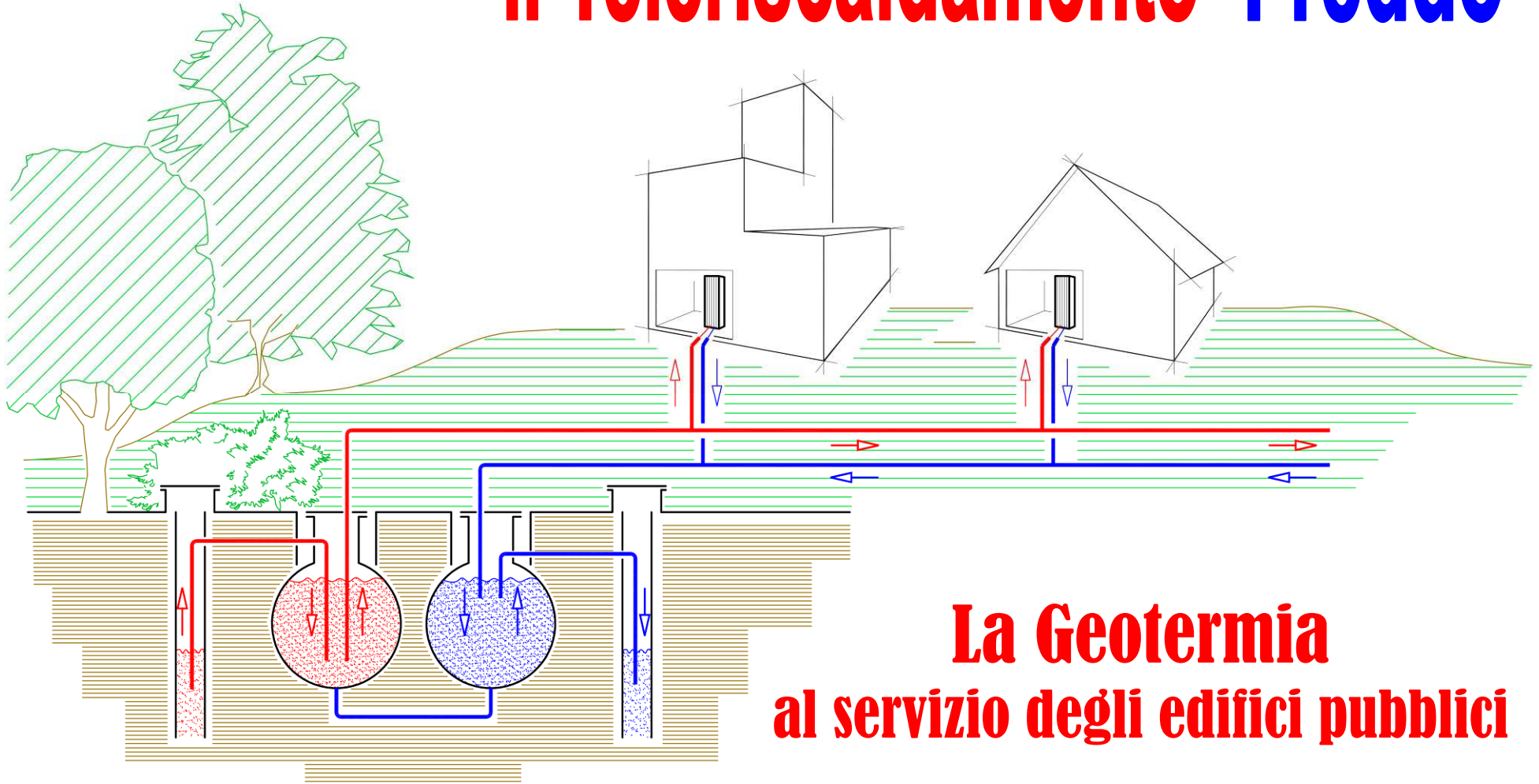


il Teleriscaldamento "Freddo"



**La Geotermia
al servizio degli edifici pubblici**



il contesto






- ▶ territorio costituito dal bacino del fiume Oglio, comprendente l'alto ed il basso Sebino, la Franciacorta e la pianura padana, fino al confine con la provincia di Cremona;
- ▶ 70 comuni soci con densità demografica media di circa 5.000 abitanti.
- ▶ territorio caratterizzato da importanti corsi d'acqua ed acquiferi superficiali;
- ▶ edifici pubblici situati prevalentemente all'interno dei centri storici, spesso con vincoli di tutela paesaggistica, storica o architettonica;
- ▶ aree soggette a zonizzazioni acustiche di maggior tutela;

le richieste:

- ▶ **riqualificare ed adeguare gli impianti** di produzione calore degli edifici pubblici arrivati a fine vita impiantistica;
- ▶ **ridurre la spesa corrente** relativa alla bolletta energetica;
- ▶ agevolare il **ricorso a fonti energetiche rinnovabili** ed alternative;

gli obiettivi del progetto:

- ▶ riutilizzare gli spazi **impiantistici esistenti**;
- ▶ sfruttare le peculiarità e **le disponibilità del territorio**;
- ▶ realizzare un sistema **semplice, estendibile e ripetibile** sul territorio;
- ▶ individuare una **soluzione poco costosa che possa ripagarsi**, anche parzialmente, con la riduzione della bolletta energetica

-  **usare** l'acqua come fonte RINNOVABILE;
-  **prelevare** la fonte rinnovabile **stoccandola** in accumuli intelligenti;
-  **trasferire la risorsa** Rinnovabile, dallo stoccaggio all'utilizzo;
-  **riqualificare** le centrali termiche esistenti con Pompe di Calore "da interno" a bassa o media temperatura;
-  **usare** pompe di calore ad alta temperatura **per alimentare impianti di riscaldamento "difficili"**;



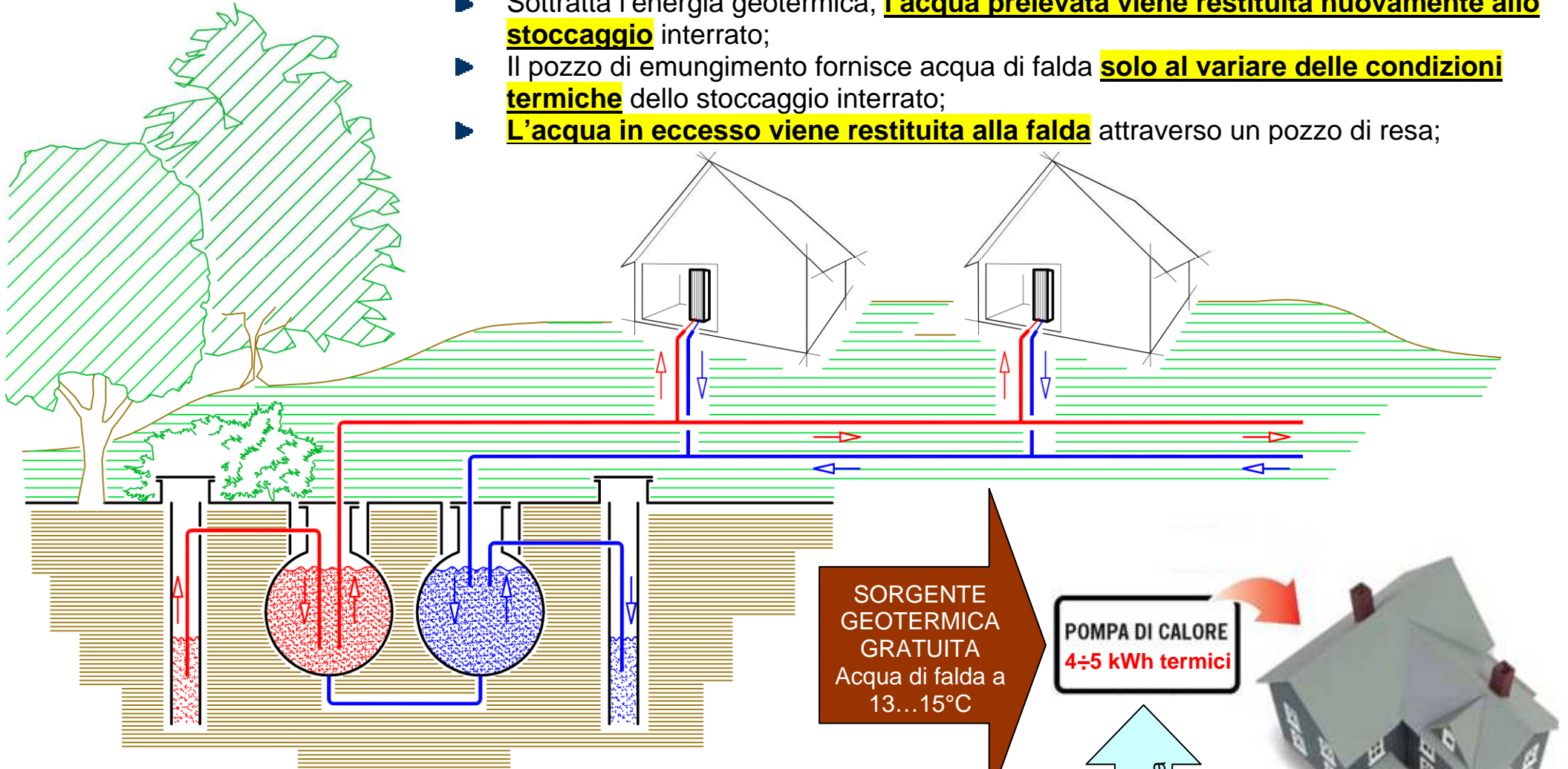
il Teleriscaldamento Freddo

- L'anello d'acqua è alimentato prevalentemente da **acqua di falda** emunta dal sottosuolo;
- si sviluppa mediante una **rete interrata in polietilene**;
- le tubazioni sono posate **prive di coibentazione** allo scopo di agevolare lo scambio termico con il terreno prima della **re-immissione in falda**, attraverso un pozzo di resa.
- Il **ciclo dell'acqua** viene alterato solo nella **variazione della temperatura** di restituzione della risorsa all'ambiente (circa 7°C).
- Uso di **materiali "poveri" e commerciali** nonchè semplicità nell'uso, nella manutenzione e nella conduzione.



PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

- ▶ Distribuzione del fluido geotermico in modalità centralizzata;
- ▶ Ogni utenza **preleva la quantità di acqua strettamente necessaria** al funzionamento della Pompa di Calore;
- ▶ Sottratta l'energia geotermica, **l'acqua prelevata viene restituita nuovamente allo stoccaggio** interrato;
- ▶ Il pozzo di emungimento fornisce acqua di falda **solo al variare delle condizioni termiche** dello stoccaggio interrato;
- ▶ **L'acqua in eccesso viene restituita alla falda** attraverso un pozzo di resa;



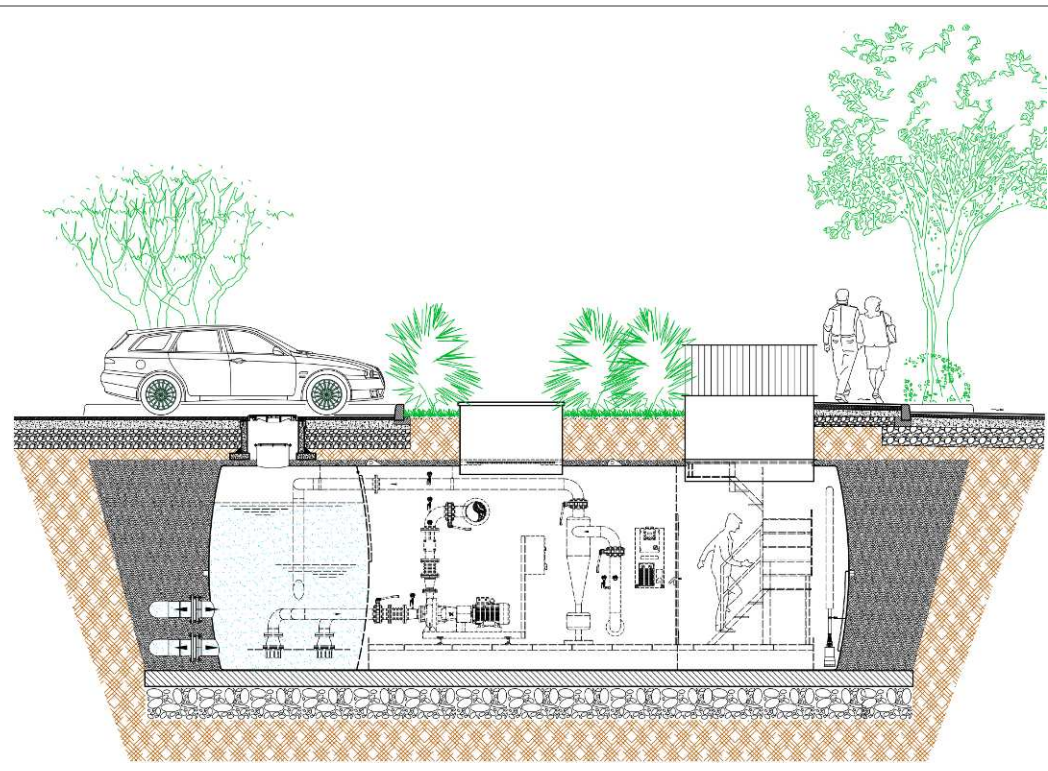
ANELLO D'ACQUA "OPEN LOOP" – ulteriori impieghi

La presenza di una rete di acqua tecnica consente l'eventuale alimentazione dei seguenti servizi aggiuntivi, contabilizzabili, presenti lungo la rete:

- ▶ IRRIGAZIONE **VERDE PUBBLICO**
- ▶ **USI DOMESTICI NON POTABILI** (lavatrice, cassette di risciacquo, etc.)

Il **Teleriscaldamento freddo**:

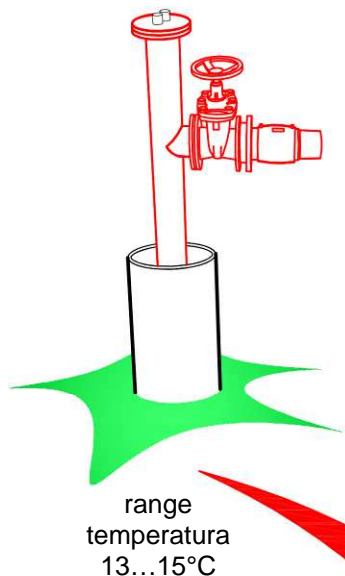
- **concentra** in un solo impianto la produzione di riscaldamento e raffreddamento;
- **conserva** l'autonomia gestionale degli edifici serviti e la produzione individuale di riscaldamento, acqua calda sanitaria e condizionamento ambiente;
- **elimina** le perdite energetiche di distribuzione tipiche di una rete di teleriscaldamento tradizionale, dovute alla dispersione termica delle reti;
- **riduce** drasticamente **le emissioni locali** di CO² per il riscaldamento urbano;
- **non è invasivo** nei casi di riqualificazione di centrali termiche esistenti;
- **ha impatto** ambientale e **paesaggistico** praticamente nullo;



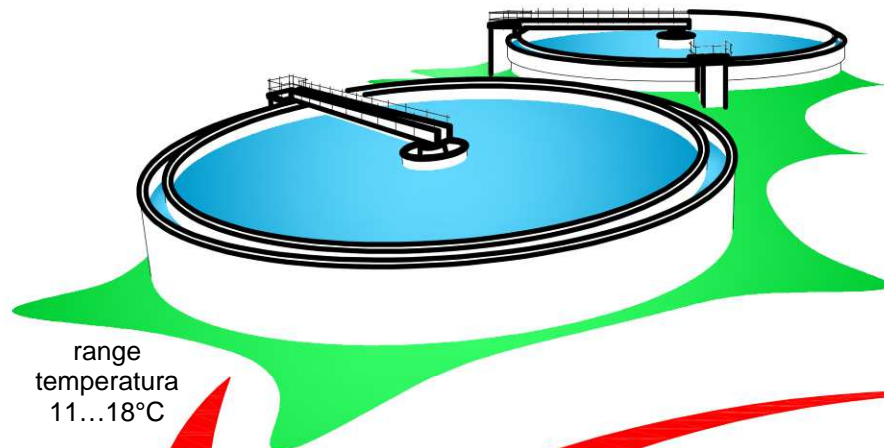
Il **Teleriscaldamento freddo** rappresenta un curioso caso di **“smart grid” idraulica** in quanto:

- **rete di distribuzione aperta** al servizio dell'utenza pubblica e privata, ampliabile e/o replicabile sul territorio;
- **rete energetica biunivoca** la rete può **fornire energia** geotermica NEUTRA sottratta all'acqua tecnica; dall'utenza “pompa di calore”, la rete può **ricevere energia** antagonista volta a bilanciare energeticamente il circuito (utenze funzionanti in caldo o in freddo);
- **rete promiscua** l'utenza allacciata alla rete può prelevare l'acqua tecnica anche per usi diversi da quelli energetici, destinandola alle utenze non potabili ed all'irrigazione.

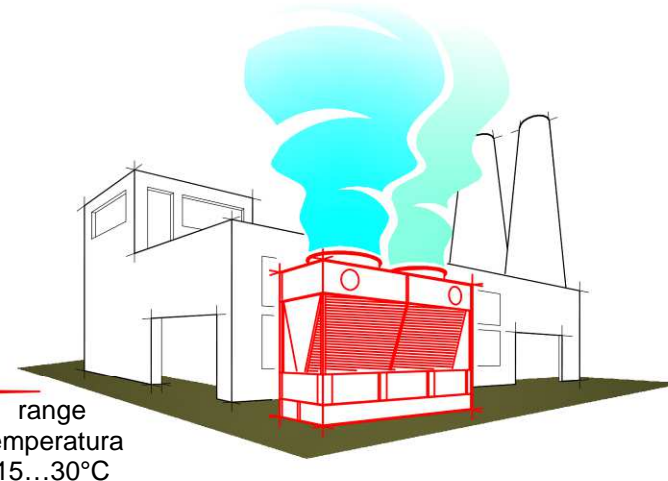
ALIMENTAZIONE DA FALDA



ALIMENTAZIONE DA IMPIANTO DI DEPURAZIONE COMUNALE



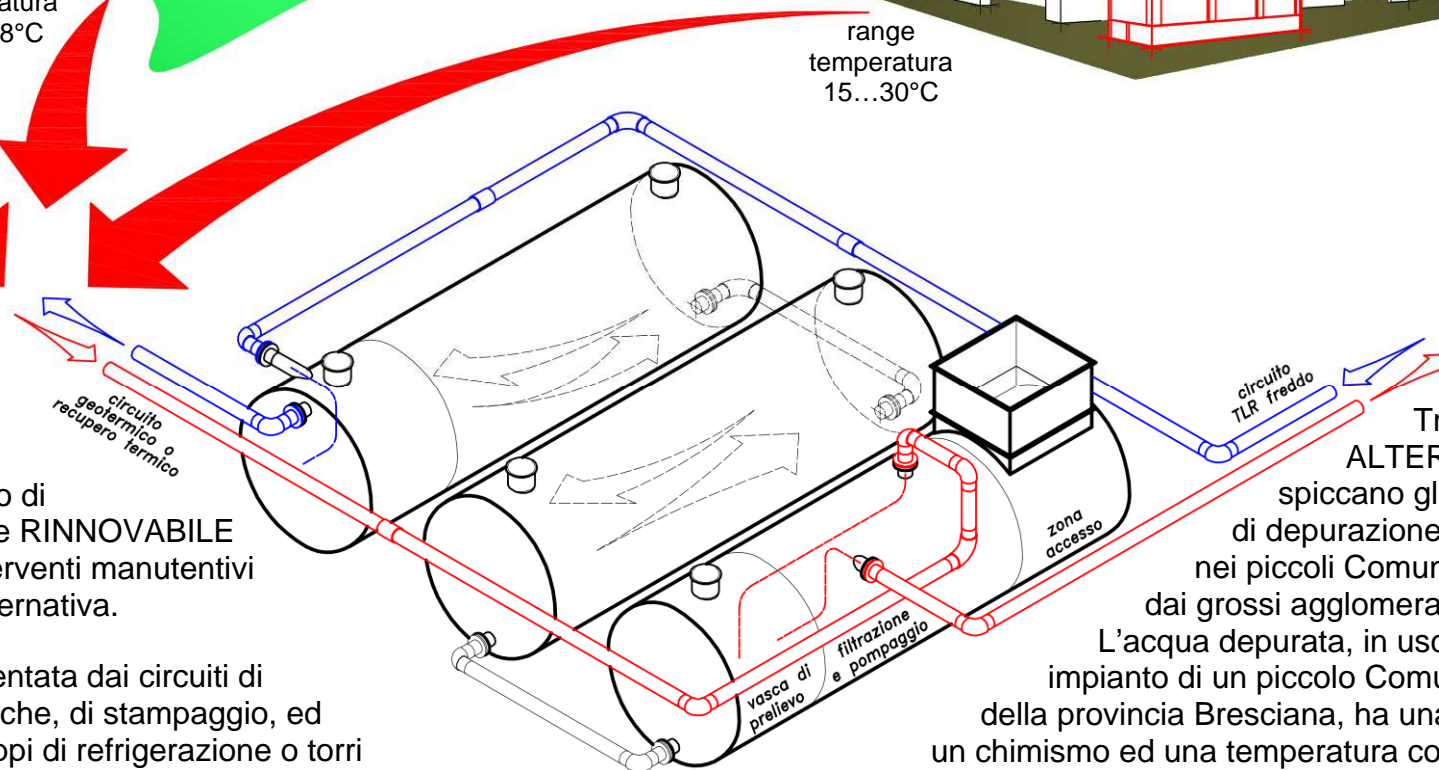
ALIMENTAZIONE DA REFLUI INDUSTRIALI ENERGETICAMENTE NON RIUTILIZZABILI



Il **Teleriscaldamento Freddo** consente l'abbinamento a fonti energetiche **ALTERNATIVE** non diversamente impiegabili per il basso gradiente termico che le caratterizza.

L'impiego di una fonte **ALTERNATIVA** o di **RISULTA** può ridurre il ricorso alla fonte **RINNOVABILE** geotermica ai soli periodi legati agli interventi manutentivi degli impianti che generano la fonte Alternativa.

Una fonte di **RISULTA** tipica è rappresentata dai circuiti di raffreddamento delle industrie siderurgiche, di stampaggio, ed alimentari, normalmente servite da gruppi di refrigerazione o torri evaporative.



Tra le fonti **ALTERNATIVE** spiccano gli impianti di depurazione presenti nei piccoli Comuni distanti dai grossi agglomerati urbani. L'acqua depurata, in uscita da un impianto di un piccolo Comune tipico della provincia Bresciana, ha una portata, un chimismo ed una temperatura compatibile con il funzionamento del Teleriscaldamento Freddo.

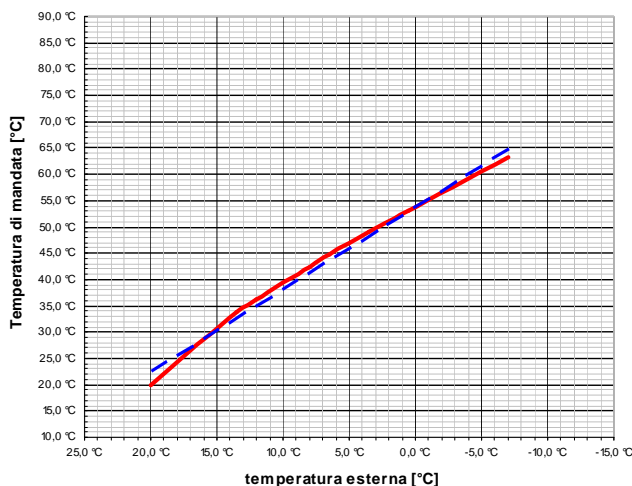
Scelta della Pompa di Calore AD ALTA TEMPERATURA

- ▶ **Ricorso** a pompe di calore “commerciali”;
- ▶ **Scelta** della macchina in funzione della temperatura di picco, lato impianto, da soddisfare;
- ▶ **Determinazione** della curva climatica di alimentazione impianto per il calcolo del COP medio stagionale

In funzione delle temperature esterne della località (medie minime mensili), è possibile determinare la conseguente temperatura “climatica” di mandata ai corpi scaldanti; il rendimento di produzione (COP), utilizzato nel bilancio energetico ed economico, sarà invece determinato alla temperatura di mandata media ponderata.

Ad esempio, considerando di reimpiegare radiatori inizialmente dimensionati per essere alimentati da una **temperatura massima di 70°C**, con un salto di temperatura di 15°C ed un sovradimensionamento di regimazione del 20%, il **COP medio stagionale** può essere determinato alla **temperatura media di mandata di 51°C**.

mese di riferimento	temperatura	
	media esterna	mandata
ottobre	9	40,9 °C
novembre	3	49,7 °C
dicembre	-2	56,6°C
gennaio	-3	57,9°C
febbraio	-1	55,2 °C
marzo	3	49,7 °C
aprile	7	44,0 °C



Per gli edifici esistenti serviti da impianti a termosifoni, la scelta porta all'impiego di una POMPA di CALORE in grado di **sostituire integralmente un generatore termico tradizionale**; sarà possibile scegliere nel seguente panorama di macchine idroniche ad uso residenziale e commerciale:

- mono ciclo con R407 o R410: temp. max 55...60°C;
- mono ciclo con R134a: temp. max 65...70°C;
- doppio ciclo con R410 / R134a: temp. max 75...80°C;

nel caso in esempio, sarà possibile ottenere un COP medio stagionale il cui valore potrà variare dai 3,5 circa del doppio ciclo, ai 4,1 del mono ciclo.

Con impianti terminali a bassa temperatura il valore atteso di rendimento può superare di gran lunga il COP 6,0.

Le utenze da servire:

- Polo scolastico esistente con generatori di calore tradizionali a gas metano, da riqualificare; il contesto esistente presenta impianti misti a bassa ed alta temperatura.
- Ampliamento edificio scuola media;
- Nuovo centro sportivo polifunzionale con utenze a bassa temperatura; (iter autorizzativi ante D.Lgs 28/11)

denominazione intervento	Potenza termica installata kW	Energia termica consumata kWh
Scuole Medie	244	198.708
Palestra scuola media		91.057
Mensa	79	37.823
Scuola Elementare	220	275.092
Ampliamento scuole medie	167	198.354
Zona 1 - Hall, uffici, ristorante, bar	121,2	851.995
Zona 2 - Bocciodromo	121,2	
Zona 3 - Palestra	231,6	
Zona 4 - Spogliatoi calcio	138,6	
Zona 5 - solo Spogliatoi tennis	74,3	
Zona 6 - Biblioteca e Auditorium	137,0	
Totale	1.534	1.653.029
riqualifica centrale esistente		
nuova centrale di produzione		

Tipologia di impianti da servire

- impianti edifici scolastici esistenti: 45 °C radiante a pavimento / soffitto
- palestra esistente: 60 °C termostrisce radianti
- mensa esistente: 70 °C termosifoni e ventilconvettori
- impianti ampliamento scuole medie: 45 °C radiante + aria primaria
- impianti edifici nuovo centro sportivo: 45 °C ventilconvettori + aria primaria
- temp. max produzione ACS: 60 °C Boiler tecnici antilegionella

Il bilancio energetico a seguito del confronto impiantistico

		SCENARIO IMPIANTISTICO			
		Situazione di partenza produzione esistente + previsioni nuovi stabili	Riqualifica centrali esistenti con caldaia a condensazione + solare termico 50% ACS + previsioni nuovi stabili	Riqualifica + nuovi impianti con pompa di calore geotermica ad acqua di falda	Riqualifica + nuovi impianti con pompa di calore geotermica + integrazione Fotovoltaico
Edificio - volumetria lorda servita	m ³	46.097			
Edificio - Fabbisogno utile riscaldamento + ACS	kWht	1.335.729			
Edificio - fabbisogno lordo riscaldamento + ACS	kWht	1.653.029	1.631.308	1.504.065	
Energia Elettrica per usi di centrale	kWhe	24.782	24.782	404.790	
Energia Elettrica da Fotovoltaico	kWhe	-	-	-	- 197.800
Energia primaria	kWht	1.706.904	1.385.182	879.978	449.978
Coefficiente utilizzo energia	%	79,7	80,7	157,9	308,8

Il bilancio energetico è volto ad analizzare la capacità di sfruttare energeticamente il “combustibile” introdotto nel sistema. La migliore efficienza conseguita con le pompe di calore evidenzia l’alto contributo energetico estratto dalla fonte geotermica e “pompato” nel circuito di riscaldamento.

Il parametro adottato per valutare l’efficienza energetica degli impianti analizzati è rappresentato dal rendimento di primo principio (coeff. utilizzo energia) riguardante il rapporto tra la somma delle energie (elettrica e termica) rese all’utenza e l’energia fornita dal combustibile.

BILANCIO ENERGETICO DI PRIMO PRINCIPIO
 Schema esemplificativo
CONSUMI CON IMPIANTI TERMICI ALIMENTATI CON
POMPA DI CALORE

EDIFICI DA SERVIRE
 Fabbisogno termico utile 1.335.729 kWh
 Riscaldamento + ACS

Fabbisogno termico lordo	1.504.065 kWh
Contributo solare termico	0 kWh
Energia termica fornita da PdC	1.504.065 kWh
E.E. per PdC	350.775 kWh



Distribuzione fluido geotermico "Open Loop"

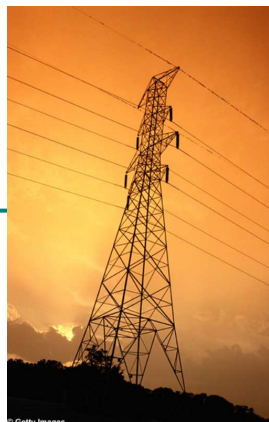
E.Elettrica per anello d'acqua
36.039 kWh

E.Elettrica per CENTRALI TERMICHE
350.775 + 17.975 kWh

Rete distribuzione Energia Elettrica

Energia equiv. introdotta
879.978 kWh

perdite
475.188 kWh



Produzione ENERGIA ELETTRICA con centrale termoelettrica nazionale
 Rendimento normalizzato 46%

Energia Elettrica prodotta per la rete Nazionale

E.Elettrica per produzione calore
404.790 kWh

Coefficiente di Utilizzo del Combustibile

$$Cuc = \frac{\text{Energia utilizzata}}{\text{Energia introdotta}}$$

$$Cuc = \frac{1.335.729 + 17.975 + 36.039}{879.978} = 157,9\%$$

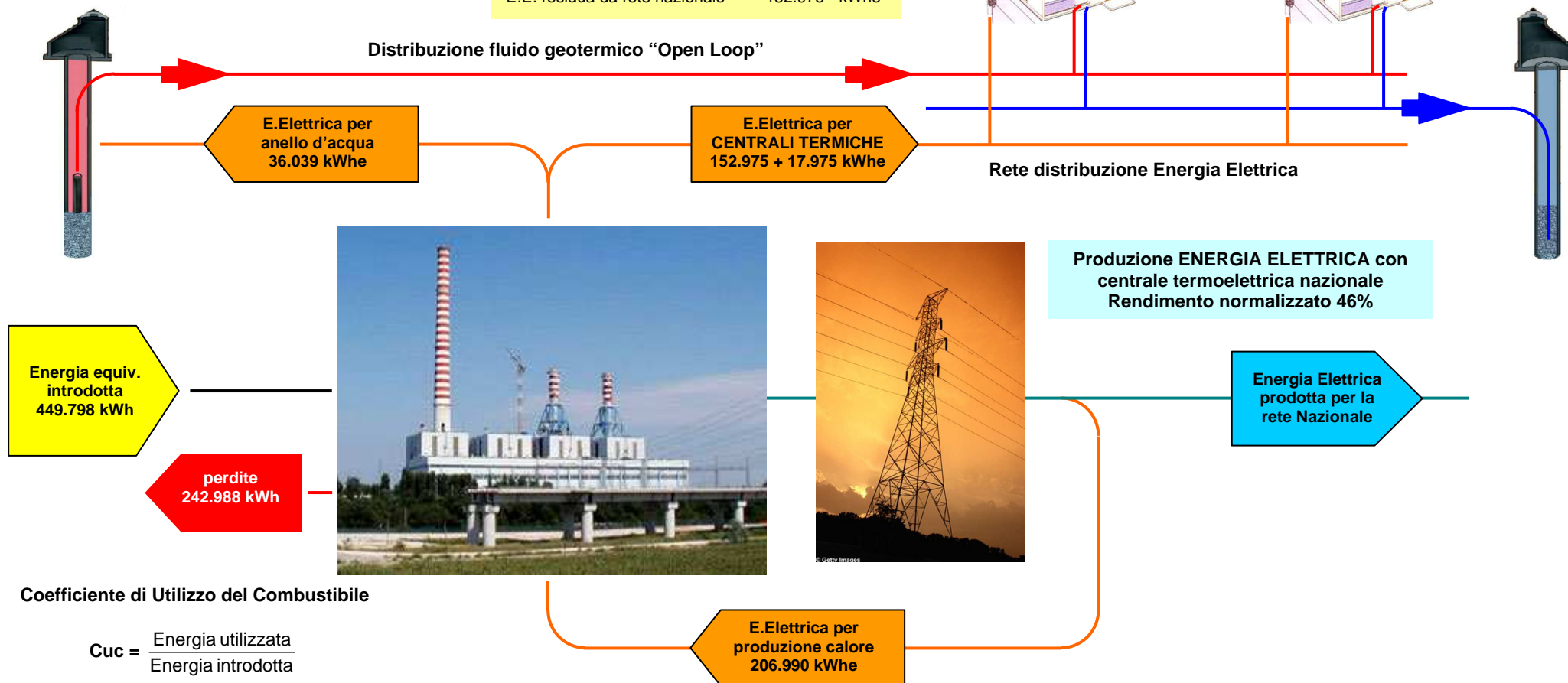
BILANCIO ENERGETICO DI PRIMO PRINCIPIO

Schema esemplificativo

CONSUMI CON IMPIANTI TERMICI ALIMENTATI CON POMPA DI CALORE + FOTOVOLTAICO

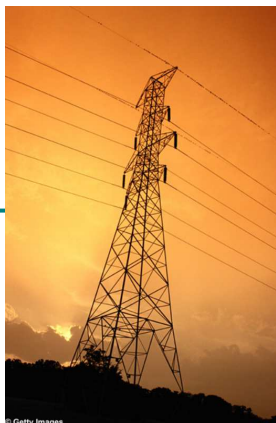
EDIFICI DA SERVIRE
Fabbisogno termico utile 1.335.729 kWh
Riscaldamento + ACS

Fabbisogno termico lordo	1.504.065	kWh
Contributo solare termico	0	kWh
Energia termica fornita da PdC	1.504.065	kWh
E.E. per PdC	350.775	kWh
Produzione E.E. da Fotovoltaico	- 197.800	kWh
E.E. residua da rete nazionale	152.975	kWh



Energia equiv. introdotta
449.798 kWh

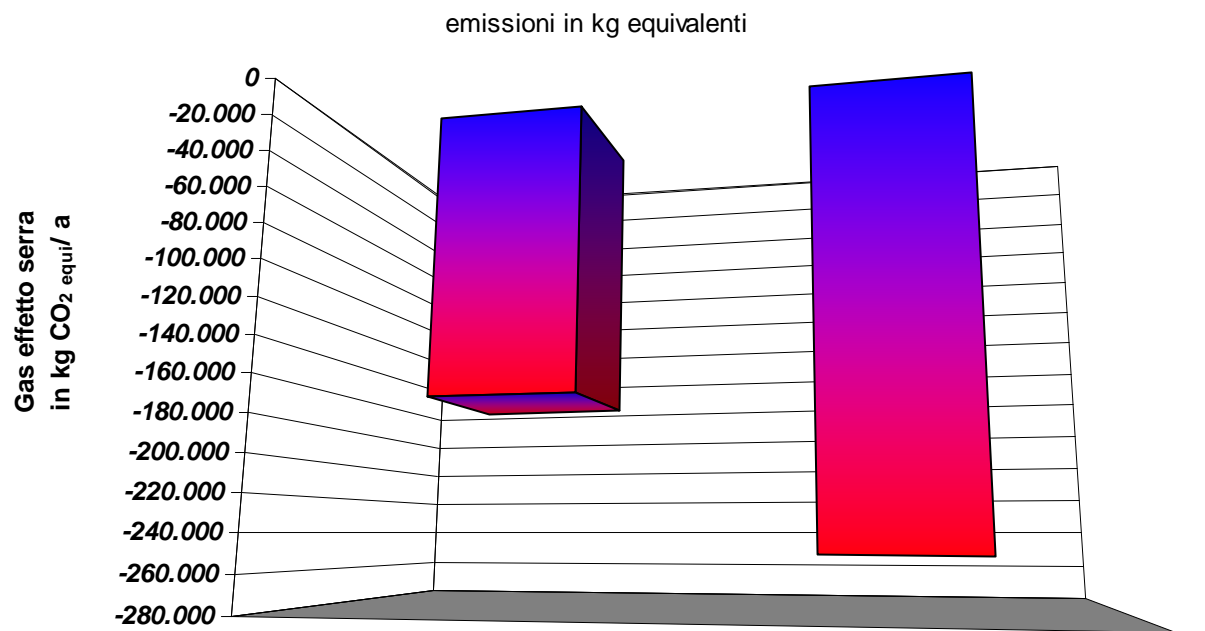
perdite
242.988 kWh



Coefficiente di Utilizzo del Combustibile

$$Cuc = \frac{\text{Energia utilizzata}}{\text{Energia introdotta}}$$

$$Cuc = \frac{1.335.729 + 17.975 + 36.039}{449.798} = 308,8\%$$



RIDUZIONE GAS EFFETTO SERRA

	Pompa di calore senza Fotovoltaico	Pompa di calore con Fotovoltaico
■ emissioni in kg equivalenti	-165.220	-251.134

La riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra (CO₂) è ottenuta ponendo a confronto i consumi energetici, attuali e presunti, relativi alla condizione iniziale rispetto alle ipotesi progettuali riguardanti rispettivamente l'impiego delle pompe di calore funzionanti con l'anello d'acqua, con o senza integrazione da solare fotovoltaico.

Investimento a carico dell'ENTE proprietario

	senza FTV	con FTV
Investimenti - Anello d'acqua in PdC	764.348 €	1.081.692 €
Mancato investimento - C.T. previste per nuovi edifici	-438.048 €	-438.048 €
Investimento residuo	326.300 €	643.644 €
Risparmio energetico annuo conseguibile	44.257 €	97.607 €
Pay Back semplice	7,37 anni	6,59 anni

NOTE: nel calcolo dei costi d'acquisto dei vettori energetici primari è stato tenuto conto di:
 per l'Energia Elettrica: - Quota Fissa in €/anno
 - Quota Potenza in €/kW impegnato al contatore ENEL
 - Quota Energia in €/kWh relativi ai consumi reali di energia elettrica
 per il Gas Metano: - Quota Fissa in €/anno
 - Quota Variabile in €/Smc relativi ai consumi al contatore gas metano
 il tutto è stato riferito al 1° trimestre 2013 nelle Condizioni di Salvaguardia sul territorio di riferimento
 Tutti i valori economici sono IVA esclusa

E' il caso in cui l'Ente ha la disponibilità economica a sostenere direttamente la totalità dell'investimento.

Il tempo di ritorno è relativo alla differenza economica fra l'impiantistica geotermica e l'impiantistica tradizionale, che avrebbe dovuto comunque equipaggiare le nuove costruzioni, in relazione al risparmio energetico conseguibile dai 2 sistemi.

Ipotesi di project financing con soggetto concessionario

	senza FTV	con FV
Investimenti - Anello d'acqua in PdC	764.348 €	1.081.692 €
Energia Termica fatturabile all'utenza	1.504.065 kWh	1.504.065 kWh
Energia Elettrica prelevabile dalla rete nazionale	404.790 kWh	206.990 kWh
Tempo di rientro dell'investimento da B.P.	12,00 anni	13,00 anni

NOTE: nel B.P. si è tenuto conto di:
 🚧 Convenzione servizio energia 20 anni
 🚧 Copertura fotovoltaica totale 198 kWp
 🚧 Non sono considerati ricavi derivanti da tariffe incentivanti per il FV
 🚧 Non sono considerati i possibili costi e ricavi derivanti dalla vendita di energia Frigorifera per l'uso condizionamento estivo e dalla distribuzione idronica per usi accessori di utenze non potabili.
 Tutti i valori economici sono IVA esclusa

E' il caso in cui l'Ente NON ha la disponibilità economica a sostenere direttamente l'investimento.

In questo caso il concessionario potrebbe farsi carico, parzialmente o totalmente, dell'investimento.

La remunerazione di quest'ultimo può essere ricercata nel risparmio energetico generato rispetto la precedente gestione e nell'applicazione di un fisso €/kW_{installati}, da riconoscere annualmente nei costi gestionali.

Abbiamo visto come il Teleriscaldamento Freddo possa essere suddiviso in 3 fasi:

- ▶ una di **Prelievo** della risorsa con stoccaggio intelligente della stessa;
- ▶ una di **Trasferimento** della risorsa al contesto da servire;
- ▶ una di **Sfruttamento** della risorsa con l'impiego di pompe di calore;

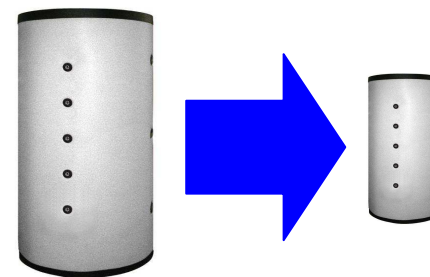
Nella fase “**Sfruttamento**”, un ruolo importante di ottimizzazione degli usi finali dell'energia può essere svolto dal volano termico.

L'accumulo termico – l'attuale ruolo

- ▶ **produrre l'acqua calda sanitaria**, consumabile all'interno di uno specifico arco temporale, riducendo la potenza termica impegnata;
- ▶ **ottimizzare il funzionamento** delle piccole pompe di calore gestite in modalità ON/OFF, riducendo i cicli di accensione e spegnimento giornalieri;
- ▶ **accumulare una piccola riserva di energia** necessaria al tamponamento dei tempi “morti” legati alla logica funzionale delle pompe di calore;
- ▶ **separare la generazione del calore** dalla variabilità dell'utilizzo, anche in presenza di pompe di calore “modulanti”, qualora la capacità minima di modulazione risulti superiore alla richiesta termica dell'edificio (funzionamento ai carichi parziali);

L'accumulo termico – il ruolo futuro?

- ▶ **evitare il dimensionamento** della generazione in funzione delle sole condizioni calcolate di picco invernale;
- ▶ **ridurre gli spazi impiantistici** necessari all'installazione dell'accumulo termico, per consentire il riutilizzo dei locali esistenti adibiti a centrale termica;
- ▶ **differire nel tempo** la produzione di energia termica rispetto l'utilizzo, per:
 - prelevare l'energia elettrica necessaria al funzionamento della PdC in fasce orarie economicamente più vantaggiose per l'utente finale;
 - contribuire alla riduzione del picco energetico prelevato dalla rete elettrica nazionale nelle ore di punta;



A parità di energia termica accumulabile, è necessario ridurre drasticamente le dimensioni geometriche degli accumuli inerziali;

sperimentazione e prototipazione di

▶ Serbatoio per la produzione di acqua calda sanitaria	volume serbatoio di servizio	230 litri
	volume stoccaggio ACS	70 litri
	temperatura di lavoro	48 °C
	equivalenza con stoccaggio std	800 litri
▶ Volano inerziale per centrale termica	volume serbatoio di servizio	1.500 litri
	potenza termica richiesta	70,4 kWth
	temperatura di lavoro	37 °C
	equivalenza con stoccaggio std	7.500 litri

La riduzione del volume di stoccaggio, a parità di energia termica accumulata, passa attraverso l'impiego di una miscela eutettica costituita da materiali a cambio di fase, più conosciuti con l'acronimo di PCM (Phase Changing Materials).

A differenza degli accumuli tradizionali ad acqua, stoccanti esclusivamente energia sensibile (trasferimento di energia per l'incremento della sola temperatura del materiale stoccato), l'accumulo eutettico è in grado di stoccare anche l'energia latente di fusione necessaria al cambiamento di stato del PCM, o della miscela di PCM.

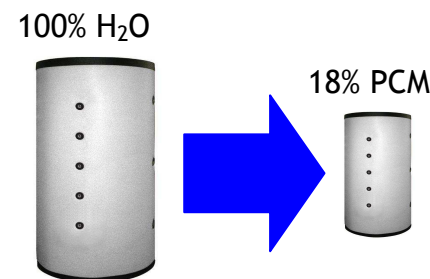
Ad esempio, per il volano termico...

La miscela eutettica, scelta per la realizzazione del volano inerziale, è costituita da un mix stabilizzato di paraffina alimentare modificata, grafite e sali idrati, caratterizzata da una temperatura di fusione di circa 35...36°C

Il risultato atteso

Ottenere un prodotto semplice, accessibile a tutti e poco costoso. Nel caso del volano termico, ad esempio, il risultato atteso al termine della sperimentazione dovrebbe confermare le seguenti aspettative:

- ▶ riduzione di 1/4 della potenza termica installata, da 70 kWth a 54 kWth (2 PdC da 27,2 kWth resi);
- ▶ Accumulo ridotto di circa 5 volte rispetto un paritetico accumulo termico caricato con acqua tecnica;



il Teleriscaldamento "Freddo"



COGEME SPA - Via XXV Aprile, 18 - 25038 Rovato (BS)

www.cogeme.net