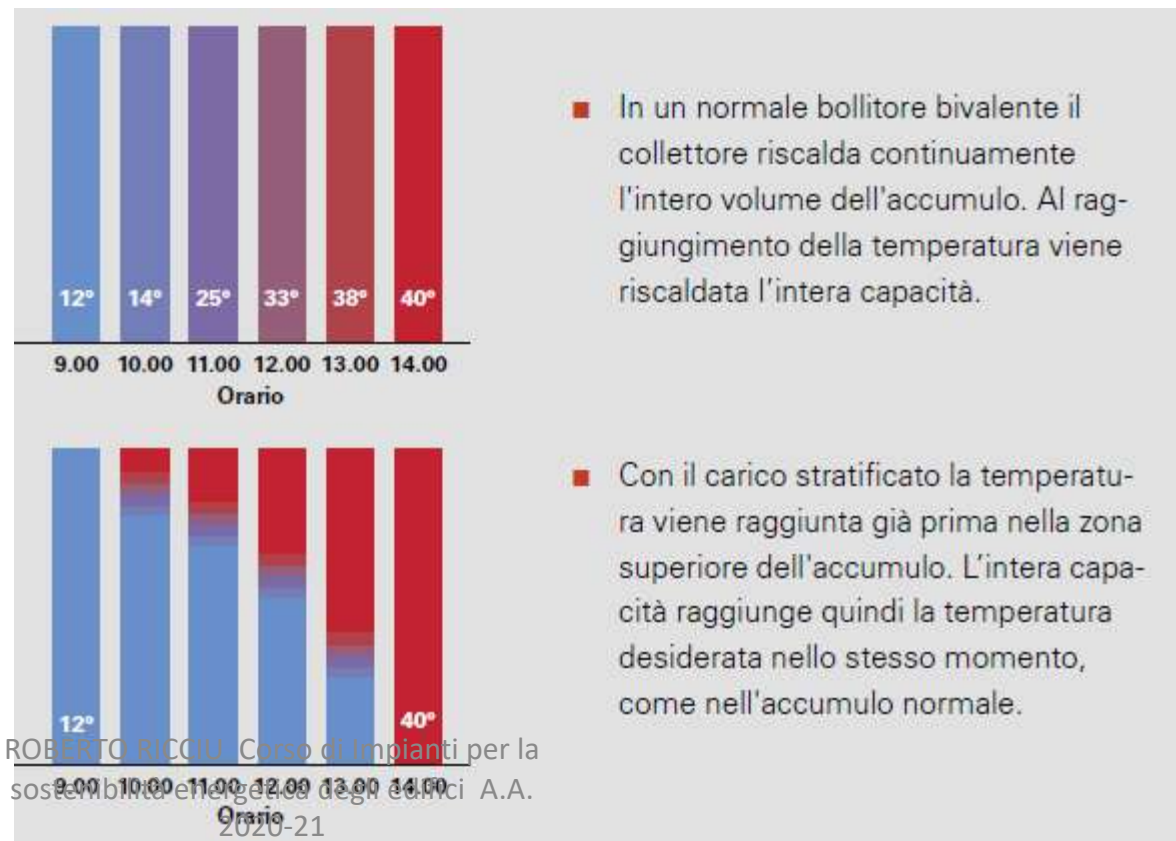
Gli impianti termici solari

I serbatoi di accumulo per impianti solari termici

Durante il carico dell'accumulo con scambiatori di calore interni senza carico stratificato viene riscaldata uniformemente l'intera capacità dell'accumulo. Finché non viene raggiunta la temperatura utile nella zona di preparazione dell'accumulo, il campo collettori fornisce calore per un periodo altrettanto lungo.

Se vi è richiesta di calore prima del raggiungimento di questa temperatura, il Delta termico viene raggiunto mediante il riscaldamento ausiliario.

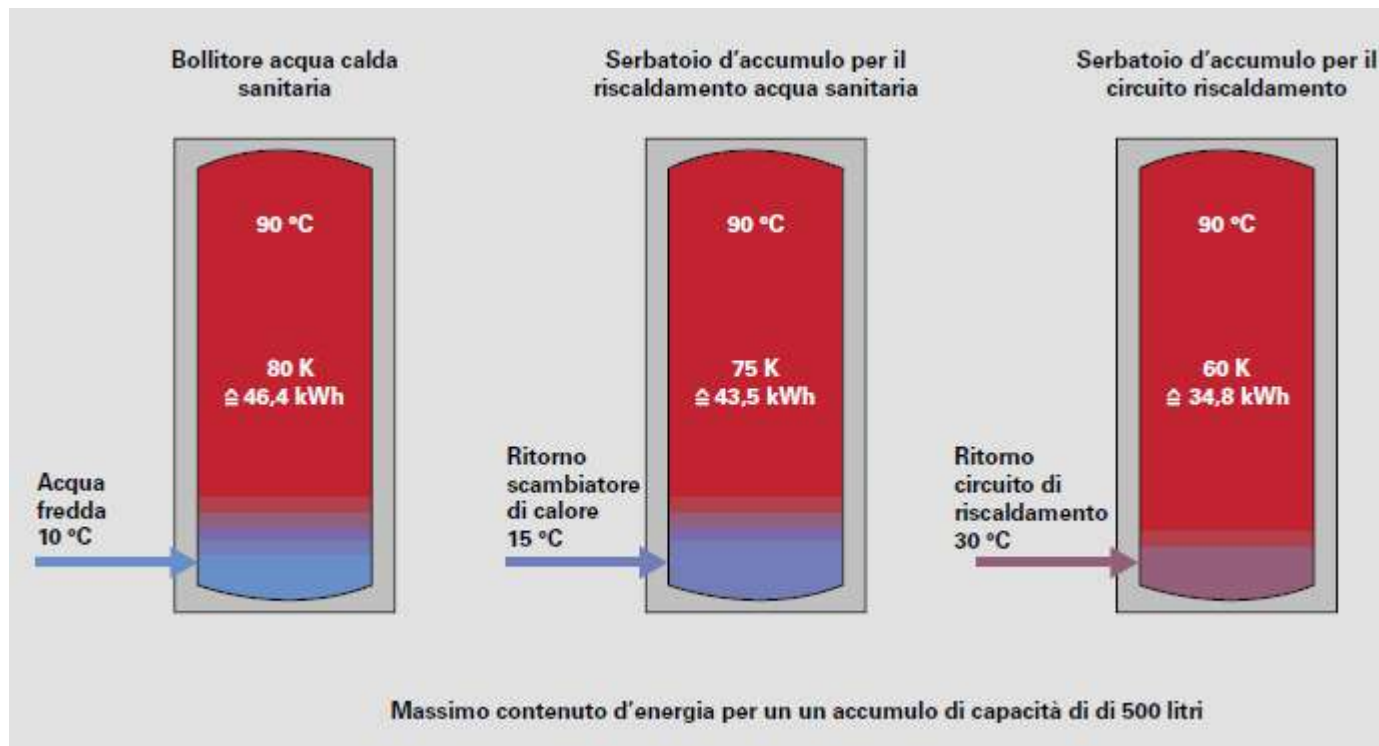
Questo fabbisogno di riscaldamento ausiliario può essere ridotto **stratificando** il più possibile l'acqua riscaldata da energia solare nella zona "in temperatura". In questo modo il calore utile è disponibile in tempi ridotti per l'utenza con conseguente ritardo nell'accensione del riscaldamento ausiliario.



Gli impianti termici solari

I serbatoi di accumulo per impianti solari termici

Per la scelta di un accumulo, è decisivo non la sua capacità, bensì il suo contenuto d'energia. Esso viene determinato sostanzialmente dalla temperatura più bassa che è possibile introdurre nell'accumulo stesso.



Gli scambiatori di calore

Trasferiscono il calore da un fluido termovettore ad un altro tenendoli separati.

Possono essere a fascio tubiero o a piastre; in equicorrente o in contro corrente.

Devono rispettare:

- Stabilità chimica con il mezzo termovettore usato e compatibilità con gli altri materiali del circuito
- Adatti al campo di temperature cui sono destinati
- Buone proprietà termiche
- Minima differenza di temperatura tra i circuiti connessi
- Minime perdite di carico

I materiali più comunemente usati sono il rame e l'acciaio inossidabile

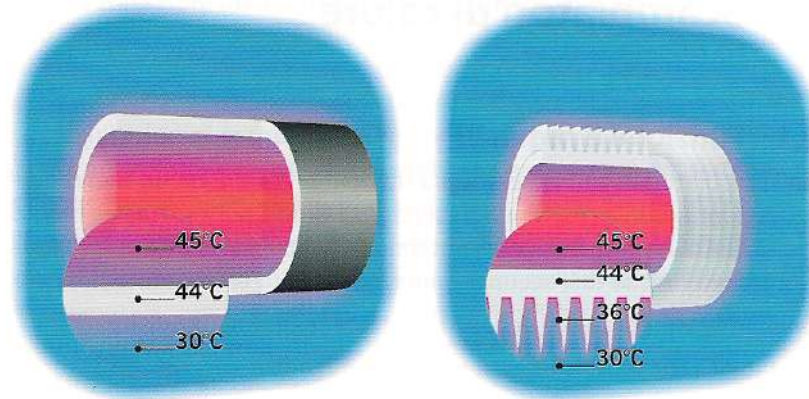
Gli impianti termici solari

Gli scambiatori di calore

Scambiatori interni

Trattasi di **tubi lisci o alettati** (rame o acciaio inossidabile) o ad intercapedine (collettori a circolazione naturale)

Negli scambiatori alettati la capacità di trasferimento del calore non aumenta proporzionalmente alla superficie in quanto ad una maggiore superficie corrisponde anche una diminuzione della temperatura superficiale



Nel caso di **più bollitori** indipendenti andrà scelto uno scambiatore per ogni accumulo, progettato in modo da avere la massima conduttività termica in ognuno di essi. In tal caso i costi eccessivi fanno preferire scambiatori esterni

Gli scambiatori di calore

Scambiatori interni

Con riferimento ad una differenza di temperatura logaritmica di 10 K (tipica per piccoli impianti con ACS come fluido vettore) è possibile applicare:

- 0,2 m² di superficie di scambio per ogni m² di superficie collettore (circa 1/5) per tubazioni in rame
- 0,3÷0,4 m² di superficie di scambio per ogni m² di superficie collettore (circa 1/3) per tubazioni in acciaio corrugato

Per impianti maggiori e differenze di temperatura media logaritmica inferiori a 10 K è sufficiente aumentare la superficie dello scambiatore.

Gli impianti termici solari

Gli scambiatori di calore

Scambiatori esterni

Generalmente la portata costante sul lato collettore e sul lato ACS aiuta nella progettazione. Il valore di compromesso tra costi ed efficienza si ottiene con un salto di temperatura medio logaritmico di 5 K

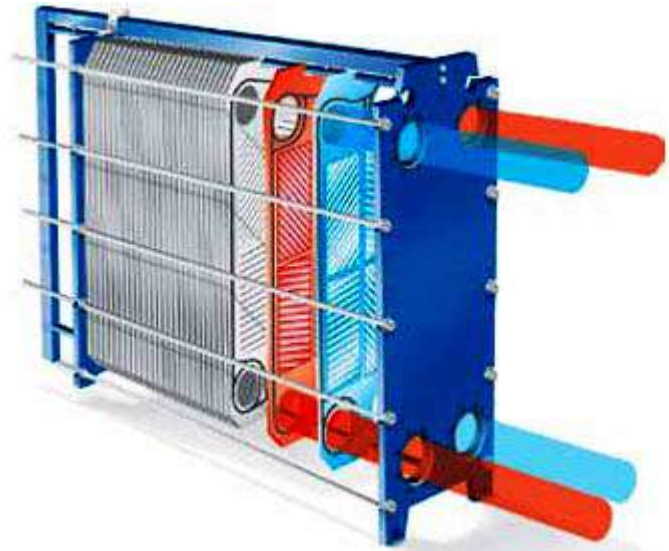
	Low-Flow		Standard Flow	
	Lato primario	Lato secondario	Lato primario	Lato secondario
Portata	12 ÷ 15 l/(h·m ²) Glicole: 40 % Acqua: 60 %	12 ÷ 15 l/(h·m ²) Acqua	35 ÷ 45 l/(h·m ²) Glicole: 40 % Acqua: 60 %	35 ÷ 45 l/(h·m ²) Acqua
Potenza specifica ipotizzata della superficie del campo collettore	~ 500 W/m ²			
Differenza di temperatura logaritmica media (tra primario e secondario)	$\Delta\theta \sim 5 \text{ K}$			
Potenza specifica media	~ 100 W/K/m ² _C (C = Superficie collettore)			
Temperatura in entrata	75 ÷ 67 °C	Target: 30 °C	58 ÷ 56 °C	Target: 40 °C
Temperatura in uscita	33 °C	68 ÷ 60 °C	44 °C	52 ÷ 50 °C

Rispetto a quelli interni, l'uso degli scambiatori esterni:

- ✓ consente lo scambio termico di potenze più elevate;
- ✓ dà la possibilità di servire più serbatoi con un solo scambiatore;
- ✓ facilita, data l'autonomia dei serbatoi dagli scambiatori, la realizzazione di varianti ed integrazioni del sistema di accumulo.

Gli impianti termici solari

Gli scambiatori di calore



Scambiatore a piastre:

- ✓ **alta efficienza** grazie ad elevati coefficienti di scambio termico (possibilità di avere differenze minime di temperature tra i due circuiti $\leq 1^\circ \text{C}$)
- ✓ **costi inferiori** di investimento (è necessaria una minore superficie rispetto a qualsiasi altro scambiatore, i fluidi vengano a contatto solo con materiali nobili => leghe di acciaio inox)
- ✓ **possibilità di espansione** (facile ampliamento del pacco piastre in caso di variazione del carico termico)
- ✓ **facilità di manutenzione** (allentando i dadi del piastrone mobile è possibile ispezionare tutta la superficie di scambio), ideali per piscine con problemi di corrosione
- ✓ **effetto autopulente** grazie alla elevata turbolenza dei fluidi (anche in presenza di basse portate i fluidi all'interno dello scambiatore circolano in moto turbolento e non laminare)

Pressione di esercizio : da 6 Bar fino a 25 Bar
Temperatura di esercizio : da -50°C fino a $+180^\circ \text{C}$
Dimensioni attacchi : da 1" fino a DN 500
Materiali piastre e attacchi : AISI 304, AISI 316, TITANIO, 254SMO, HASTELLOY, INCONEL, MONEL etc....
Materiali guarnizioni : NBR(P), EPDM(P), GOMME FLUORURATE, etc....
Materiali telaio : Acciaio al carbonio con vari cicli di verniciatura, AISI 304, AISI 316
Conessioni : filettate gas maschio, flangiate DIN, ANSI SAE, Triclamp, DIN 11851



Gli impianti termici solari

Gli scambiatori di calore



Gli scambiatori a fascio tubiero, meno compatti ma con sezioni di passaggio più ampie:

- sono meno esposti ai pericoli di “blocco” dovuti a incrostazioni e depositi di sporco
- presentano minori perdite di carico



Scambiatore a CHIOMA: utilizza tubi curvati ad U, a raggi variabili, uniti mediante la piastra tubiera a formare delle chiome di tubi ed una sola testa.

Il vantaggio risiede nella estraibilità del fascio tubiero, che può essere facilmente separato dal mantello per ispezione e pulizia, al costo di una minore stabilità meccanica del fascio che, essendo supportato a sbalzo, è sottoposto a maggiori sollecitazioni, anche di carattere dinamico per le vibrazioni. Sono sconsigliati per fluidi corrosivi o sporcanti, in quanto in corrispondenza del ripiegamento ad U si può avere erosione localizzata dei tubi e la formazione di incrostazioni (o fouling).

Il fabbisogno di ACS

Se è previsto un **circuito di ricircolo** per la distribuzione dell'acqua calda nell'impianto, allora anche le sue dispersioni devono essere considerate come fabbisogno di acqua calda.

La quantità di questo surplus di calore deve essere accuratamente stimato caso per caso, dipendendo da:

- **la lunghezza del circuito di ricircolo**
- **la sua coibentazione**
- **il tipo di funzionamento (gestione a timer o a temperatura)**

Per un calcolo più preciso si possono utilizzare i dati delle bollette del gas o dell'elettricità.

Il fabbisogno può essere calcolato anche montando un semplice contatore di flusso nella tubatura dell'acqua calda.

La superficie del collettore

Per una situazione con orientamento ideale (sud, inclinazione 30°) si utilizzano i valori di riferimento di seguito riportati per dimensionare la superficie del collettore. Questa viene quindi calcolata in relazione al fabbisogno giornaliero di ACS (comfort medio):

- ✓ $1,2 \text{ m}^2$ /persona per il Nord,
- ✓ 1 m^2 / persona per il Centro,
- ✓ $0,8 \text{ m}^2$ /persona per il Sud,
- ✓ $50 \div 70$ litri di serbatoio / m^2 di pannelli solari installati.

Questi valori di dimensionamento permettono di coprire completamente il fabbisogno durante i mesi estivi, cioè in estate tutta l'acqua calda sanitaria viene riscaldata dall'impianto solare.

Calcolato su tutto l'anno, il risparmio energetico ottenuto è di circa 50-80%.

La superficie del collettore

Utilizzo della caldaia ausiliaria:

Lavora sulla parte alta del bollitore a doppio serpentino e, dunque, su metà del contenuto di acqua.

Nei centri sportivi (tempi di utilizzo molto brevi) si hanno grandi volumi di accumulo



- 1) n. 2 bollitori a doppio serpentino = raddoppiare m² pannelli e non riuscire a portare in temperatura l'acqua
- 2) n. 2 bollitori ad 1 serpentino in serie

La superficie del collettore

I valori riportati sono valori indicativi. La superficie reale dei collettori è da calcolare effettivamente sulle dimensioni dei moduli esistenti. Differenze di ± 20 % possono essere considerate non problematiche.

I valori di riferimento valgono per collettori piani. Per collettori a tubo sottovuoto sono sufficienti i $2/3$ (70%) della superficie calcolata.

Per il dimensionamento dei collettori nelle strutture ricettive bisogna utilizzare il valore medio del fabbisogno giornaliero di acqua calda calcolato nei mesi da maggio ad agosto.

Gli impianti termici solari

La superficie del collettore

Orientamenti diversi da quello ideale riducono la prestazione dell'impianto molto meno di quanto normalmente si pensi. Nella maggior parte dei casi questo può essere compensato da un minimo aumento della superficie dei collettori.

Una struttura di supporto per ottenere un migliore orientamento del collettore è, ove possibile, da evitare per motivi estetici.

orientamento Sud: 0° Est/Ovest: 90°	angolo di inclinazione						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0	0,89	0,97	1	0,99	0,93	0,83	0,69
15	0,89	0,96	1	0,98	0,93	0,83	0,69
30	0,89	0,96	0,99	0,97	0,92	0,82	0,70
45	0,89	0,94	0,97	0,95	0,9	0,81	0,70
60	0,89	0,93	0,94	0,92	0,87	0,79	0,69
75	0,89	0,91	0,91	0,88	0,83	0,76	0,66
90	0,89	0,88	0,87	0,83	0,78	0,71	0,62

Tab. 4.2: fattori di correzione per l'orientamento dei collettori

Gli impianti termici solari

La superficie del collettore

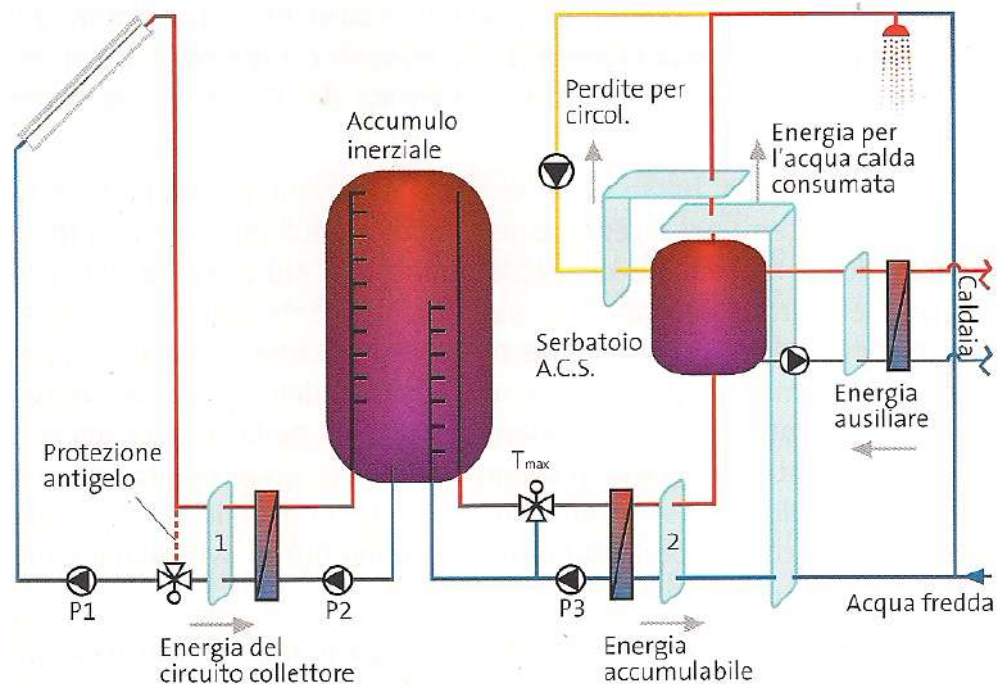
Per le strutture ricettive un angolo di inclinazione più piano, nell'ordine di 20° - 40° , ha un effetto positivo, poiché il maggiore fabbisogno di acqua calda viene registrato in estate.

orientamento Sud: 0° Est/Ovest: 90°	angolo di inclinazione						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0	0,89	0,97	1	0,99	0,93	0,83	0,69
15	0,89	0,96	1	0,98	0,93	0,83	0,69
30	0,89	0,96	0,99	0,97	0,92	0,82	0,70
45	0,89	0,94	0,97	0,95	0,9	0,81	0,70
60	0,89	0,93	0,94	0,92	0,87	0,79	0,69
75	0,89	0,91	0,91	0,88	0,83	0,76	0,66
90	0,89	0,88	0,87	0,83	0,78	0,71	0,62

Tab. 4.2: fattori di correzione per l'orientamento dei collettori

Gli impianti termici solari

Parametri energetici di valutazione



Q_1/G = rendimento medio annuale del circuito collettore (solo forzato)

Q_2/G = rendimento medio annuale del sistema

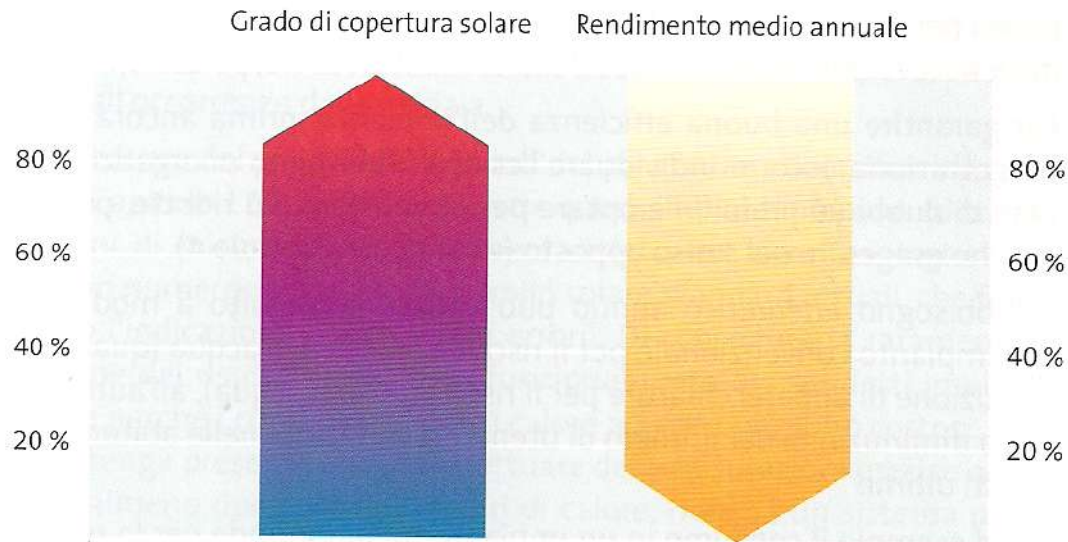
$Q_2/(Q_{con}+Q_{dis}+Q_{circ}+Q_{acc})$ = grado di copertura solare per fabbisogno di ACS

$Q_2/(Q_{ACS}+Q_{RIS}+Q_{dis}+Q_{circ}+Q_{acc})$ = grado di copertura solare per fabbisogno totale dell'edificio

Costo del calore utile solare = resa annua diviso il costo totale dell'investimento ripartito su 20 anni e con tasso di interesse sul capitale

Gli impianti termici solari

Parametri energetici di valutazione



In generale si può affermare che:

- maggiore è il grado di copertura solare, maggiore sarà il costo del calore solare e minore sarà il rendimento medio annuo (piccoli impianti domestici)
- l'opposto si avrà con progressivamente minori gradi di copertura solare (impianti medio grandi per uso commerciale)

Una copertura solare del 100% nel periodo estivo (ACS) per piccoli impianti domestici, o al massimo per una piccola integrazione al riscaldamento è teso a risparmiare combustibile, ma con guadagni economici trascurabili.

La decisione è spesso di carattere ecologico, o da ragioni di prestigio. Il basso rendimento medio annuo o l'elevato costo del solare è in tal caso marginale.

Gli impianti termici solari

Il dimensionamento corretto per consumi di sola ACS

Regola base:

Il sovradimensionamento dei pannelli è sempre sconsigliato!

Un corretto dimensionamento garantisce una percentuale di copertura al massimo del 40 ÷ 50% del consumo massimo, ciò al fine di massimizzare il rendimento nei momenti di maggiore richiesta e ridurre il tempo di ammortamento.

Dimensionamento corretto:

Va riferito ai bassi consumi estivi (misurato in uscita dall'accumulo).

In estate: maggior numero di docce, ma temperatura di ingresso maggiore (anche 5 K).

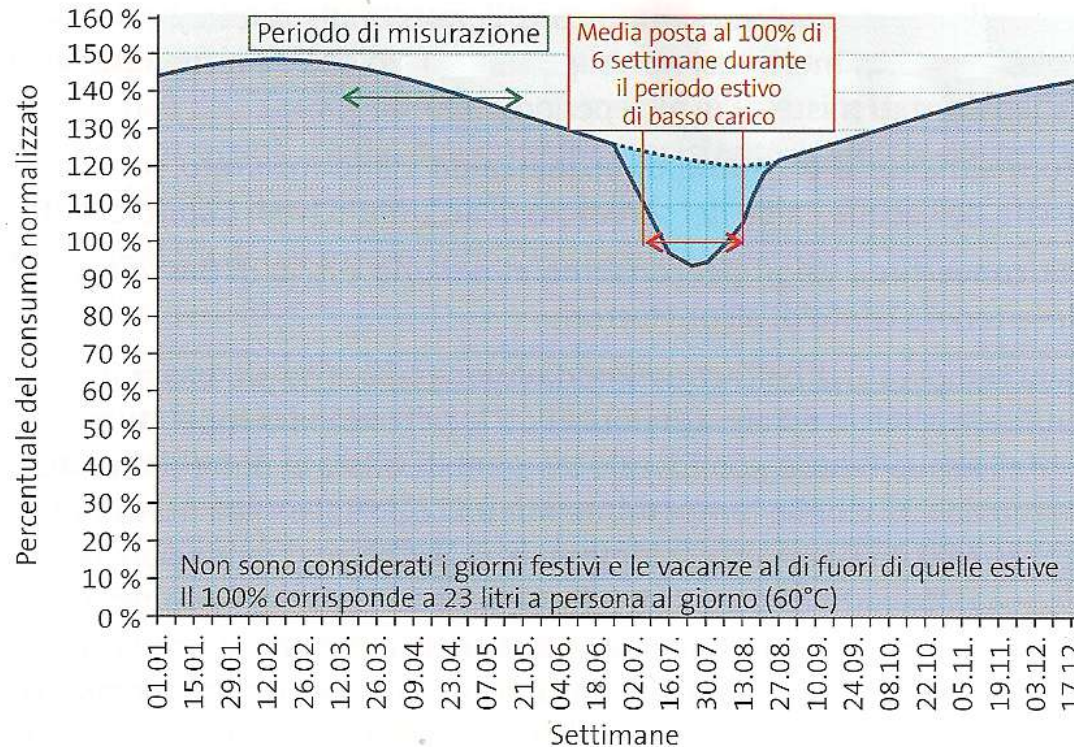
In inverno: docce a temperature maggiori, acqua in ingresso a temperatura minore (per cui minor consumo di acqua fredda per raggiungere una temperatura di prelievo di 40° Ce maggior consumo di acqua in temperatura)

Temperatura nell'accumulo [°C]	[40] in teoria	45	50	55	60
Flusso nell'accumulo con temperature dell'acqua fredda di: 14 °C d'estate / 6 °C d'inverno [l]	1.000 / 1.000	839 / 872	722 / 773	634 / 694	565 / 630

ROBERTO RICCIU Corso di Impianti per la
Flussi nell'accumulo per un volume prelevato di 1000 l (40 °C) e temperature
differenti nell'accumulo (acqua fredda d'estate: 14 °C, d'inverno: 6 °C)

Gli impianti termici solari

Il dimensionamento corretto per consumi di sola ACS



Se ad esempio il consumo nel periodo misurato (138%) è di 6 m³/g, nel periodo estivo (100%) risulterà $6 / 1,38 = 4,3$ m³/g.

Se le vacanze fossero in altro periodo dell'anno, allora la curva da seguire (misurata) sarebbe quella tratteggiata

Gli impianti termici solari

Il dimensionamento corretto per consumi di sola ACS

Regole riassuntive:

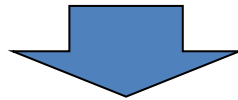
- ✓ Un volume di circa 50 l/m^2 ($\pm 10\%$) offre un rapporto costi/benefici ottimale per **grandi impianti** e con consumi giornalieri regolari.
- ✓ In presenza di **consumi saltuari e/o concentrati** in determinati giorni della settimana, si raccomanda di distribuire il consumo totale settimanale su 7 giorni (calcolo del volume medio). In tal caso il miglior rapporto costi/benefici (minore grado di copertura solare – maggiore rendimento medio annuo) lo si ha con circa 70 l/m^2 .
- ✓ Se le diverse utenze (**condominio**) non richiedono livelli di temperatura molto diversi, conviene un solo serbatoio (minore S/V =minori perdite). In caso contrario è ammesso un massimo di 4 serbatoi, accettando maggiori spese per serbatoi e tubazioni di collegamento.

Gli impianti termici solari

Il dimensionamento corretto per copertura riscaldamento

Per installazioni con grado di copertura solare basso $\leq 25\%$:

Superficie 2 ÷ 4 volte più grande ed un volume di accumulo di circa 60 ÷ 100 litri/m².



Grado di copertura per fabbisogno totale 10 ÷ 25%, funzione della latitudine e dell'isolamento

Grado di copertura per ACS circa 70%

Rendimento medio annuale del sistema 30 ÷ 40%.

Stagnazione dei collettori in alcuni giorni consecutivi di forte radiazione solare (estate)

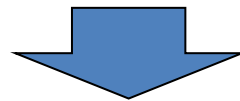
Gli impianti termici solari

Il dimensionamento corretto per copertura riscaldamento

Per installazioni con grado di copertura solare alto $\geq 50\%$:

Va bene solo per immobili ben isolati con ridotti consumi energetici, altrimenti il campo collettori risulta eccessivo.

Senza voler ricorrere ad accumuli «stagionali», è necessario installare circa $3 \text{ m}^2/\text{MWh}$ di consumo annuo complessivo e prevedere circa $120/150 \text{ litri/m}^2$ di collettore.



Rendimento medio annuale del sistema $20 \div 30\%$.

Gli impianti termici solari

Il dimensionamento corretto per copertura riscaldamento

Per installazioni con grado di copertura solare medio
20 ÷ 50%:

E' possibile prevedere circa $1 \div 1,5 \text{ m}^2/\text{MWh}$ di consumo annuo

Per **TELERISCALDAMENTO** solare

Da letteratura standard si prevede:

Dimensione circa $1,4 \div 2,4 \text{ m}^2/\text{MWh}$ anno

Volume circa $1,4 \div 2,1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ di superficie del collettore

La temperatura di ritorno nella rete è particolarmente importante:
un aumento di 10 K (ad esempio da 45° a 55° C) provoca una
diminuzione del rendimento medio annuo di circa il 6%.

Gli impianti termici solari

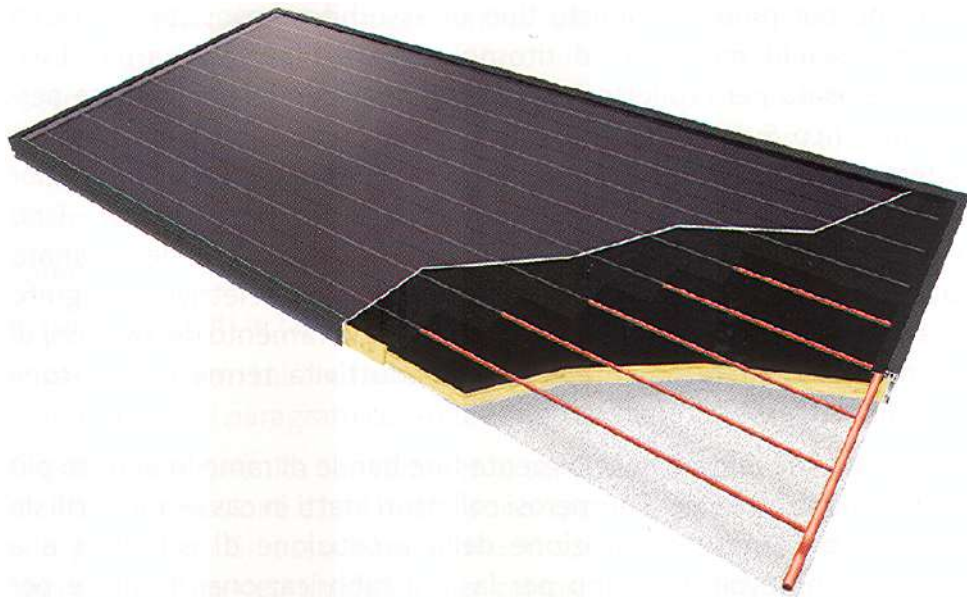
Il collettore solare piano

Pannelli solari termici piani, per ACS e integrazione con l'impianto di riscaldamento (Centro-Sud Italia)



Gli impianti termici solari

Il collettore solare piano



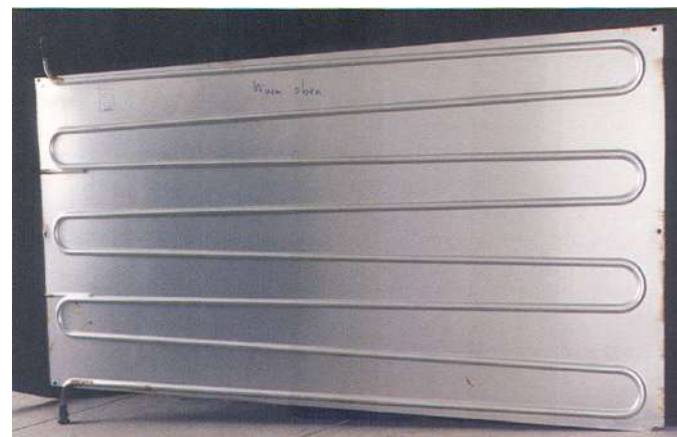
un assorbitore (selettivo?), costituito da una sottile lastra di rame rivestita, o verniciata di nero nelle versioni più economiche

tubi in rame o in alluminio (nelle versioni più economiche) per ottenere un buon assorbimento dell'energia solare

saldature ad ultrasuoni per garantire un buon trasferimento termico tra l'assorbitore e i tubi contenenti l'acqua da scaldare

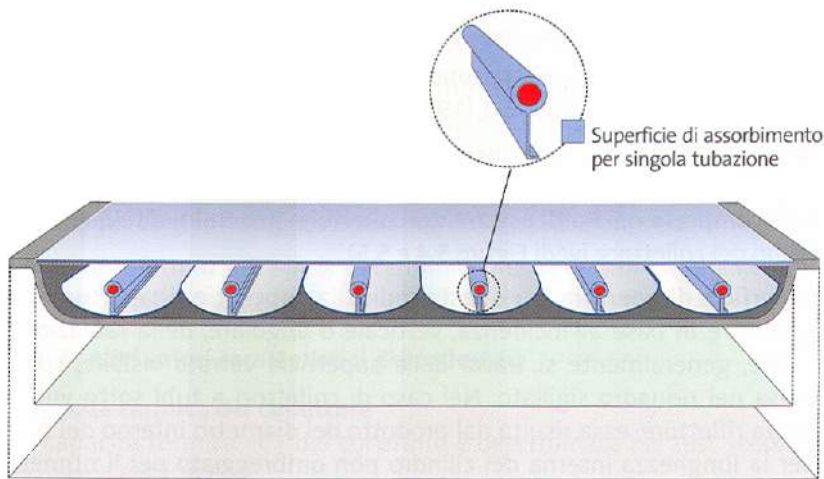
ROBERTO RICCIU Corso di Impianti per la sostenibilità energetica degli edifici A.A.

2020-21



Gli impianti termici solari

Il collettore solare



■ Superficie assorbitore ■ Superficie di apertura ■ Superficie lorda
Superficie assorbitore = superficie di assorbimento di un tubo x numero di tubi

un contenitore esterno generalmente in alluminio anodizzato per renderlo resistente alla corrosione negli anni, sul cui colore è generalmente possibile intervenire al fine di renderlo accattivante esteticamente

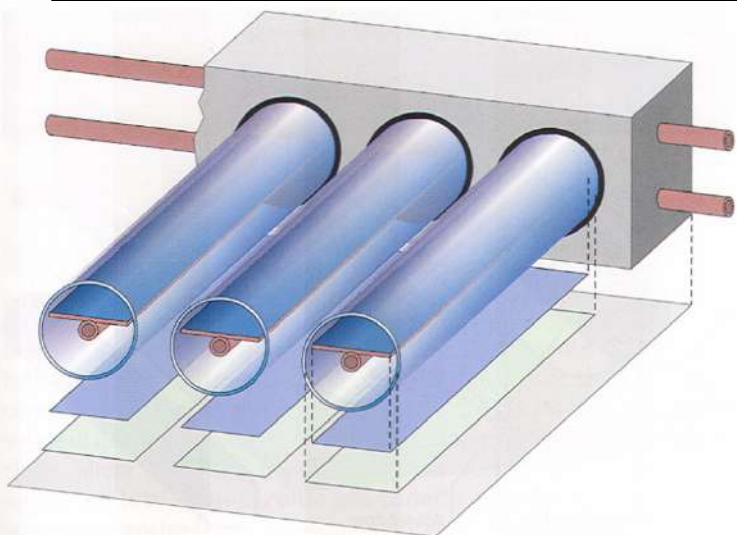
un isolamento inferiore e laterale in lana di vetro o di roccia (> 4 cm e parte superiore rivestita con foglio di alluminio): per garantire un ottimo isolamento dell'assorbitore dall'esterno

un profilo in gomma EPDM e silicone per garantirne l'impermeabilità

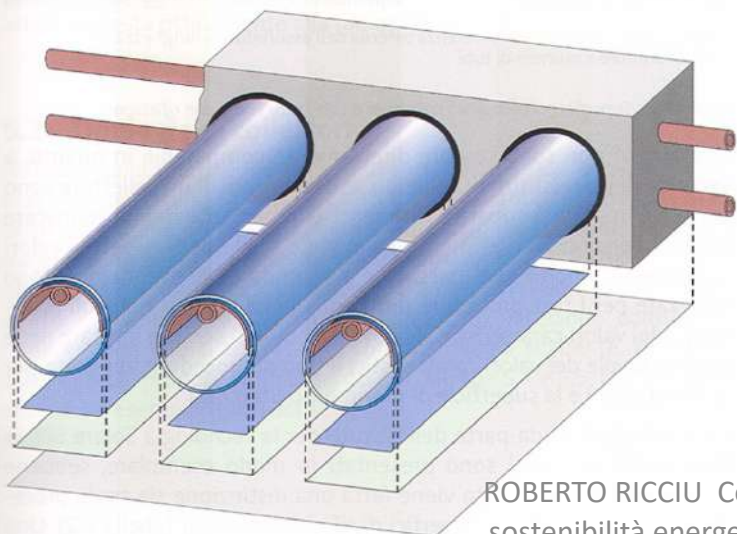
vetro solare temperato e a basso contenuto di ferro

Gli impianti termici solari

Le altre tipologie costruttive



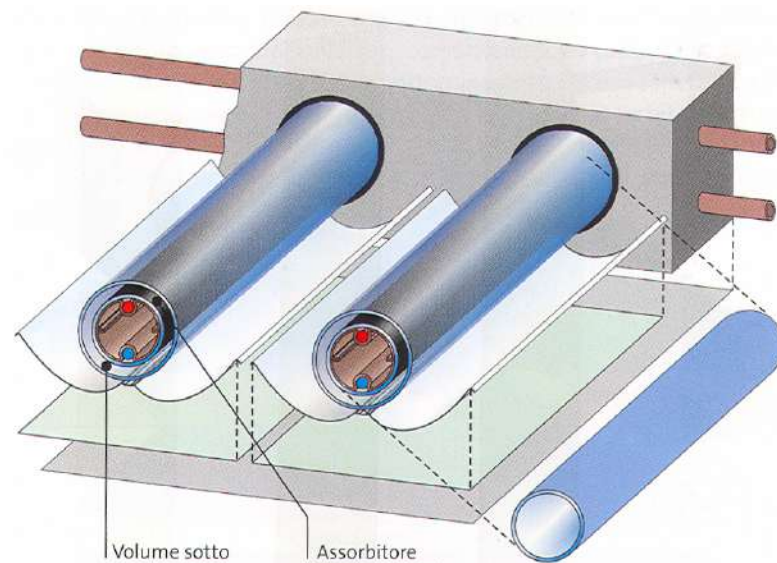
■ Superficie assorbitore ■ Superficie di apertura ■ Superficie lorda



■ Superficie assorbitore ■ Superficie di apertura ■ Superficie lorda

Pannelli solari a tubi sotto vuoto

per ACS, o per integrazione con riscaldamento (anche nelle Regioni più fredde del Nord Italia). Ancora alquanto costosa



Volume sotto vuoto tra tubo esterno e interno
Assorbitore esterno rivestito o verniciato di nero

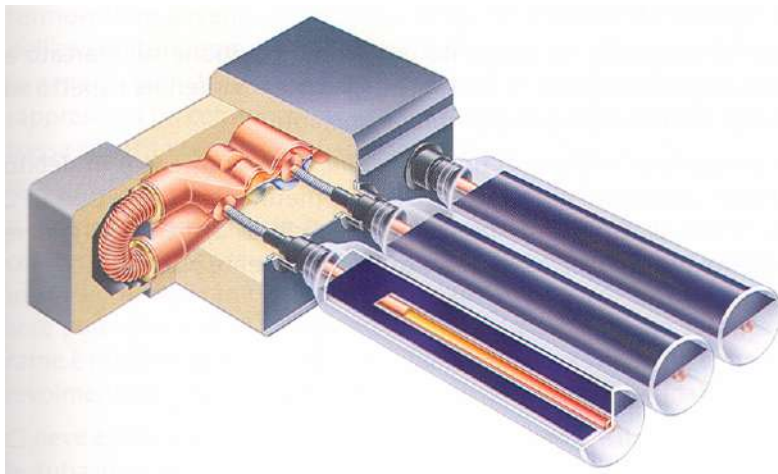
■ Superficie assorbitore ■ Superficie di apertura ■ Superficie lorda

Superficie assorbitore = circonferenza esterna dell'assorbitore x lunghezza dell'assorbitore x numero di tubi

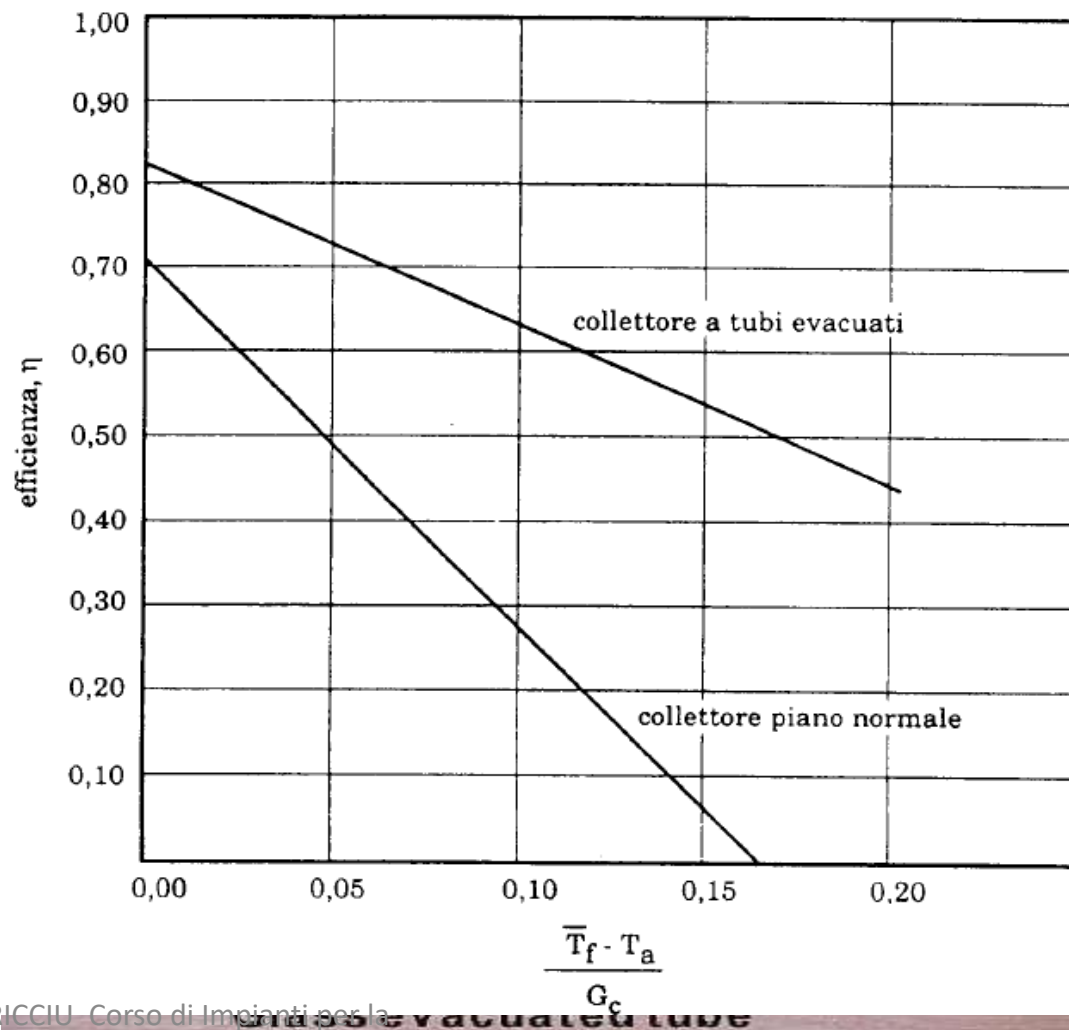
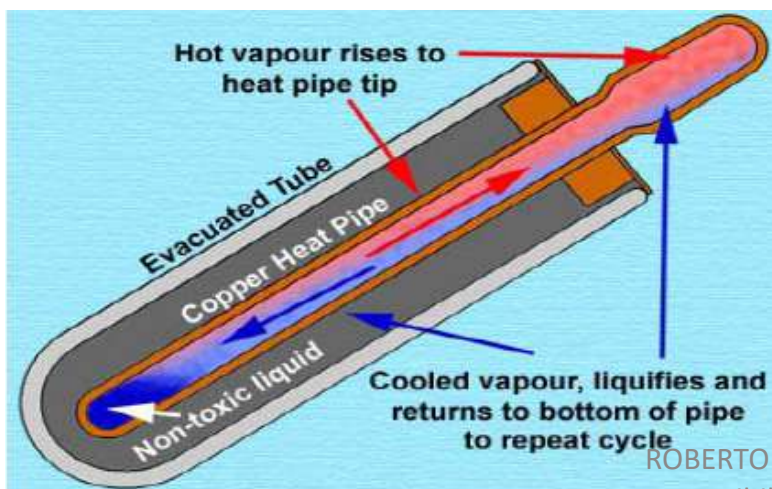
ROBERTO RICCIU Corso di Impianti per la sostenibilità energetica degli edifici A.A. 2020-21

Gli impianti termici solari

Le altre tipologie costruttive



Pannelli solari a tubi di calore



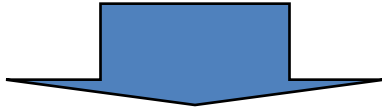
Gli impianti termici solari

Gli impianti per ACS

E' l'acqua destinata all'igiene personale (rubinetti di casa o la doccia), al lavaggio delle stoviglie, alla lavastoviglie ed alla lavatrice.

Sono i più economici

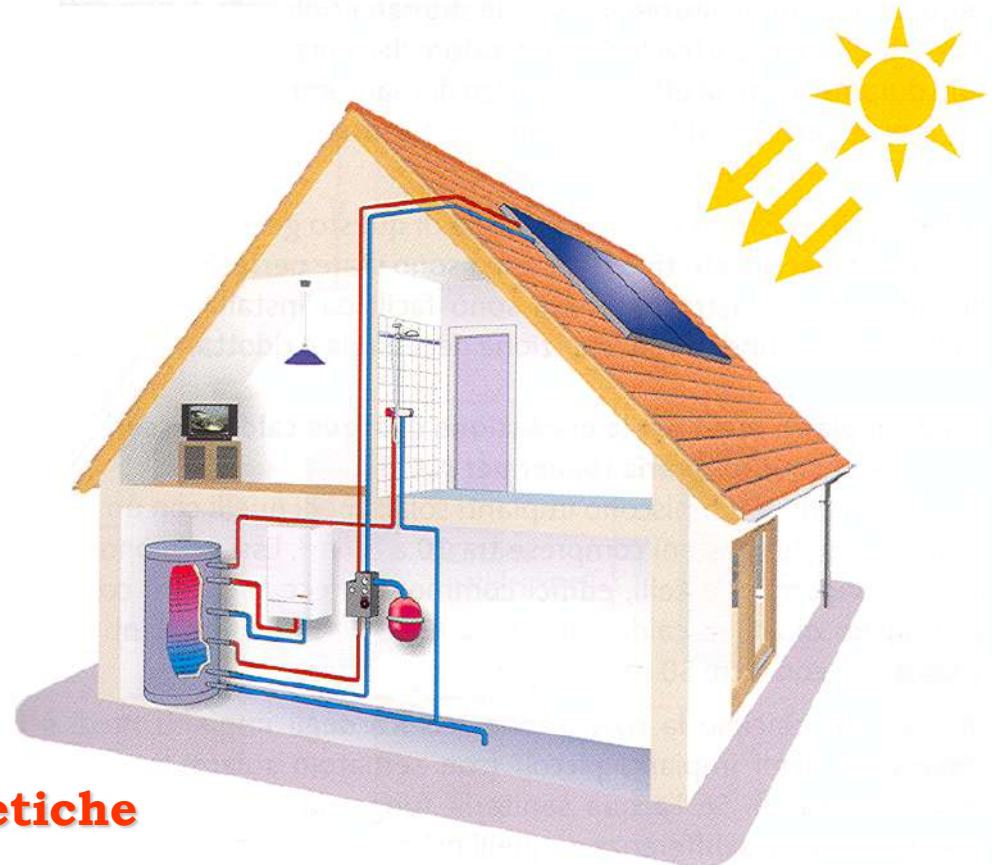
Permettono di coprire più dell'80% del fabbisogno di acqua calda annuo



un notevole risparmio sulla bolletta del gas

abbattimento delle spese energetiche

abbattimento dell'immissione di gas nocivi nell'atmosfera



Gli impianti termici solari

Gli impianti per ACS e riscaldamento



Si può arrivare a risparmiare anche più del 50 % delle spese annue per il riscaldamento e più del 90 % delle spese per l'ACS.

Tali tecnologie perdono però di efficacia:

➤ spostandosi verso latitudini maggiori

(numero elevato di pannelli solari, serbatoio di notevoli dimensioni)

➤ indipendentemente dalla latitudine, se non opportunamente integrate da un buon isolamento termico

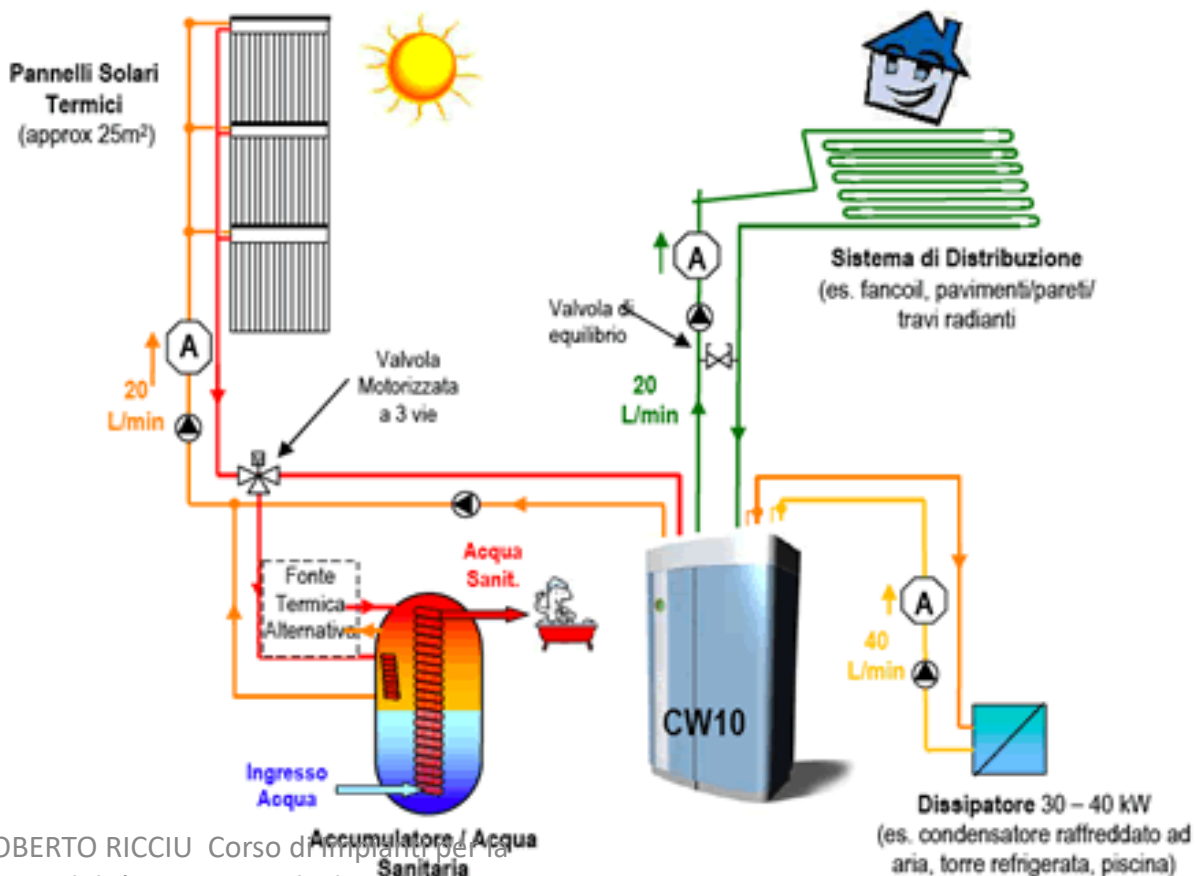
(va integrato con un riscaldamento a pannelli radianti possibilmente inseriti sotto il pavimento)

Gli impianti termici solari

Gli impianti per ACS e riscaldamento



Si può arrivare a risparmiare anche più del 50 % delle spese annue per il riscaldamento e più del 90 % delle spese per l'ACS.



ROBERTO RICCIU Corso di impianti per la
sostenibilità energetica degli edifici A.A.

Gli impianti termici solari

Un'ultima classificazione (principio)

A circolazione naturale

valvole di sicurezza
vaso di espansione
scambiatore solare / ACS
resistenza elettrica per scaldare
l'acqua nel caso la stessa non sia
sufficientemente calda per l'uso



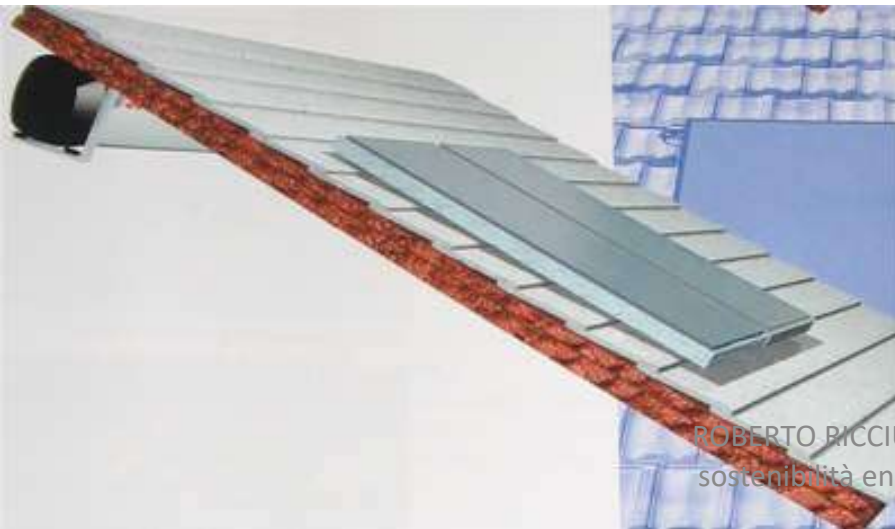
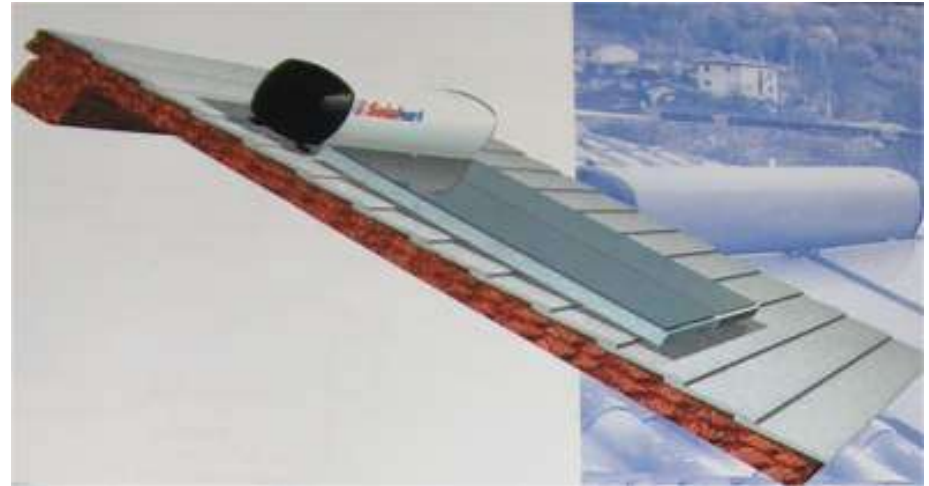
ROBERTO RICCIU Corso di Impianti per la
sostenibilità energetica degli edifici A.A.

2020-21

Gli impianti termici solari

Un'ultima classificazione (principio)

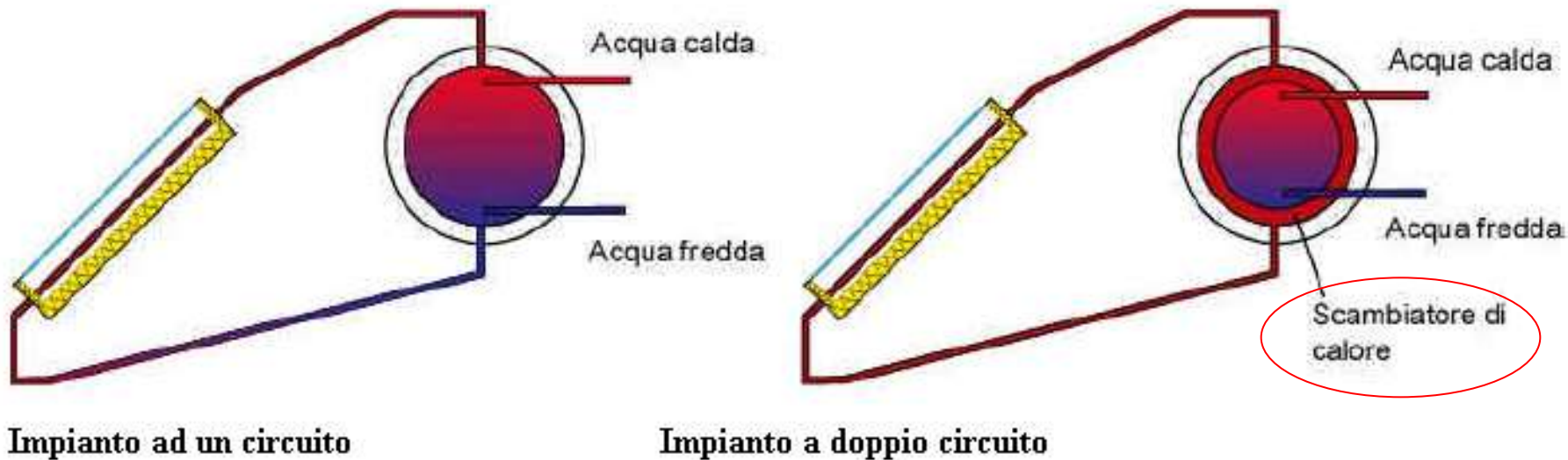
A circolazione naturale



Gli impianti termici solari

Un'ultima classificazione (principio)

A circolazione naturale



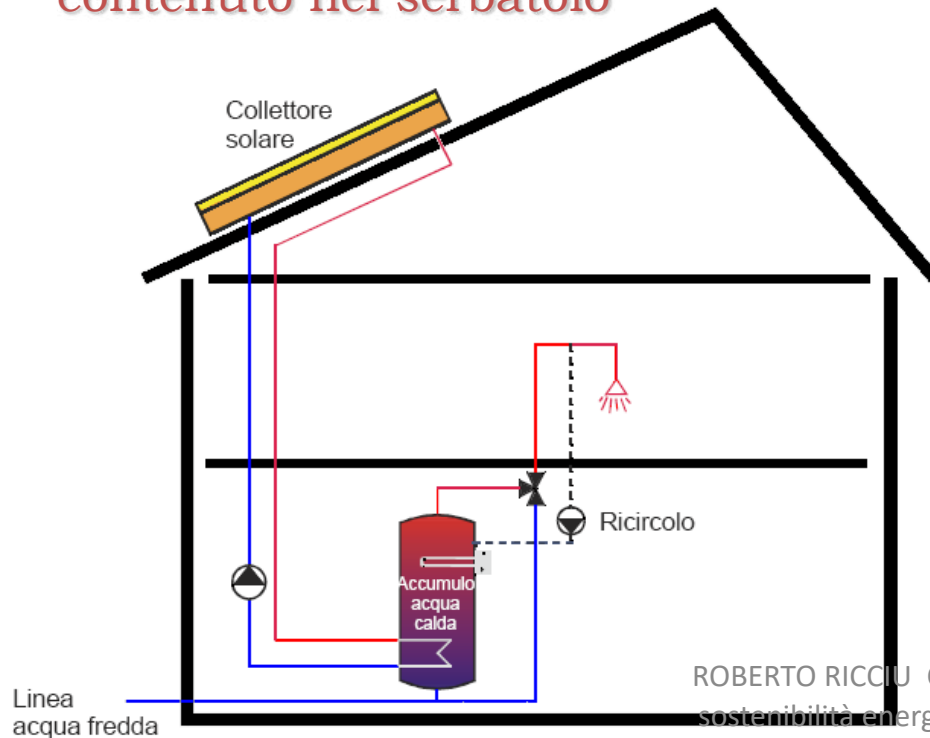
La minor resa dell'impianto è compensata ampiamente dal risparmio economico legato alle spese fisse (il mancato acquisto dei sistemi di circolazione artificiale quali pompe e centraline) e spese variabili (la loro assistenza e l'energia per farle funzionare).

Gli impianti termici solari

Un'ultima classificazione (principio)

A circolazione forzata

Richiede una pompa elettrica, governata da una centralina solare, da sonde e da una pompa generalmente di tipo "on-off", che interviene solo per una data differenza di temperatura tra il fluido contenuto nei pannelli solari e quello contenuto nel serbatoio



Gli impianti termici solari

Il fluido termovettore

Acqua

Dove non vi è pericolo di gelo all'interno del circuito solare. In questo caso per evitare corrosioni bisogna aggiungere gli inibitori indicati dal produttore.

Miscela di acqua e di propilenglicolo atossico

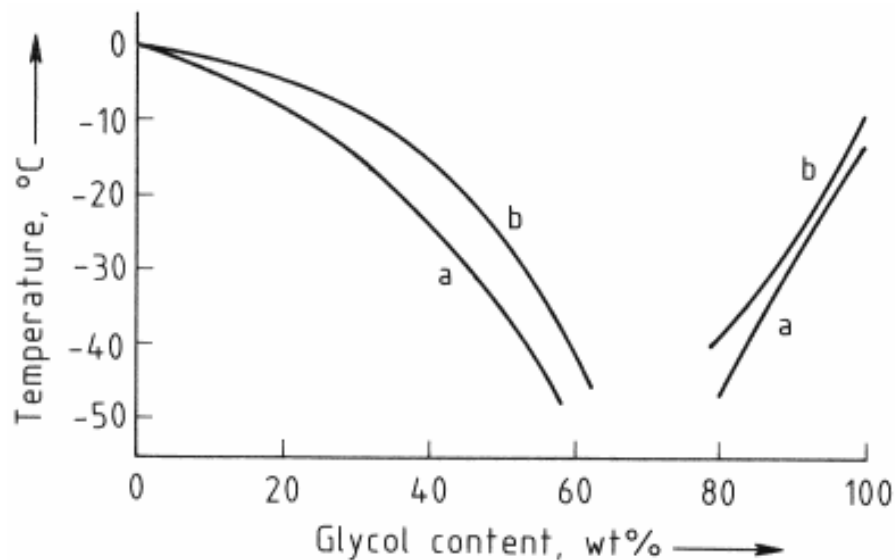
Nelle zone a rischio di gelo. La concentrazione del glicole (importanti a riguardo le indicazioni del produttore) va definita in modo che la sicurezza **antigelo** ci sia fino a una temperatura di 10° C inferiore alla temperatura minima media su cui si esegue il calcolo di progettazione dell'impianto di riscaldamento.

Degli inibitori di **corrosione** sono di norma già miscelati con la maggior parte dei liquidi antigelo per impianti solari reperibili sul mercato.

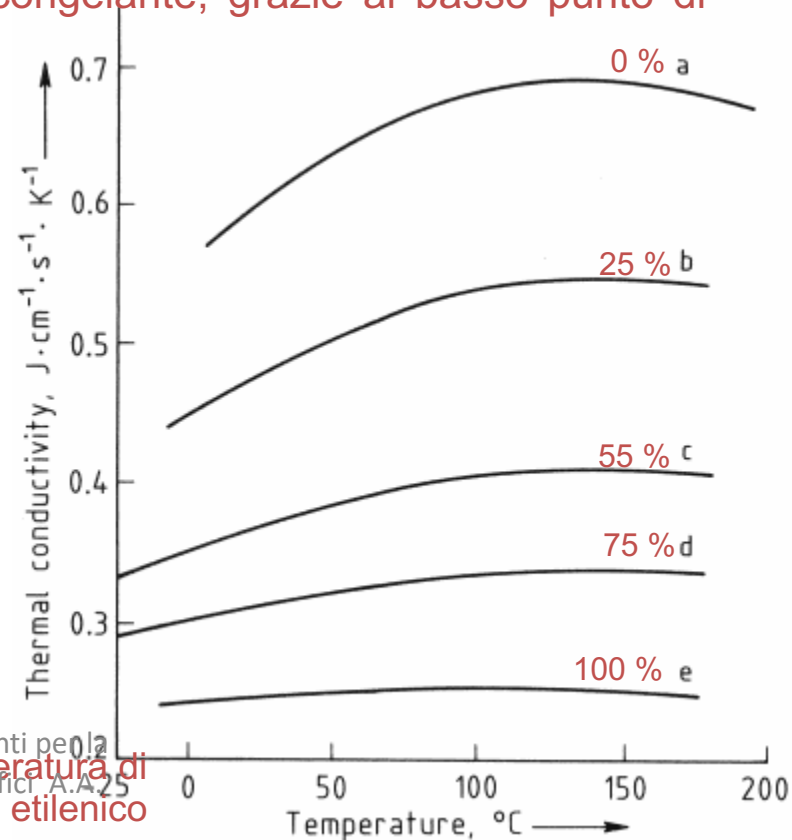
Gli impianti termici solari

Proprietà del glicole etilenico $C_2H_6O_2$

- ✓ È un liquido chiaro, incolore, inodore dal gusto dolce.
- ✓ È igroscopico e completamente miscibile con molti solventi polari come H_2O , alcoli, eteri, acetone.
- ✓ In solventi non-polari la sua solubilità è bassa, come in benzene, toluene, dicloroetano e cloroformio.
- ✓ È difficile da cristallizzare; quando raffreddato, forma una massa altamente viscosa e super raffreddata che infine solidifica producendo un solido simile al vetro.
- ✓ L'uso più diffuso del glicole etilenico è come anti-congelante, grazie al basso punto di congelamento delle sue miscele con H_2O .



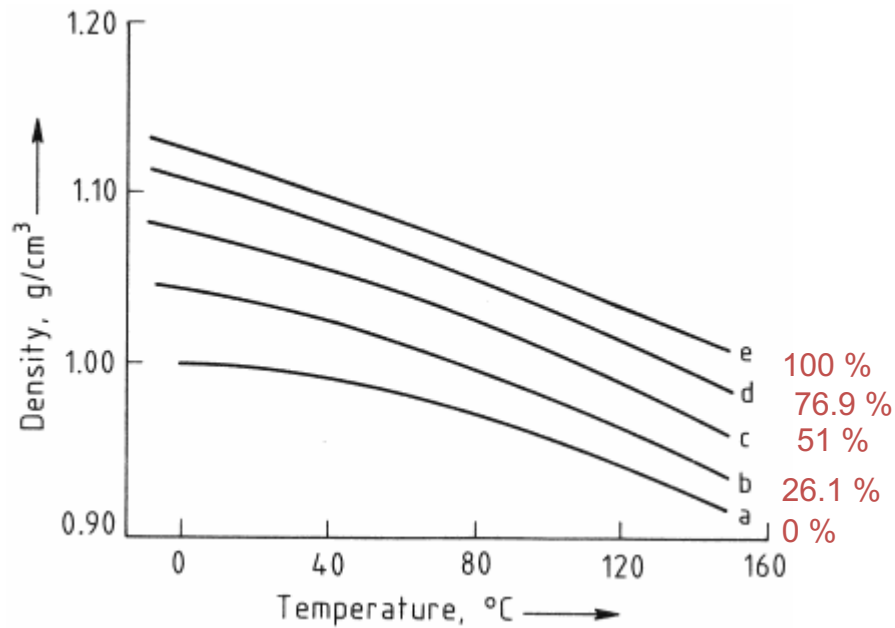
Punto di congelamento di miscele H_2O con a) glicole mono-etilenico e b) glicole di-etilenico



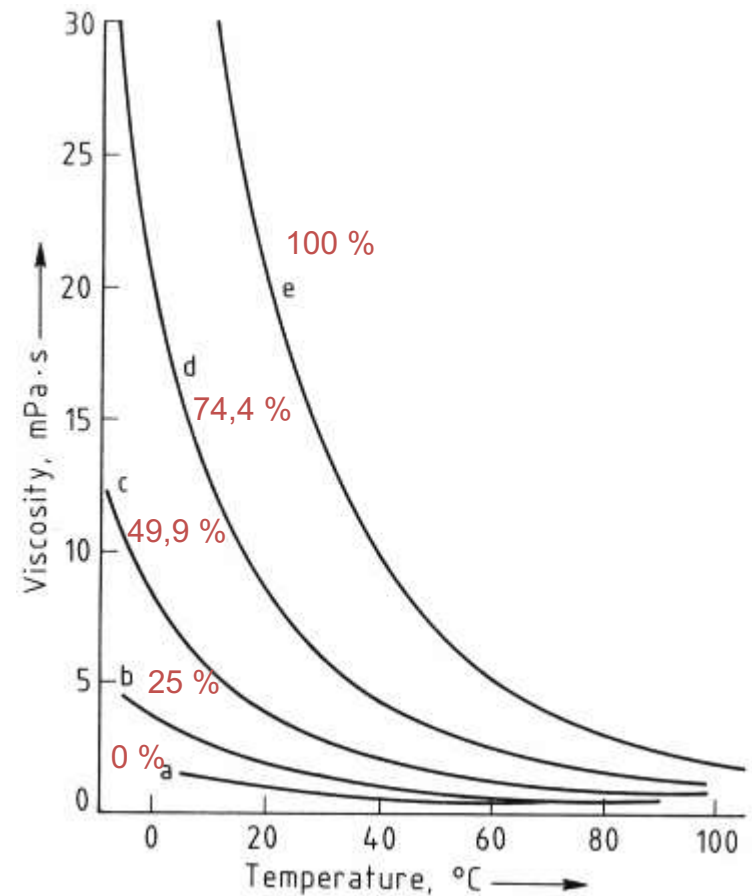
ROBERTO RICCIU Corso di Impianti per la
sostenibilità energetica degli edifici, A.A.25
2020-21
Dipendenza dalla temperatura di
miscele H_2O glicole etilenico

Gli impianti termici solari

Proprietà del glicole etilenico $C_2H_6O_2$



Dipendenza della densità dalla temperatura per miscele H₂O con glicole etilenico (%mol)



Dipendenza della viscosità dalla temperatura per miscele H₂O con glicole etilenico (%mol)

Gli impianti termici solari

Proprietà del glicole etilenico $C_2H_6O_2$

Proprietà	Funzione approssimante	Acqua	Glicole
Viscosità (Pa·s)	$\mu=a \cdot e^{-b \cdot T}$	a=0.001612 b=0.02178	a=0.038810 b=0.03467
Densità (kg/m ³)	$\rho=A+B \cdot T+C \cdot T^2$	A=1000 B=-0.05500 C=-0.00375	A=1127.5 B=-0.7150 C=0
Calore specifico (J/kg·K)	$c_p=A+B \cdot T$	A=4201 B=-0.17	A=2293 B=4.48
Conducibilità termica (W/m·K)	$\lambda=A+B \cdot T$	A=0.5638 B=0.001405	A=0.2551 B=0.0001392
Coeff. di dilatazione termica (K ⁻¹)	$\beta=A+B \cdot T$	A= $-2.7 \cdot 10^{-3}$ B= $1.002 \cdot 10^{-5}$	A= $0.65 \cdot 10^{-3}$ B=0

Gli impianti termici solari

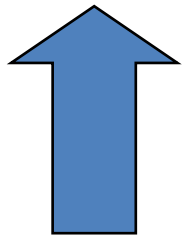
I circuiti idraulici

Si possono usare tubi di **rame** oppure tubi corrugati flessibili di **acciaio inossidabile** già coibentati e a **coppie con il cavo per il sensore della temperatura del collettore** già montato tenendo conto che questi ultimi richiedono una sezione maggiore dato che la perdita di pressione è maggiore rispetto a quella delle tubazioni con superficie interna liscia

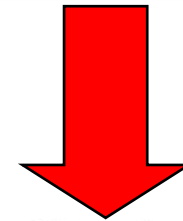


Non bisogna assolutamente impiegare materiali zincati con miscele di acqua e glicole!

Portata ELEVATA del flusso all'interno del circuito solare



Garantisce un buon asporto del calore dal collettore: differenza di temperatura ridotta



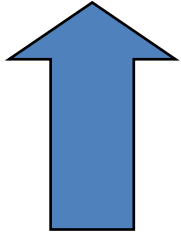
maggiori perdite di pressione nelle tubature e quindi maggior impegno di energia fornito dalla pompa di circolazione

L'unità di misura corrispondente della portata è litri/(h·m²), mentre la grandezza di riferimento è la superficie di assorbimento

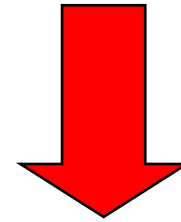
Gli impianti termici solari

I circuiti idraulici

Portata BASSA del flusso all'interno del circuito solare



è necessaria una minore energia ausiliaria per l'esercizio della pompa e si possono utilizzare tubazioni di collegamento di dimensioni minori.



Aumenta la temperatura media del collettore per cui diminuisce il rendimento

E' possibile distinguere tra:

Funzionamento low-flow = funzionamento con portate volumetriche fino a ca. $30 \text{ l}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$

Funzionamento high-flow = funzionamento con portate volumetriche superiori a $30 \text{ l}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$

Funzionamento matched-flow = funzionamento con portate volumetriche variabili

Per una progettazione sicura: la portata volumetrica specifica deve essere sufficientemente alta da garantire una circolazione sicura ed omogenea dell'intero campo.

Negli impianti con collettori solari piani e collettori solari a tubi sottovuoto (basati sul principio heatpipe), è pari a $25 \text{ l}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ con velocità pompa al 100%.

Nei collettori a tubi sottovuoto a flusso diretto, i cui singoli tubi sono raggruppati in parallelo è necessaria una portata volumetrica specifica di almeno $40 \text{ l}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$.

In questo tipo di collettori il funzionamento matched-flow non è consigliabile poiché si metterebbe in discussione la circolazione interna uniforme del collettore. Il superamento di questi valori a favore di un rendimento leggermente superiore non ha senso poiché l'elevato fabbisogno di energia elettrica della pompa che ne deriva non può essere compensato.

Gli impianti termici solari

I circuiti idraulici

Per il dimensionamento delle tubazioni del circuito solare è determinante la velocità di flusso ottenuta con la portata volumetrica complessiva.

Per avere le **minori perdite di carico** possibili la velocità di flusso non deve essere superiore a **1 m/s**. Si consigliano velocità del fluido comprese tra 0,4 e 0,7 m/s. Una velocità maggiore aumenta la perdita di carico, mentre una velocità più bassa rende più difficoltoso lo sfiato.

	fino a 6 mt	fino a 15 mt	fino a 20 mt	fino a 25 mt
fino a 6 m²	15mm (DN12)	15mm (DN12)	22mm (DN20)	22mm (DN20)
fino a 10 m²	22mm (DN20)	22mm (DN20)	28mm (DN25)	28mm (DN25)
fino a 15 m²	22mm (DN20)	28mm (DN25)	28mm (DN25)	28mm (DN25)
fino a 20 m²	28mm (DN25)	28mm (DN25)	28mm (DN25)	35mm (DN32)

flusso [l/h]	diametro esterno x spessore [mm]
< 240	16 x 1
240 – 410	18 x 1
410 – 570	22 x 1
570 – 880	28 x 1,5
880 – 1450	35 x 1,5

Tab. 4.3: Diametro consigliato per i tubi del circuito solare

Gli impianti termici solari

I circuiti idraulici

Per il dimensionamento ottenuto

Per avere **1 m/s**. Si aumenta

Portata volumetrica (intera superficie collettore)		Velocità di flusso in m/s						
in m ³ /h	in l/min	Dimensione tubo						
		DN 10	DN 13	DN 16	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40
0,125	2,08	0,44	0,26	0,17	0,11	0,07	0,04	0,03
0,15	2,50	0,53	0,31	0,21	0,13	0,08	0,05	0,03
0,175	2,92	0,62	0,37	0,24	0,15	0,10	0,05	0,04
0,2	3,33	0,70	0,42	0,28	0,18	0,11	0,06	0,05
0,25	4,17	0,88	0,52	0,35	0,22	0,14	0,08	0,06
0,3	5,00	1,05	0,63	0,41	0,27	0,17	0,09	0,07
0,35	5,83	1,23	0,73	0,48	0,31	0,20	0,11	0,08
0,4	6,67	1,41	0,84	0,55	0,35	0,23	0,13	0,09
0,45	7,50	1,58	0,94	0,62	0,40	0,25	0,14	0,10
0,5	8,33	1,76	1,04	0,69	0,44	0,28	0,16	0,12
0,6	10,00	2,11	1,25	0,83	0,53	0,34	0,19	0,14
0,7	11,67	2,46	1,46	0,97	0,62	0,40	0,22	0,16
0,8	13,33	2,81	1,67	1,11	0,71	0,45	0,25	0,19
0,9	15,00	3,16	1,88	1,24	0,80	0,51	0,28	0,21
1,0	16,67	3,52	2,09	1,38	0,88	0,57	0,31	0,23
1,5	25,00	5,27	3,13	2,07	1,33	0,85	0,47	0,35
2,0	33,33	7,03	4,18	2,76	1,77	1,13	0,63	0,46
2,5	41,66	8,79	5,22	3,45	2,21	1,41	0,79	0,58
3,0	50	10,55	6,27	4,15	2,65	1,70	0,94	0,70



dimensione tubo consigliata

ROBERTO RICCIU' Corso di Impianti per la
sostenibilità energetica degli edifici A.A.

2020-21

SSO

ore a
ore
o.

esterno x

sore

n]

1

1

1

1,5

1,5

circuito solare

I circuiti idraulici

30 – 40 L/h per m² di collettore solare

Se si impiegano predefiniti collettori andranno seguite le indicazioni del produttore.

Negli impianti di dimensioni maggiori è possibile, con un **montaggio continuo in serie** delle strisce di assorbimento all'interno del collettore, ottenere che:

- 1) in ognuna delle strip passi una quantità sufficiente di acqua per garantire un buon asporto del calore
- 2) il flusso specifico attraverso tutto il collettore possa essere tenuto piuttosto basso (per esempio $12 \div 20$ L/h per m² riducendo così decisamente le spese per le tubature del circuito solare e per la pompa.

Gli impianti termici s

Perdite di carico localizzate

Metodo dell'altezza cinetica o del fattore di forma: si esprime la perdita di carico mediante il carico cinetico locale

$$\Delta p_c'' = \zeta \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2}$$

Simbolo	Descrizione	Referenza	Coefficiente ζ
	Manicotto dritto	H102	0,25
	Gomito a 90°	H122	2,0
	Riduzione 2 diametri	H103	0,55
	Riduzione 3 diametri	H103	0,85
	Curva a 45°	H144	0,6
	Raccordo a T	H150	1,8
	Raccordo a T ridotto	H151	3,6
	Raccordo a T	H150	1,3
	Raccordo a T ridotto	H151	2,6
	Raccordo a T	H150	4,2
	Raccordo a T ridotto	H151	9,0
	Raccordo a T	H150	2,2
	Raccordo a T ridotto	H151	5,0
	Raccordo a T con filetto	H154	0,8
	Gomito a 90° con filetto	H127	2,2
	Raccordo filettato maschio	H107	0,4
	Rubinetto d'intercettazione	H170	2,4

Scelta delle pompe / circolatori

Le pompe sono macchine operatrici, operanti su fluidi incomprimibili, che assorbono lavoro da un motore per trasferire energia al fluido.

Tale energia viene scambiata nelle tre forme: pressione, gravitazionale e cinetica

Gli impianti termici solari

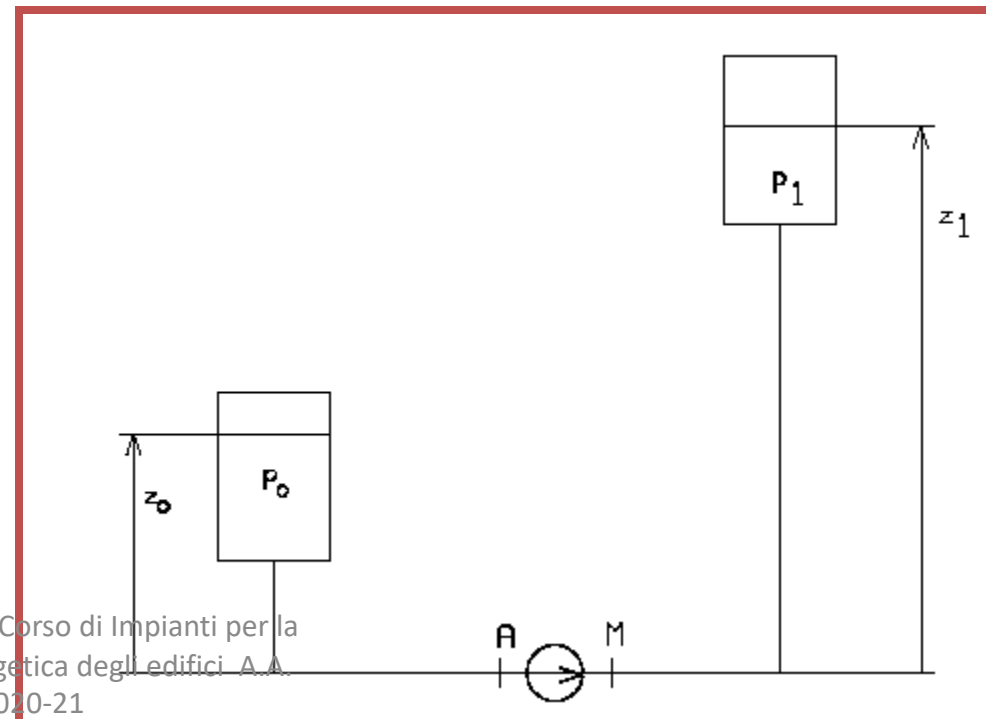
Prevalenza delle pompe, H

E' l'energia (in metri) che la pompa cede al fluido per unità di massa divisa per l'accelerazione di gravità.

H = differenza tra le altezze totali in mandata e in aspirazione nella pompa

Altezza totale = altezza manometrica
+ altezza dinamica + quota
gravitazionale

$$H = z_1 - z_0 + \frac{v_1^2 - v_0^2}{2 \cdot g} + \frac{p_1 - p_0}{\rho \cdot g}$$



Potenza fornita dalla pompa al fluido

La potenza teorica fornita al fluido dalla pompa è data da:

$$\dot{W} = \dot{Q} \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad [W]$$

Per ottenere la potenza reale bisogna dividere per il rendimento della pompa (0,75 - 0,9)

Per ottenere la potenza elettrica assorbita bisogna dividere ancora per il rendimento del motore elettrico (0,85 – 0,95)

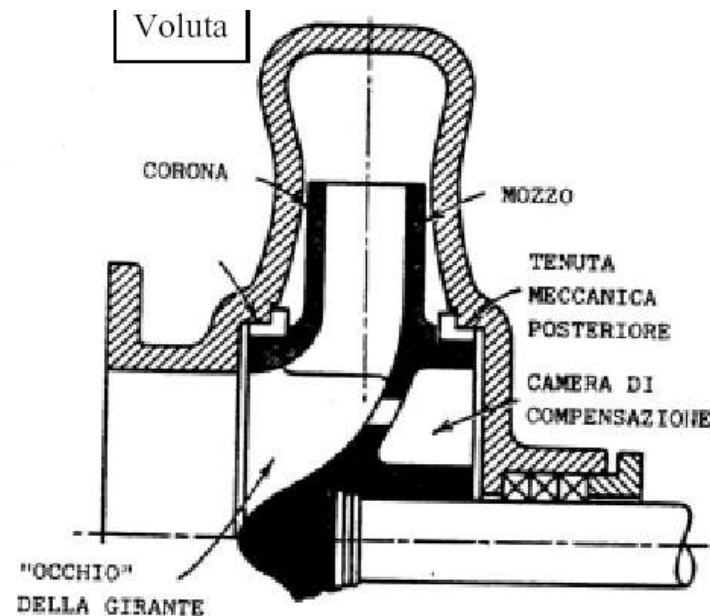
Turbopompe centrifughe

Le pompe centrifughe sono turbomacchine radiali: il flusso nella girante non presenta componenti assiali di velocità.

Rientrano in tale classe molte pompe e compressori centrifughi, in particolare se operanti su portate ridotte e con elevati salti di pressione.



Vista esterna di pompa centrifuga



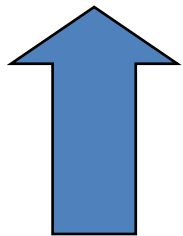
ROBERTO RICCIU Corso di Impianti per la
sostenibilità energetica degli edifici A.A.

2020-21

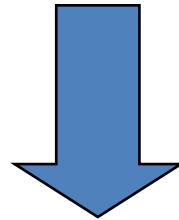
Sezione di pompa centrifuga

Perdite di carico e scelta della pompa

Potenza BASSA di pompaggio



Bassi consumi



grandi escursioni termiche all'interno del circuito del collettore, causando quindi un rendimento troppo basso del collettore

Nei piccoli impianti, fino a 12 m² di superficie dei collettori e fino a 50 metri di tubature, possono essere impiegate piccole pompe da riscaldamento a tre posizioni (per esempio Grundfos UPS 25-40).

Gli impianti termici solari

Perdite di carico e scelta della pompa

CIRCOLATORI GRUNDFOS MODELLO UPS

Circolatori a rotore bagnato con scatola di controllo dotata di selettore per regolare la velocità e le prestazioni della pompa.
Bocchettoni non compresi.

Applicazioni:

Circolazione di acqua calda e fredda in:

- impianti di riscaldamento
- impianti di condizionamento
- impianti di acqua calda sanitaria

Dati tecnici:

- temperatura liquido da -25°C a + 110°C
- pressione impianto max 10 bar
- grado di protezione IP 42



modello	Tensione	Portata Q																		
		m ³ /h →	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2	3,6	4	5	6	7	8	9	10	
		Prevalenza manometrica totale H (m.c.a.) a velocità 3																		
UPS 25-50	M	4	3,6	3,2	2,8	2,4	1,9	1,5	1											
UPS 25-40	M	5	4,6	4,2	3,8	3,4	2,9	2,5	2	1,5	0,9									
UPS 25-60	M	6	5,5	5,1	4,6	4,2	3,7	3,2	2,7	2,2	1,6									
UPS 32-80	M	8,1						6,2	6	5,7	5,5	5,3	4,8	4,3	3,6	2,9	2,2	1,7		

Modello	Attacchi	Interasse	Codice	Prezzo Euro	Conf.
UPS 25-40	G 1"1/2	130 mm.	2754.40	175,24	1
UPS 25-50	G 1"1/2	130 mm.	2754.50	179,72	1
UPS 25-60	G 1"1/2	130 mm.	2754.60	221,65	1
UPS 32-80	G 2"1/2	180 mm.	2754.80	559,70	1

ROMA RTO RICCIOLI Corso di Impianti per la
sostenibilità energetica degli edifici A.A.

Gli impianti termici solari

Pressioni di esercizio

L'errata impostazione della **pressione di esercizio** e un calcolo impreciso delle dimensioni del **vaso di espansione** sono una frequente fonte di malfunzionamento negli impianti solari.

Un dimensionamento poco accurato può portare in estate, in conseguenza, a una fermata dell'impianto per surriscaldamento, alla perdita di fluido termovettore, impedendo all'impianto di rientrare automaticamente in funzione

Pressione iniziale p_i : è la pressione relativa all'interno del circuito solare quando la pompa di circolazione del circuito solare non è in funzione (durante il riempimento del circuito a freddo e di notte).

*Essa è calcolata come il **dislivello** (10 m c.a.=1 bar) tra il punto più alto del circuito solare e la sede del vaso di espansione, incrementato di una quota di sicurezza (~0.5 bar).*

Il valore consigliato è: $p_i = 2$ bar fino a 15 m di dislivello.

Gli impianti termici

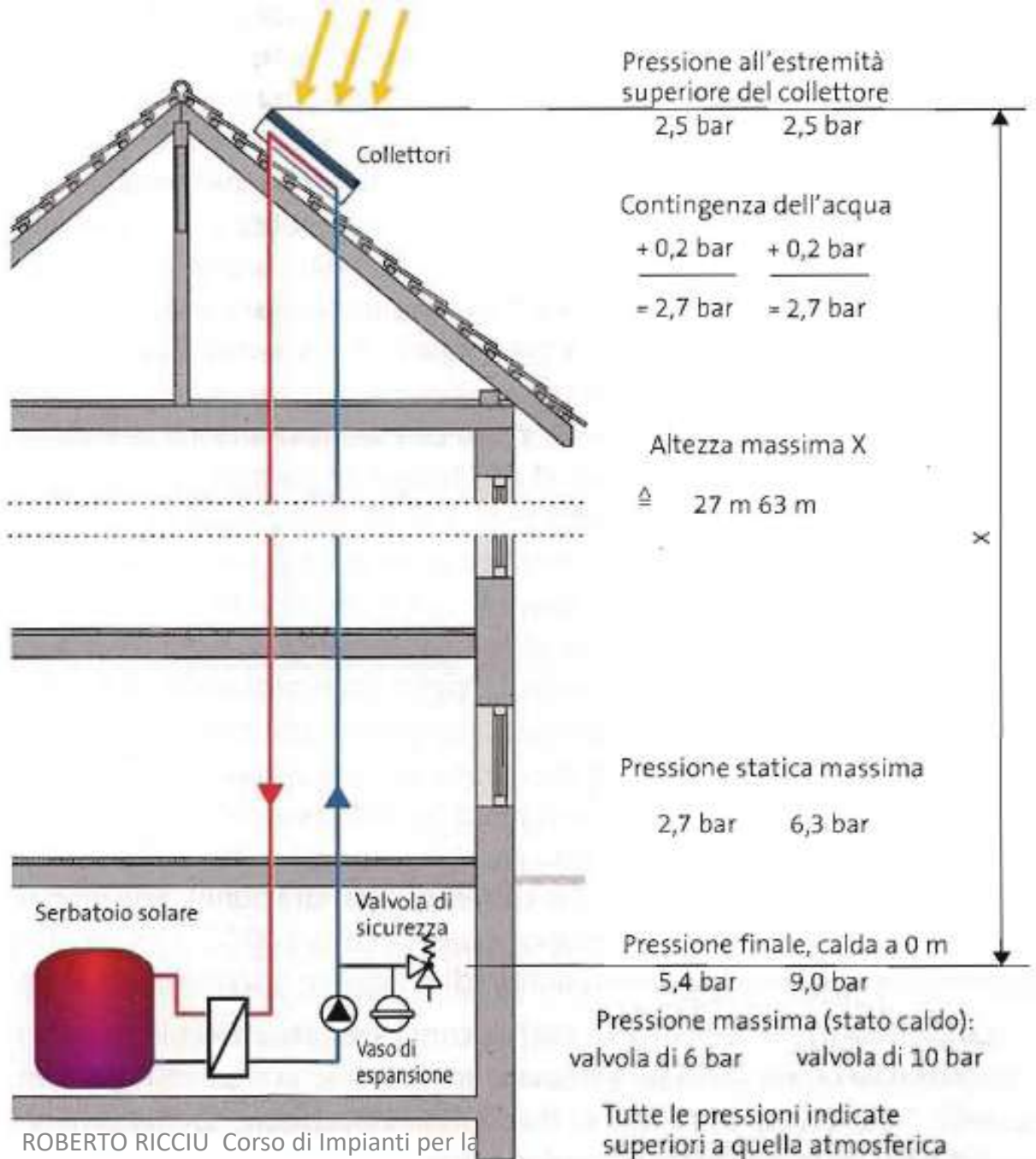
Pressioni di esercizio

L'errata impostazione delle dimensioni del vaso di espansione può causare un malfunzionamento negli impianti termici. Un dimensionamento eccessivo, per conseguenza, a una forte perdita di fluido termovettore, si ferma automaticamente in funzione.

Pressione iniziale p_i : pressione statica massima del collettore solare quando la pompa è in funzione (durante il riscaldamento).

Essa è calcolata come la somma della pressione statica massima incrementata di una quota di sicurezza.

Il valore consigliato è:



Pressioni di esercizio

Pressione finale p_F : è la pressione relativa teorica all'interno del circuito solare, che non deve venir mai superata se l'esecuzione è corretta.

Si calcola sulla tenuta a pressione delle componenti (per esempio collettori), ma non dovrebbe mai superare 5,5 bar.

Il valore consigliato è: $p_F = 5$ bar, se le componenti lo permettono.

Pressione nel vaso d'espansione p_{VE} :

Si assume pari a circa $0,3 \div 0,5$ bar al di sotto della pressione iniziale p_I , in modo che anche a freddo la membrana del vaso d'espansione sia leggermente in tensione.

Valore consigliato: $p_{VE} = 1,5$ bar.

Gli impianti termici solari

Pressioni di esercizio

Pressione d'intervento della valvola di sicurezza p_{VS} :

Si assume pari ad almeno 0,5 bar al di sopra della pressione finale, in modo che la valvola di sicurezza, se l'esecuzione è corretta, non entri mai in gioco.

Valore consigliato: $p_{VS} = 6 \text{ bar}$, se le componenti lo permettono.

Il fattore di pressione del vaso d'espansione

$D_f = (p_F - p_I) / (p_F + 1)$ non deve essere maggiore di 0,5 perché altrimenti la membrana al suo interno si logora inutilmente

Le pressioni determinate in precedenza permettono il calcolo del volume nominale del Vaso di espansione, cioè il volume minimo che viene riportato nei cataloghi dei prodotti .

Gli impianti termici solari

Il vaso di espansione

Serve a recepire l'aumento di volume all'aumento della temperatura del fluido termovettore e in caso di stagnazione dell'impianto serve a recepire tutto il fluido contenuto all'interno del collettore.

Contenuto di fluido del circuito $V_{FL} =$

contenuto di fluido nel collettore V_C

+ contenuto di fluido nelle tubature

+ contenuto di fluido nello scambiatore di calore

+ contenuto di fluido in altre componenti

superficie collettore [m ²]	pressione iniziale	
	$p_i = 1,5$ bar	$p_i = 2,5$ bar
5	12 l	18 l
7,5	18 l	25 l
10	25 l	35 l
15	35 l	50 l

Tab. 4.4: valori di riferimento per la scelta del vaso d'espansione. (volume nominale)

Gli impianti termici solari

Dimensionamento per integrazione riscaldamento

N. pannelli elevato per soddisfare $Q_{TOT} = Q_R + Q_{ACS}$ [MWh/anno]

In genere:

1 m² per 1 MWh = 40 ÷ 50% globale

15 ÷ 30 % sul riscaldamento e 70 ÷ 80% su ACS

60 ÷ 80 litri per m² pannello

Pannelli in posizione verticale 70 ÷ 90 °

Per impianti a bassa temperatura, normalmente si utilizza l'integrazione termica.

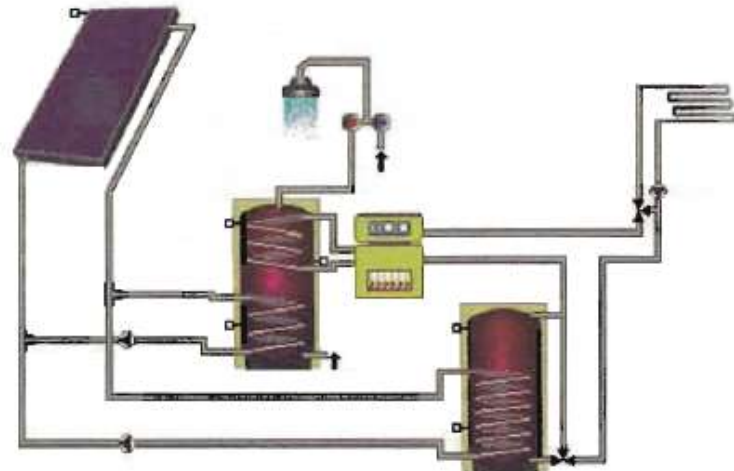
Utilizzare l'integrazione per impianti ad alta temperatura comporta una diminuzione della resa del 5 ÷ 10%. Se si vuole aumentare occorre agire sia sui m² di pannelli che sull'accumulo!

Gli impianti termici solari

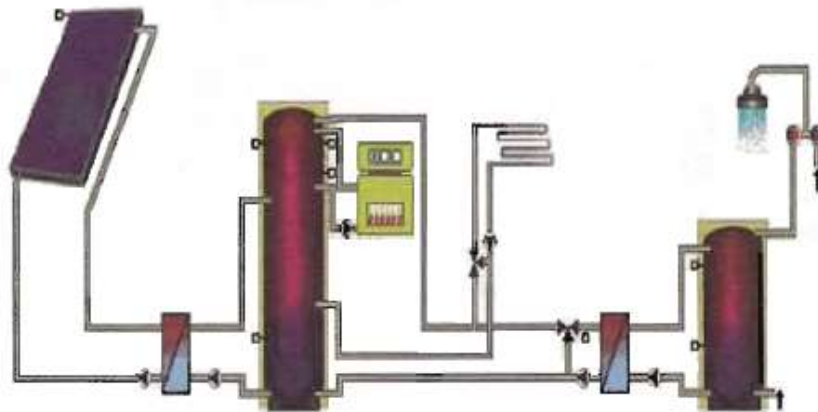
Dimensionamento per integrazione riscaldamento



Soluzione Tank in tank



Soluzione doppio serbatoio



Gli impianti termici solari

La redditività di un impianto solare termico

Lo scopo originario degli impianti solari è la riduzione del consumo di fonti energetiche di tipo fossile o nucleare e non il fare concorrenza a questi nella lotta per la redditività.

✓ Che quota del fabbisogno energetico totale della propria abitazione

si può risparmiare attraverso la costruzione di un impianto solare?

✓ Qual è l'entità dell'investimento necessario per ottenere ciò?

✓ In che tempi si raggiunge l'ammortamento economico?

✓ Quali provvedimenti alternativi di risparmio energetico possono essere presi in considerazione?

✓ Che risparmio forniscono?

✓ Quale investimento richiedono?

✓ E' possibile combinare più sistemi per ottenere la riduzione desiderata del consumo di fonti energetiche convenzionali?

Gli impianti termici solari

La redditività di un impianto solare termico

Riscaldamento dell'ACS con 5 m² di collettore e 300 litri di accumulo.

Costi di un impianto solare		
	Quantità	Prezzo in Euro
Circuito solare		
Collettori (250 ?/m ²)	5 m ²	1250
Accessori (set di montaggio, protezione anti fulmine, valvola di sfiato)		150
Gruppo pompa e sicurezza		250
Vaso d'espansione		50
Protezione antigelo		40
Tubo di rame incl. fissaggio e coibentazione (10 ?/m)	20 m	200
Serbatoio e accessori		
Serbatoio incl. coibentazione e scambiatore di calore	300 l	800
Miscelatore		70
Controllo/gestione impianto		
Centralina incl. sensori e cavi		150
Altro		
Pezzi vari, materiale di consumo		200
Totale materiali		3160
	Quantità	Prezzo in Euro
Progettazione e documentazione		60
Trasporto		0
Montaggio		
Circuito solare	16 h	320
Serbatoio	7 h	140
Ausiliare	4 h	80
Impianto elettrico	4 h	80
Messa in opera, istruzione	2 h	80
Totale mano d'opera		760
Totale materiali		3160
Totale mano d'opera		760
Totale (escl. IVA)		3920
Aliquota IVA		10%
IVA		392
Totale (incl. IVA)		4312

Gli impianti termici solari

I finanziamenti – IVA 10%

Legge 488/99

Realizzazione di *interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria* 10%, a condizione del costo della manodopera in fattura oppure interventi che per il raggiungimento dell'obiettivo vedono una *prevalenza percentuale delle attività* (progettazione, manutenzione, ecc.) rispetto al valore del bene o dei beni impiegati.

Nel caso di interventi che prevedono l'impiego di beni (*decreto 29 dicembre 1999* del Ministero delle Finanze) che costituiscono una parte significativa del valore totale della fornitura si potrà avere una aliquota IVA differenziata: 10% e 20% (si tratta di ascensori e montacarichi, infissi esterni e interni, caldaie, videocitofoni, apparecchiature di condizionamento e riciclo dell'aria, sanitari e rubinetterie per bagni, impianti di sicurezza).

Gli impianti termici solari

Detrazioni IRPEF 55% Legge Finanziaria 2007 fino a dicembre 2016

Installazione pannelli solari (max 60.000 €)

Produzione acqua calda per usi domestici o industriali e per la copertura del fabbisogno di ACS in piscine, strutture sportive, case di ricovero e cura, istituti scolastici e università

E' richiesto:

Garanzia di almeno 5 anni per i pannelli ed il bollitore

Garanzia di almeno 2 anni per accessori e componenti tecnici

Certificazione dei collettori secondo UNI EN 12975/2 e norme UNI per i pannelli autocostruiti



Per interventi cumulabili (pannelli solari + impianto climatizzazione)
il limite massimo sarà costituito dalla SOMMA degli importi previsti

I finanziamenti – IRPEF 65% fino a dicembre 2018

La detrazione IRPEF si applica sull'intero importo (lordo) della fornitura, comprensiva dell'IVA del 10% e dovrà essere ripartita in 5 (minimo) o 10 anni, a scelta.

Tra le spese che possono usufruire della detrazione, purché facciano parte del costo totale dei lavori, rientrano quelle per:

- *progettazione dei lavori*
- *acquisto dei materiali*
- *esecuzione dei lavori*
- *altre prestazioni professionali richieste dal tipo di intervento*
- *relazioni di conformità degli stessi alle leggi vigenti*
- *perizie e sopralluoghi*
- *imposta di bollo, se dovuta*
- *diritti pagati per la concessione, le autorizzazioni, la denuncia di inizio lavori, ove richiesti*
- *oneri di urbanizzazione*
- *altri costi legati alla realizzazione di interventi e adempimenti*
- *imposta sul valore aggiunto (IVA)*

Gli impianti termici solari

Dov'è la convenienza?

Ipotizziamo:

- ✓ un consumo giornaliero per una famiglia di 4 persone = 200 litri/g
- ✓ la temperatura dell'acqua di rete mediamente = 15 ° C
- ✓ la temperatura desiderata = 50 ° C
- ✓ le perdite complessive nell'impianto di distribuzione = 5%

Soddisfacimento mediante:

Caldaia a gas metano $\eta = 85\%$	Scaldabagno elettrico $\eta = 85\%$	Caldaia a g.p.l. $\eta = 85\%$	Caldaia a gasolio $\eta = 85\%$
P.c. = 35581 kJ/m ³	P.c. = 3600 kJ/kWh	P.c. = 25409 kJ/lt	P.c. = 35866 kJ/lt
372 m³/anno	3680 kWh/a	521 lt/a	369 lt/a
0,70 €/m³	0,18 €/kWh	1,04 €/lt	0,96 €/lt

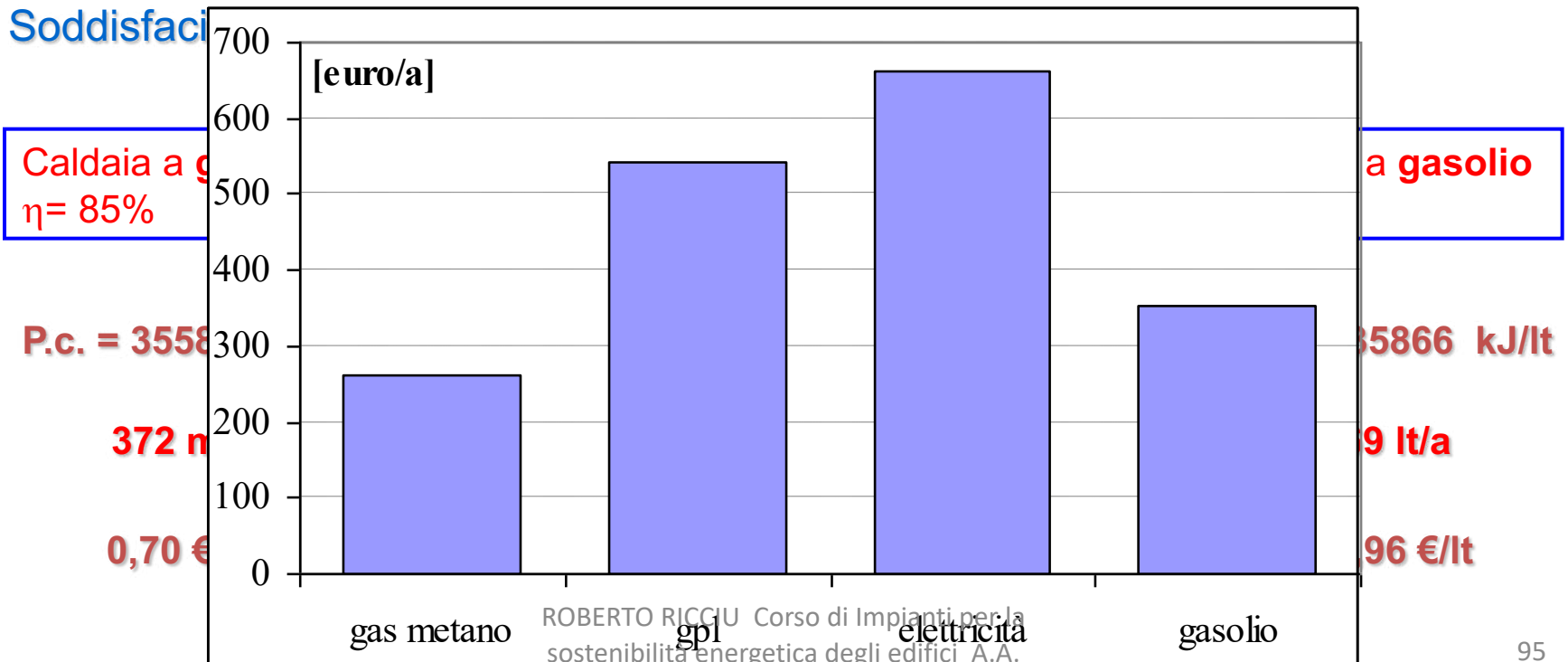
Gli impianti termici solari

Dov'è la convenienza?

Ipotizziamo:

- ✓ un consumo giornaliero per una famiglia di 4 persone = 200 litri/g
- ✓ la temperatura dell'acqua di rete mediamente = 15 ° C
- ✓ la temperatura desiderata = 50 ° C
- ✓ le perdite complessive nell'impianto di distribuzione = 5%

Soddisfazi

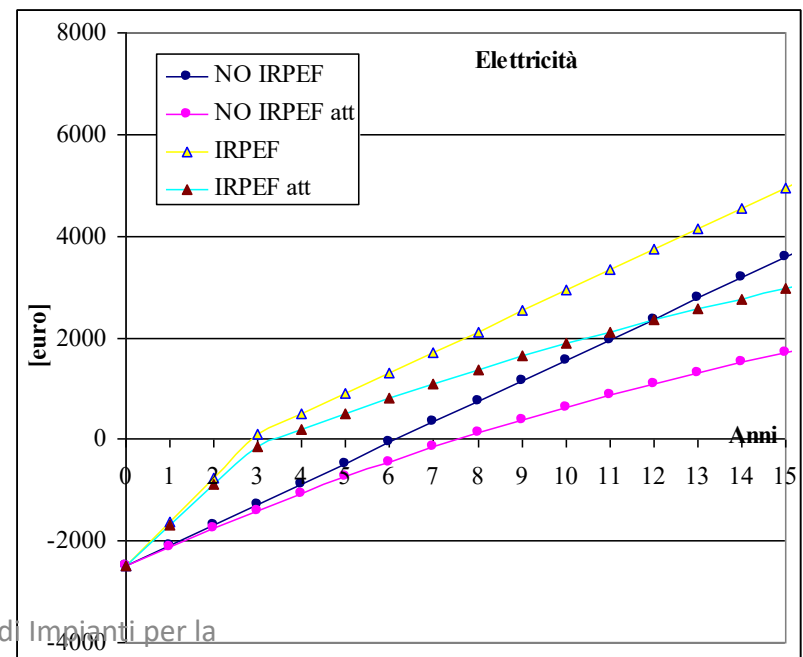
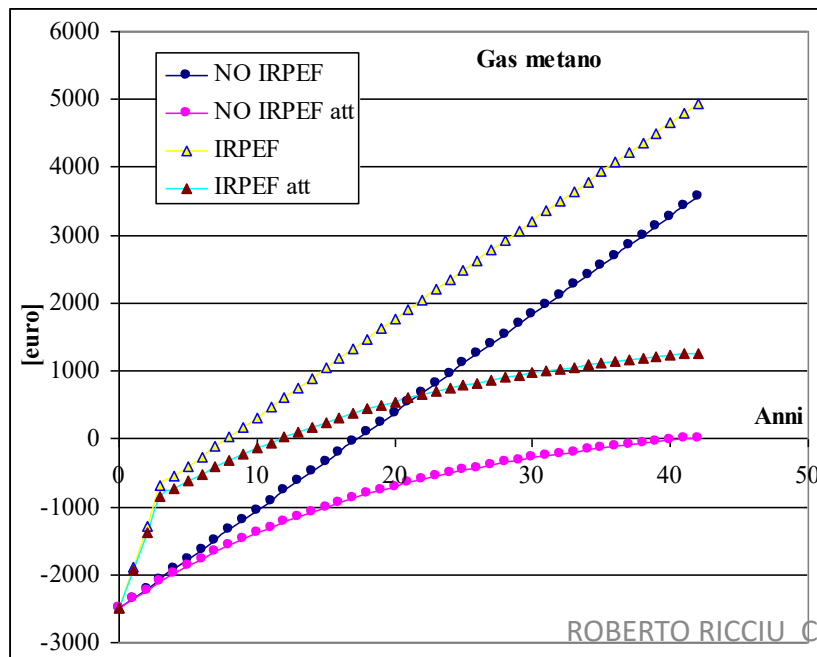


Gli impianti termici solari

Dov'è la convenienza?

Ipotizziamo:

- ✓ L'utilizzo di un impianto solare termico dal costo complessivo, comprensivo di manutenzione = 2500 €
- ✓ Una spesa aggiuntiva annuale = 1% SC = 25 €
- ✓ Un tasso di attualizzazione $a = 5\%$
- ✓ Una ripartizione IRPEF su 3 anni = $1375/3 = 458,33 \text{ €/a}$

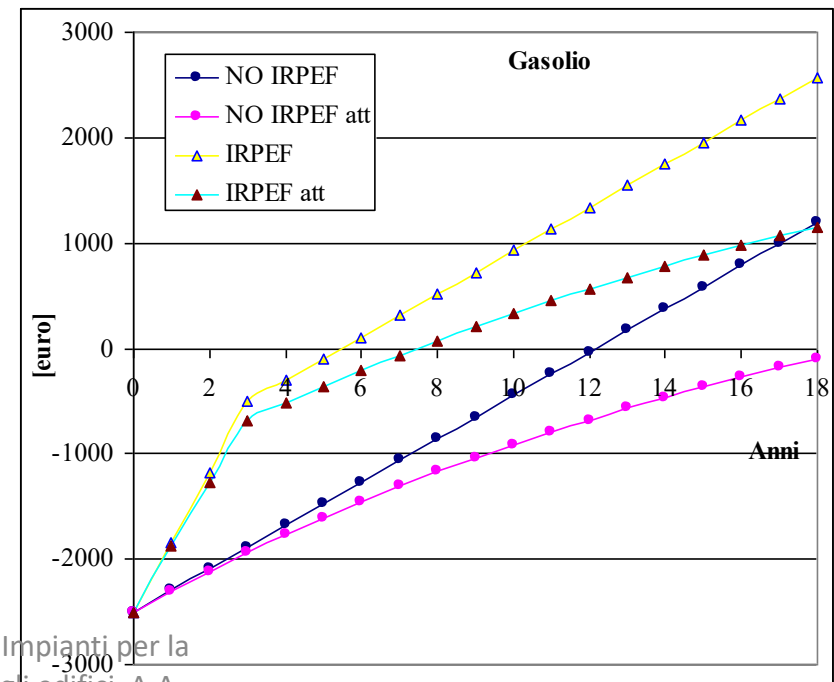
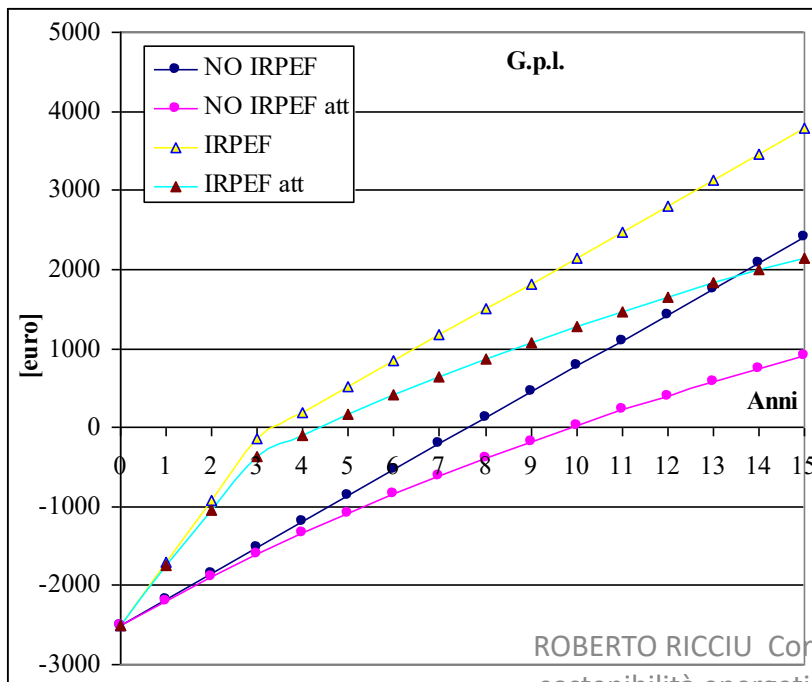


Gli impianti termici solari

Dov'è la convenienza?

Ipotizziamo:

- ✓ L'utilizzo di un impianto solare termico dal costo complessivo, comprensivo di manutenzione = 2500 €
- ✓ Una spesa aggiuntiva annuale = 1% SC = 25 €
- ✓ Un tasso di attualizzazione $a = 5\%$
- ✓ Una ripartizione IRPEF su 3 anni = $1375/3 = 458,33 \text{ €/a}$



Gli impianti termici solari

Dov'è la convenienza?

Ipotizziamo:

- ✓ L'utilizzo di un impianto solare termico dal costo complessivo, comprensivo di manutenzione = 2500 €
- ✓ Una spesa aggiuntiva annuale = 1% SC = 25 €
- ✓ Un tasso di attualizzazione $a = 5\%$
- ✓ Una ripartizione IRPEF su 3 anni = $1375/3 = 458,33 \text{ €/a}$

Caldaia a **gas metano**
 $\eta = 85\%$

P.B. = 18
P.B.att = 42
P.B.55% = 8
P.B.55% att = 12

CO² evitata
598 kg/a

Scaldabagno **elettrico**
 $\eta = 85\%$

P.B. = 7
P.B.att = 8
P.B.55% = 3
P.B.55% att = 4

CO² evitata
3557 kg/a

Caldaia a **g.p.l.**
 $\eta = 85\%$

P.B. = 8
P.B.att = 10
P.B.55% = 4
P.B.55% att = 5

CO² evitata
646 kg/a

Caldaia a **gasolio**
 $\eta = 85\%$

P.B. = 13
P.B.att = 20
P.B.55% = 6
P.B.55% att = 8

CO² evitata
636 kg/a

FINE