



Titolo:	Caso studio
Data:	Marzo 2014
Descrizione:	Integrazione di un impianto solare con superficie di 1.000 m ² a servizio della rete di teleriscaldamento di Piacenza
Autore:	Riccardo Borsatti – riccardo.borsatti@polimi.it
Co-autore:	Marco Calderoni – marco.calderoni@polimi.it
Lingua:	Italiano
Versione:	1.2

Sommario

1	Introduzione.....	2
2	Descrizione della rete di teleriscaldamento (TLR) di IREN	5
3	Impianto solare proposto	7
4	Benefici dell'impianto	10
5	Aspetto economico	10





1 Introduzione

1.1 Applicazioni del solare termico

Il mercato del solare termico è in larga parte costituito da piccoli sistemi per acqua calda sanitaria (circa il 90%) e, in alcuni casi, anche per riscaldamento degli ambienti. Poco spazio trovano, ad oggi, gli impianti solari termici di grande taglia, nonostante sia stato più volte calcolato un potenziale enorme per l'utilizzo del solare termico in applicazioni speciali, come la produzione di calore di processo a bassa e media temperatura in alcuni settori industriali, il raffrescamento degli ambienti utilizzando macchine ad assorbimento (solar cooling), oltre che al suo impiego nelle reti di teleriscaldamento.

Sotto il profilo tecnico si tratta di impianti più estesi e non sempre standardizzabili come i sistemi per acqua calda sanitaria ad uso residenziale. Per questo motivo necessitano di una progettazione *ad hoc*.

1.2 Il solare termico nelle reti di teleriscaldamento

1.2.1 Impianti centralizzati e distribuiti

L'integrazione di un impianto solare termico in una rete di teleriscaldamento può avvenire secondo due principali modalità: centralizzata e distribuita.

Negli impianti centralizzati, comuni soprattutto in Austria, Danimarca, Germania e Svezia, il campo solare termico, attraverso un suo circuito, è collegato direttamente alla centrale di produzione, dove altre fonti energetiche, come unità cogenerative alimentate a gas o biomassa, contribuiscono a soddisfare il fabbisogno termico della rete. È frequente che impianti di questo tipo siano realizzati e gestiti dallo stesso soggetto che ha la responsabilità anche dell'intera rete di teleriscaldamento, ovvero l'azienda locale che si occupa della gestione dell'energia. Il concetto di impianto centralizzato si riferisce quindi alla connessione idraulica e non alla posizione dei collettori solari che può essere di carattere distribuito.



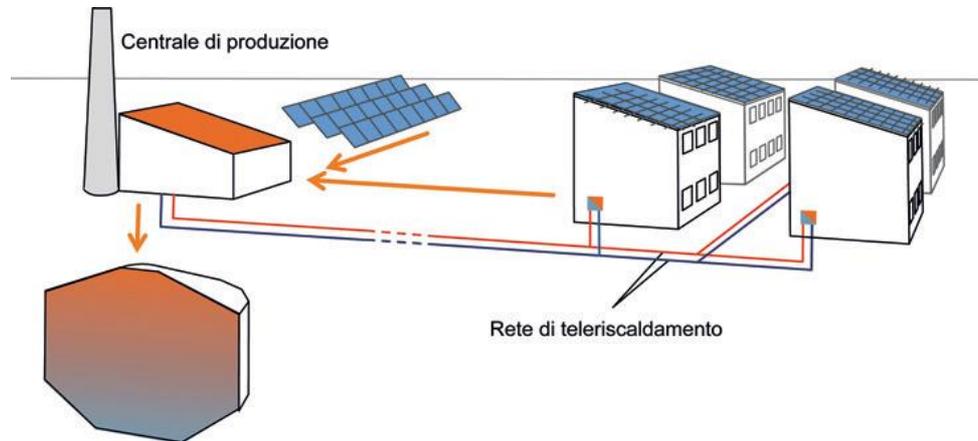


Figura 1-1 Impianto solare centralizzato in rete di teleriscaldamento (fonte: Solites, www.solites.de)

L'impianto si dirà invece *distribuito* quando alimenta la rete di teleriscaldamento senza passare per la centrale termica generale. Negli impianti distribuiti, spesso è la rete stessa che viene utilizzata come accumulo di calore; questo è dovuto al fatto che il solare, nella maggior parte dei casi, fornisce solo una piccola parte della domanda complessiva di calore e il volume di acqua contenuto nella rete è sufficiente ad immagazzinare il calore solare fornito.

È importante sottolineare che la soluzione dell'impianto distribuito, che potrebbe minimizzare le perdite di calore, è però attuabile solo in presenza di valori di pressione e temperatura della rete compatibili con i parametri di funzionamento dell'impianto solare.

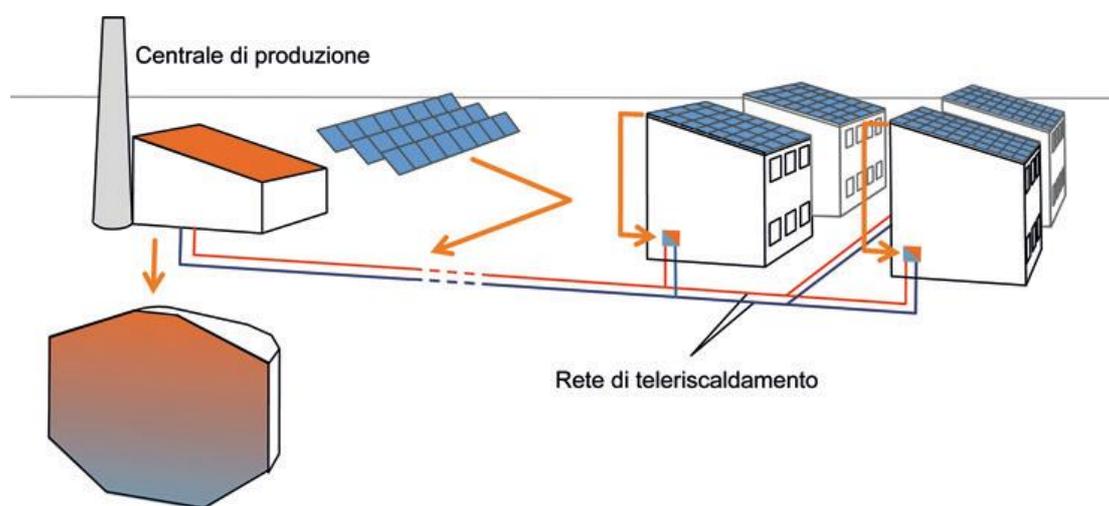


Figura 1-2 Impianto solare distribuito in rete di teleriscaldamento (fonte: Solites, www.solites.de)

1.2.2 Connessione alla rete negli impianti distribuiti

Per gli impianti distribuiti si possono individuare tre principali modalità di connessione con la rete.

La prima è chiamata *alimentazione dal ritorno alla mandata* (*feed-in return – flow*): qui l'impianto solare deve operare in modo che la sua portata sia regolata in maniera tale da ottenere la temperatura di mandata della rete. Questa tipologia di integrazione del solare è generalmente accettata dai gestori delle reti, dal momento che non modifica la temperatura di ritorno sulla linea e inoltre il costo della pompa è a carico di chi realizza l'impianto solare.

La seconda modalità, detta *alimentazione dal ritorno al ritorno* (*feed-in return – return*), prevede invece che il solare prelevi calore e lo restituisca sulla linea del ritorno; in questo modo si garantiscono le minime temperature di funzionamento per i collettori solari e, di conseguenza, la loro massima efficienza. In questo caso le perdite di carico delle tubazioni e dello scambiatore di calore sono coperte dalle pompe di rete già presenti, e, soprattutto, il circuito solare può lavorare a portata costante. Questa modalità tuttavia può risultare poco favorevole per il gestore della rete, poiché è necessario intervenire sul controllo della portata allo scambiatore di calore proveniente dal circuito solare e anche perché l'aumento della temperatura di ritorno aumenta le dispersioni termiche e può diminuire l'efficienza degli altri generatori di calore alimentati proprio dalla linea di ritorno, tipicamente i cogeneratori.

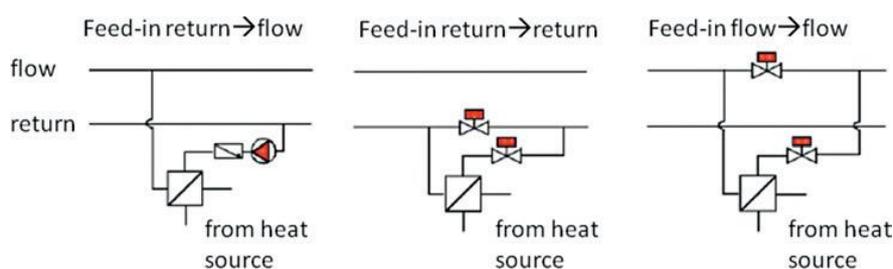


Figura 1-3 Integrazione idraulica del solare termico in una rete di teleriscaldamento (fonte: Solar District Heating)

L' *alimentazione dalla mandata alla mandata* (*feed-in flow – flow*), è la terza modalità operativa e anche quella meno utilizzata, in quanto comporta temperature di funzionamento più elevate, peggiorano l'efficienza dei collettori solari termici.



Se la rete viene impiegata come accumulo termico, è evidente che anche la temperatura di ritorno tenderà ad aumentare durante il funzionamento dell'impianto solare. Per garantire un funzionamento efficiente, la temperatura di ritorno deve essere mantenuta più bassa possibile la mattina, prima che il solare cominci ad alimentare la rete. Nel tardo pomeriggio, dato l'incremento della temperatura di ritorno e la diminuzione dell'irraggiamento solare, potrebbe essere necessario effettuare il by-pass dell'impianto solare.

In inverno è fondamentale considerare il fatto che la temperatura di mandata sulla rete possa salire fino a 90 ± 100 °C e anche oltre. Nonostante i collettori solari possano raggiungere queste temperature anche in inverno, per non ridurre troppo l'efficienza di conversione energetica, è consigliabile far funzionare il sistema tra 60 °C e 80 °C. Se questo risulta impossibile, il calore solare può in alcuni casi essere utilizzato direttamente come alimentazione di alcuni edifici.

La fermata di parte della rete per lavori di manutenzione può essere causa di stagnazione dell'impianto solare termico (evaporazione del liquido all'interno dei collettori). Per questo motivo tutti i fermo-impianto dovrebbero essere programmati nel momento in cui non sia prevista integrazione di calore dal solare verso la rete, ovvero quando non ci sia disponibilità della radiazione solare. Un'alternativa è quella di utilizzare accumuli già presenti, in cui scaricare temporaneamente l'energia termica proveniente dai collettori solari.

2 Descrizione della rete di teleriscaldamento (TLR) di IREN

2.1 Lunghezza

La rete di distribuzione del teleriscaldamento di IREN si estende per circa **26 km** (comprensivi di mandata e ritorno) nel comune di Piacenza. Il diametro delle condotte è decrescente; partendo dal DN 300 in uscita dalla Centrale, si arriva a diametri minimi come DN 50 per gli allacciamenti delle utenze più piccole e delle zone più ramificate.

2.2 Impianti di generazione

Il sistema di generazione è composto da 4 caldaie da 2,9 MW (totale 12 MW) + 2 caldaie con acqua surriscaldata da 14 MW (totale 28 MW). La potenza complessiva installata è di circa 40 MW termici. A fianco c'è una centrale EdiPower: l'attuale impianto è un moderno ciclo combinato da 855 MW - composto da 2



sezioni di produzione con turbina a gas integrata da post combustione e da 1 sezione di produzione con turbina a vapore – che utilizza unicamente gas naturale per la combustione.

2.3 Temperature e portate

La logica di controllo e regolazione della centrale è basata sulla differenza di pressione: se la temperatura aumenta, la portata diminuisce. In ogni caso la temperatura di mandata viene decisa giornalmente sulla base dei dati registrati quotidianamente.

I parametri che maggiormente influenzano il comportamento di un impianto solare all'interno di una rete di teleriscaldamento sono la temperatura di mandata, quella di ritorno e la portata della rete stessa.

Si riportano in tabella le temperature e le portate nominali presenti nella rete di TLR nelle due differenti stagioni termiche e nei momenti di minima e massima richiesta.

	U.M.	INVERNO	ESTATE
$T_{mandata}$	°C	105	80
$T_{ritorno}$	°C	65	60
Portata (nominale)	m ³ /h	100	80
Portata (max)	m ³ /h	500	-

Poiché l'efficienza dei collettori solari aumenta al diminuire della temperatura di ingresso ai collettori, si è valutato quanto IREN possa ridurre in estate la temperatura di ritorno della rete TR: ottimizzando la portata essa può essere abbassata fino a circa 60 °C.

2.4 Profilo di consumo

Il profilo di consumo differisce a seconda della tipologia di utenza (asilo, condominio, palestra...) e della stagione termica.

Per quanto riguarda la stagione estiva è possibile ipotizzare un prelievo pressoché costante di calore dalla rete, in quanto dovuto solamente al consumo di acqua calda per usi sanitari. La potenza termica richiesta

dalla rete è pari a 1.5 MW.

Per il funzionamento invernale è stato ipotizzato un profilo di consumo basato sui dati di fabbisogno, di temperature e di portate medie:

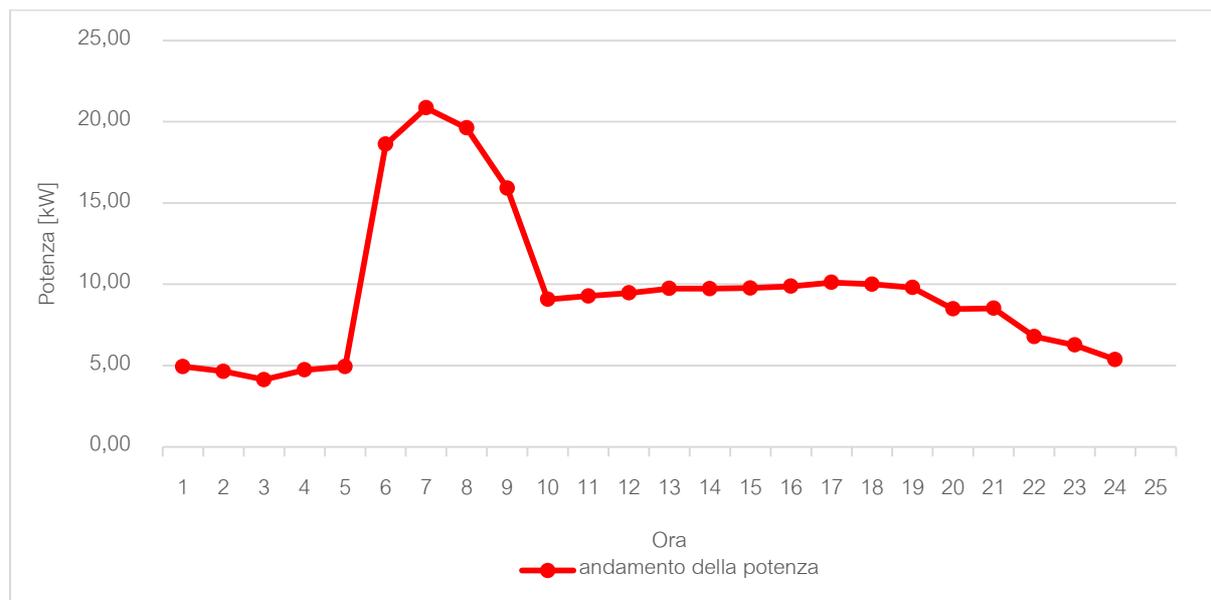


Figura 2-1 Profilo di consumo invernale

2.5 Consumo annuo

Il consumo annuo, e di conseguenza l'energia immessa in rete nel corso dell'ultimo anno, risulta pari a 49 GWh (dato fornito da IREN).

3 Impianto solare proposto

3.1 Scelte progettuali operate

Partendo dall'obiettivo di copertura del carico estivo, la scelta progettuale studiata riguarda l'installazione di un campo solare termico con superficie lorda pari a 1.000 m^2 , posizionato a terra e adiacente alla centrale di generazione attuale. Poiché, data la taglia relativamente contenuta dell'impianto solare, l'energia termica da esso prodotta è piccola rispetto al fabbisogno, si è scelto di integrare il calore prodotto dall'impianto solare direttamente nella rete, senza passare per un accumulatore.

3.2 Posizionamento dei collettori

Vista la possibilità di disporre di un'area di adiacente alla centrale, si prevede di installare un campo solare a terra.



Figura 3-1 Impianto con collettori solari installati a terra (foto: Riccardo Battisti)

Negli impianti di grande dimensione è fortemente consigliato utilizzare collettori di grande taglia, con superficie di apertura compresa tra 10 m^2 e 15 m^2 . Questa scelta permette di diminuire in maniera considerevole il numero di collettori, consentendo quindi un risparmio significativo di tubazioni e accessori di collegamento, oltre alla minore manodopera di installazione e alla necessità di successivi interventi di manutenzione.

Poiché i collettori saranno installati a terra, è necessario disporre più file parallele, prendendo in considerazione le cosiddette *aree di rispetto* per evitare il rischio di mutuo ombreggiamento tra le file stesse. La minima distanza tra una fila e la successiva dipende dall'angolo di inclinazione con cui sono installati i collettori, dalla loro altezza, e anche dalla latitudine del sito. Alle nostre latitudini e con angoli di inclinazione intorno ai 30° , la distanza tra le file deve essere pari ad almeno due volte l'altezza dei collettori. Nella stima dell'ingombro complessivo di un impianto, si può quindi considerare, per ogni m^2 di collettori installati, una superficie occupata lorda compresa tra $2,5 \text{ m}^2$ e $3,5 \text{ m}^2$.

La figura sottostante mostra un esempio di calcolo in Danimarca in cui:

- *optimum tilt* indica l'angolo di inclinazione ottimale;
- *losses due to shadows* presenta la diminuzione percentuale di resa, rispetto al valore massimo, dovuta all'ombreggiamento reciproco tra le file.
- sull'asse delle ascisse, infine, viene riportato il rapporto tra la distanza tra le file e l'altezza di un singolo collettore.

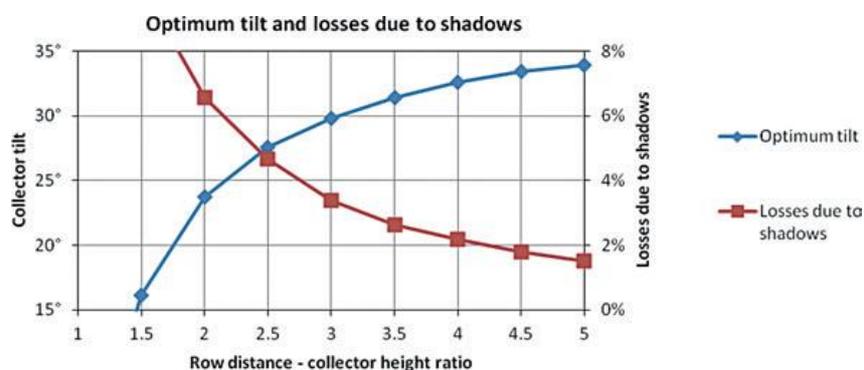


Figura 3-2 Angolo di inclinazione ottimale e perdite energetiche per ombreggiamento reciproco tra file in un esempio in Danimarca (fonte: Solar District Heating Guidelines, www.solar-district-heating.eu)

3.3 Integrazione della rete TLR

L'integrazione dell'impianto solare termico è diretta sulla tubazione di ritorno alla centrale, attraverso uno scambiatore di calore adeguatamente dimensionato, come mostrato in figura.

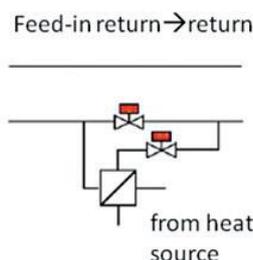


Figura 3-3 Integrazione idraulica del solare termico nella rete di teleriscaldamento dal ritorno al ritorno (fonte: Solar District Heating)

4 Benefici dell'impianto

In questa sezione sono presentati i risultati delle simulazioni fatte mediante il software di simulazione in regime dinamico TRNSYS.

4.1 Energia solare prodotta, efficienza, copertura solare

Nella tabella sottostante si riassumono i risultati su base annua, con una portata della rete solare ipotizzata pari a 17 m³/h, sia per quanto riguarda l'efficienza energetica del sistema (η impianto), sia per l'energia prodotta (E_{sol}) e la percentuale di copertura solare (f_{sol}).

Esol	MWh	541
η_{impianto}	%	42
f_{sol}	%	1.1

Figura 4-1 Risultati simulazioni del campo solare

5 Aspetto economico

Il costo di investimento di un impianto può essere suddiviso in diversi componenti, soprattutto per meglio evidenziare l'importanza delle varie voci di costo. Le principali sotto-voci da considerare sono le seguenti:

- collettori solari, comprensivi di strutture di supporto e tubazioni di collegamento;
- utilizzo di terreno o tetto;
- accumulo (se presente);
- tubazioni di trasmissione tra campo collettori, accumulo e rete (o centrale di produzione);
- fluido antigelo;
- elementi impiantistici quali scambiatori di calore, pompe, vasi di espansione, valvole, dispositivi di sicurezza, regolazione e controllo, ecc.;
- recinzioni, livellamento del terreno, opere edili, ecc.;
- manodopera di installazione (comprensiva di tubazioni);

- dimensionamento, progettazione e ottimizzazione in fase di esercizio.

Vediamo in dettaglio l'analisi economica per il caso di studio in oggetto.

5.1 Stima di massima dell'investimento

In base alle esperienze con impianti solari termici integrati in reti di teleriscaldamento di taglie comparabili realizzati all'estero, il costo di investimento specifico può essere stimato in $200 \div 400 \text{ €/m}^2$ (per collettori installati a terra). Sommando la necessaria quantità di collettori solari, quantificando anche le spese per la posa e messa in opera, il costo ammonta a 370 €/m^2

Nello studio di questo impianto solare termico si considera una superficie lorda di 1.000 m^2 . Il costo del campo collettori è stimato quindi in 370.000 € . L'installazione a terra richiederebbe circa 2.500 m^2 di suolo. Il costo per l'acquisto del terreno è stimato in 25.000 € ; sommando le due componenti si ottiene il costo totale del campo solare pari a 395.000 € .

La presenza di incentivi nazionali, in particolare del "Conto Energia Termico", è una voce non trascurabile dell'intero investimento, in quanto sono previsti 55 €/m^2 annui per ogni m^2 di collettore solare termico, per un periodo di 5 anni, che si traducono quindi in 275.000 € complessivi.

Considerando quindi anche quest'ultima voce, l'investimento netto complessivo dell'impianto, al termine dei 5 anni, risulterà di 120.000 € .

Sulla base dei dati di investimento sopra esposti e di costi di manutenzione e operazione stimati dal Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano, IREN ha calcolato i risultati economici riportati in tabella.

Investimento complessivo	€	395.000
Incentivo complessivo	€	275.000
Tempo di ritorno attualizzato	a	18
Tasso interno di rendimento (TIR)	%	7,8
Valore attuale netto (VAN)	€	15.438

Figura 5-1 Risultati economici