

Pompe di calore geotermiche a ciclo chiuso: perché e dove conviene

Riccardo Caputo



Regione Emilia Romagna

EMILIA ROMAGNA
anci

GRANDI EDIFICI E POMPE DI CALORE: SI PUÒ FARE?
LE OPZIONI A DISPOSIZIONE, SOLUZIONI IBRIDE
E FOCUS SULLA GEOTERMIA

CLUST-ER
GREENTECH
ENERGIA E SOSTENIBILITÀ

con il patrocinio di
Comune di Bologna

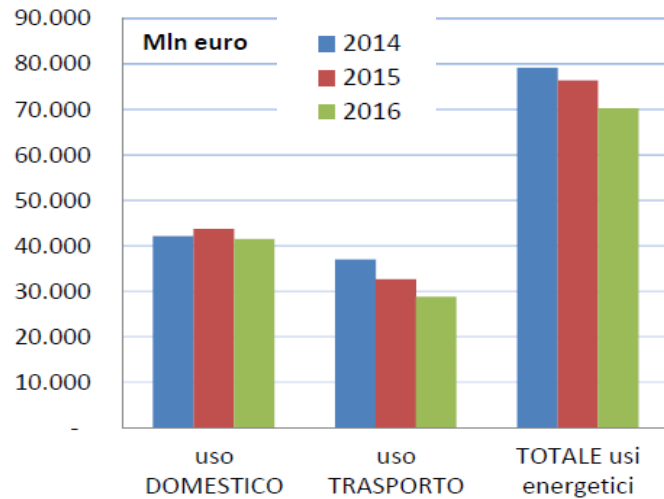
CLUST-ER
BUILD
EDILIZIA E COSTRUZIONI

BOLOGNA
LUNEDÌ 20 OTTOBRE 2025 ORE 15.00 – 18.00
AUDITORIUM ENZO BIAGI | SALABORSA | PIAZZA DEL NETTUNO 3

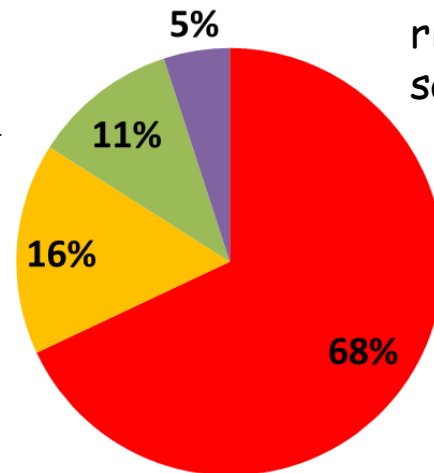
New Energies And environment - NEA s.r.l.

Spin-off Company of Ferrara University, Dept. of Physics and Earth Sciences, via Saragat, 1 – 44122 Ferrara

info@nea-tem.com - www.nea-team.com



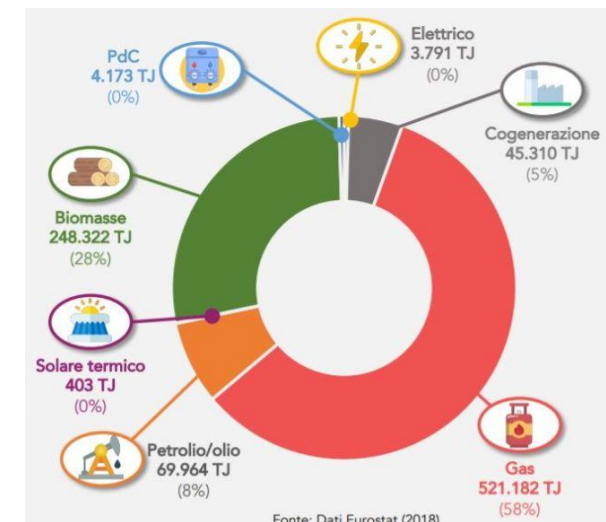
1. in Italia ogni anno vengono spesi circa 95 miliardi di euro per uso domestico (AgCoesione, 2023)



2. di questi ca. 85% per riscaldamento e acqua calda sanitaria (ISPRA, 2025)

- riscaldamento
- acqua calda sanitaria
- elettrodomestici e illuminazione
- per usi cucina

3. e il 66% degli impianti di riscaldamento utilizza ancora risorse fossili (Eurostat, 2022)



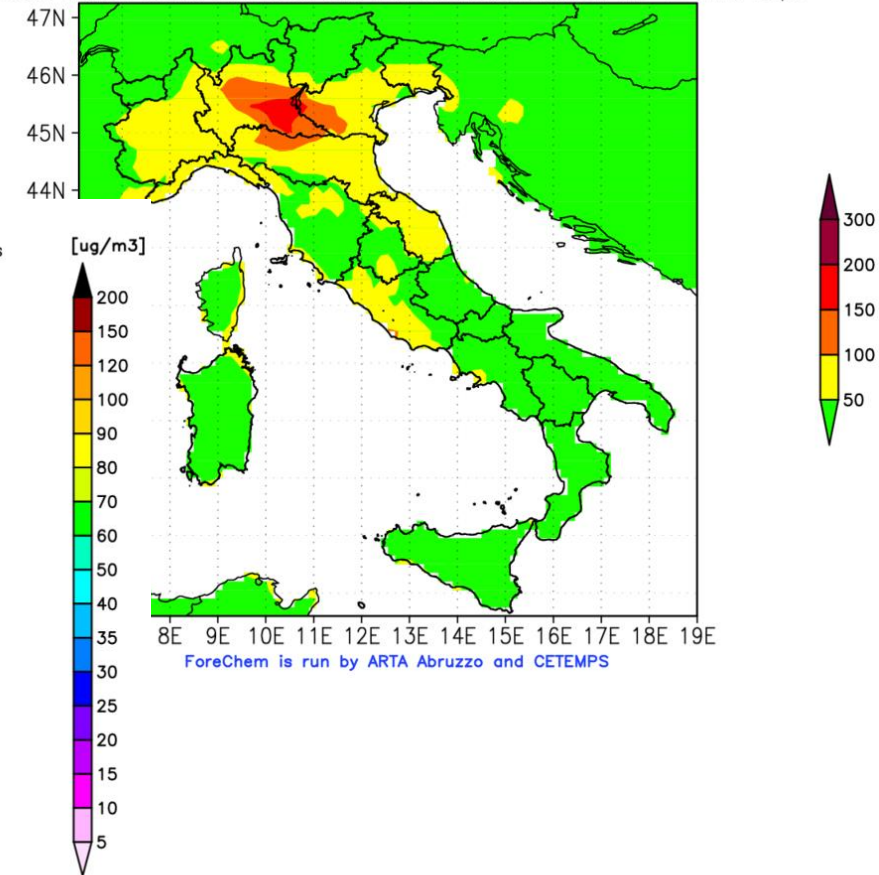
emissioni in atmosfera nei centri urbani ...



... conseguenze a livello regionale ...

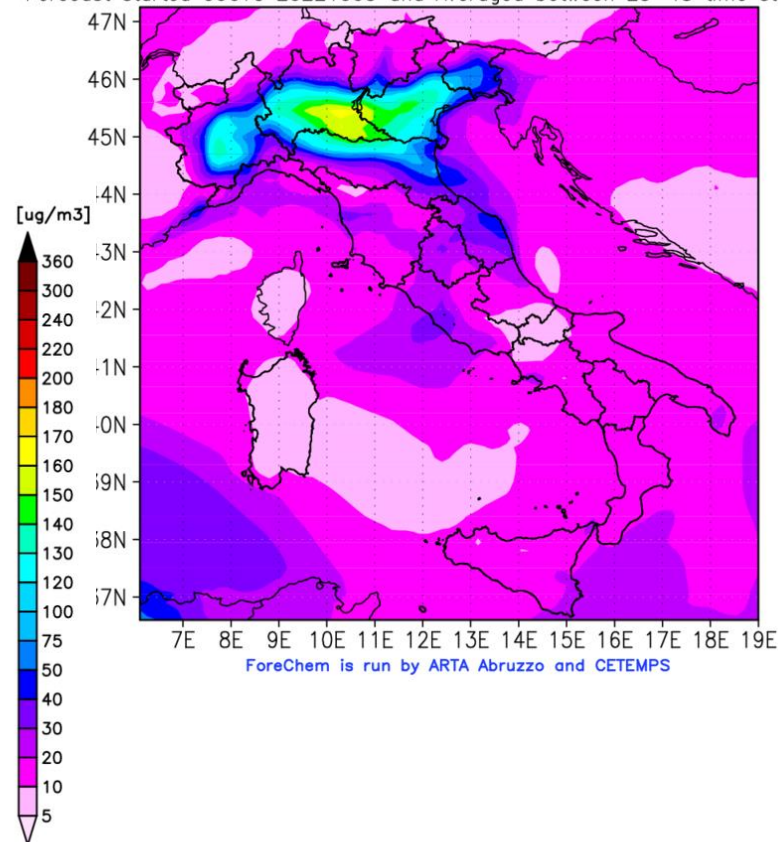
Air Quality Index – Thu 06 Oct 2022

Forecast started 00UTC 20221005 and AQI calculated between 25–48 time steps



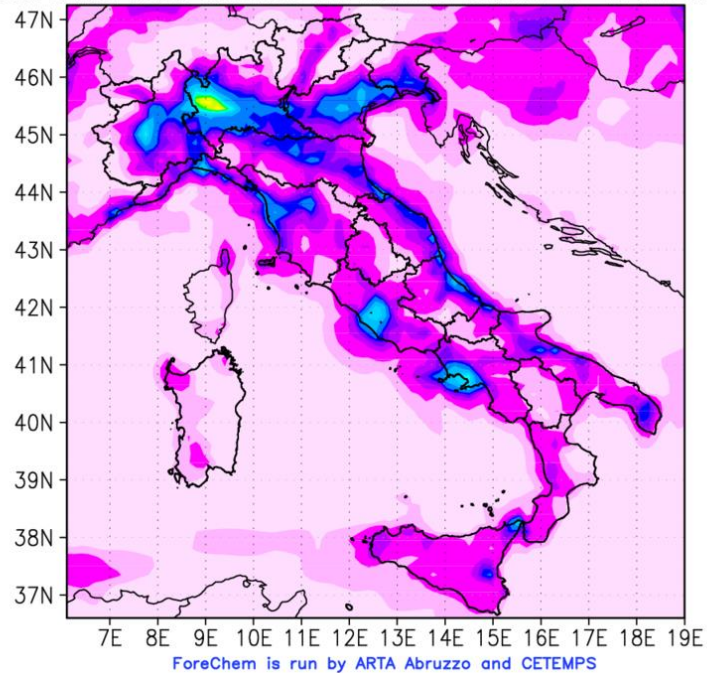
PM10 daily mean – Thu 06 Oct 2022

Forecast started 00UTC 20221005 and Averaged between 25–48 time steps

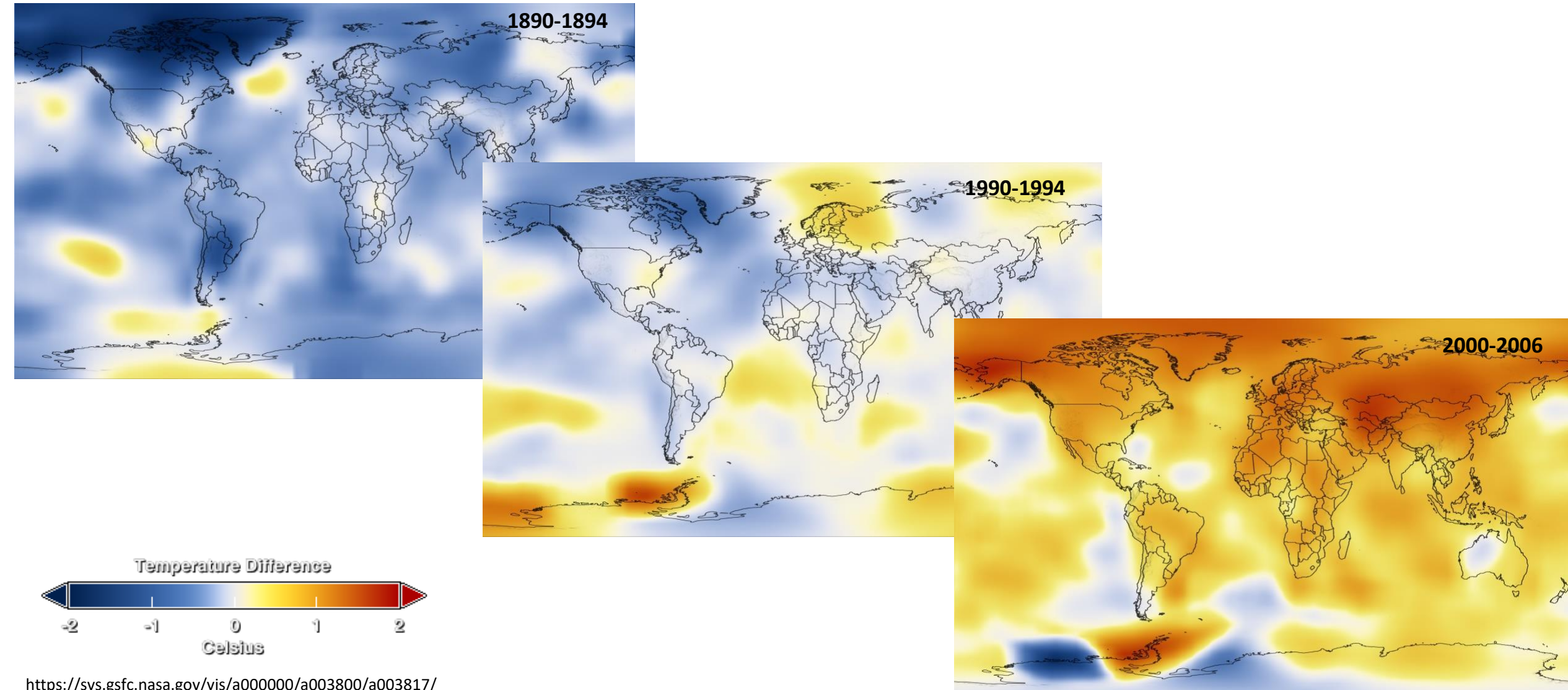


NO2 daily max-1h – Thu 06 Oct 2022

Forecast started 00UTC 20221005 and Maximum between 25–48 time steps



... conseguenze a livello globale ...



... 'raddoppio' del problema ...



... pompe di calore come soluzione???



sistemi a pompa di calore

impianto primario



aria, acqua, suolo

pompa di calore

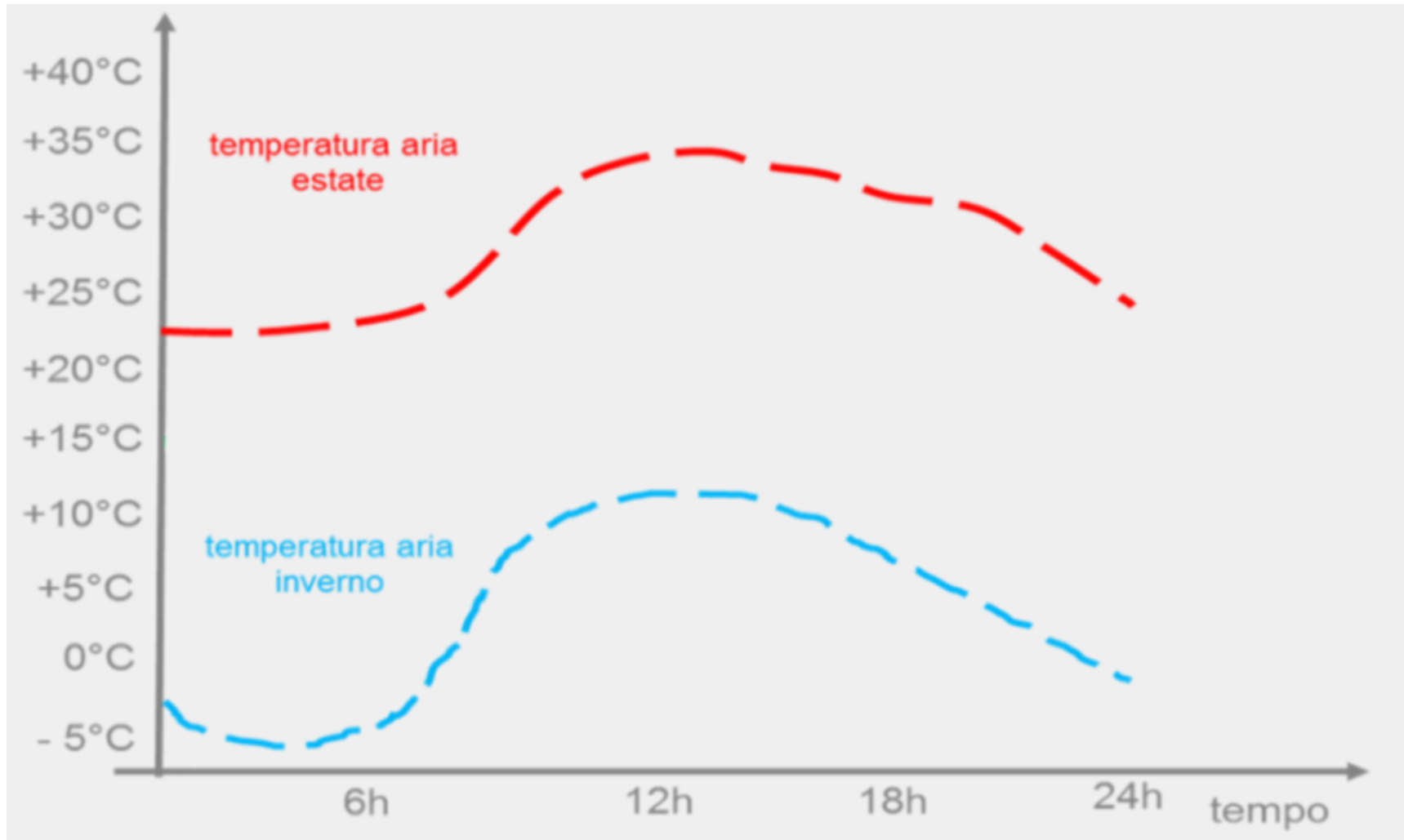


impianto secondario

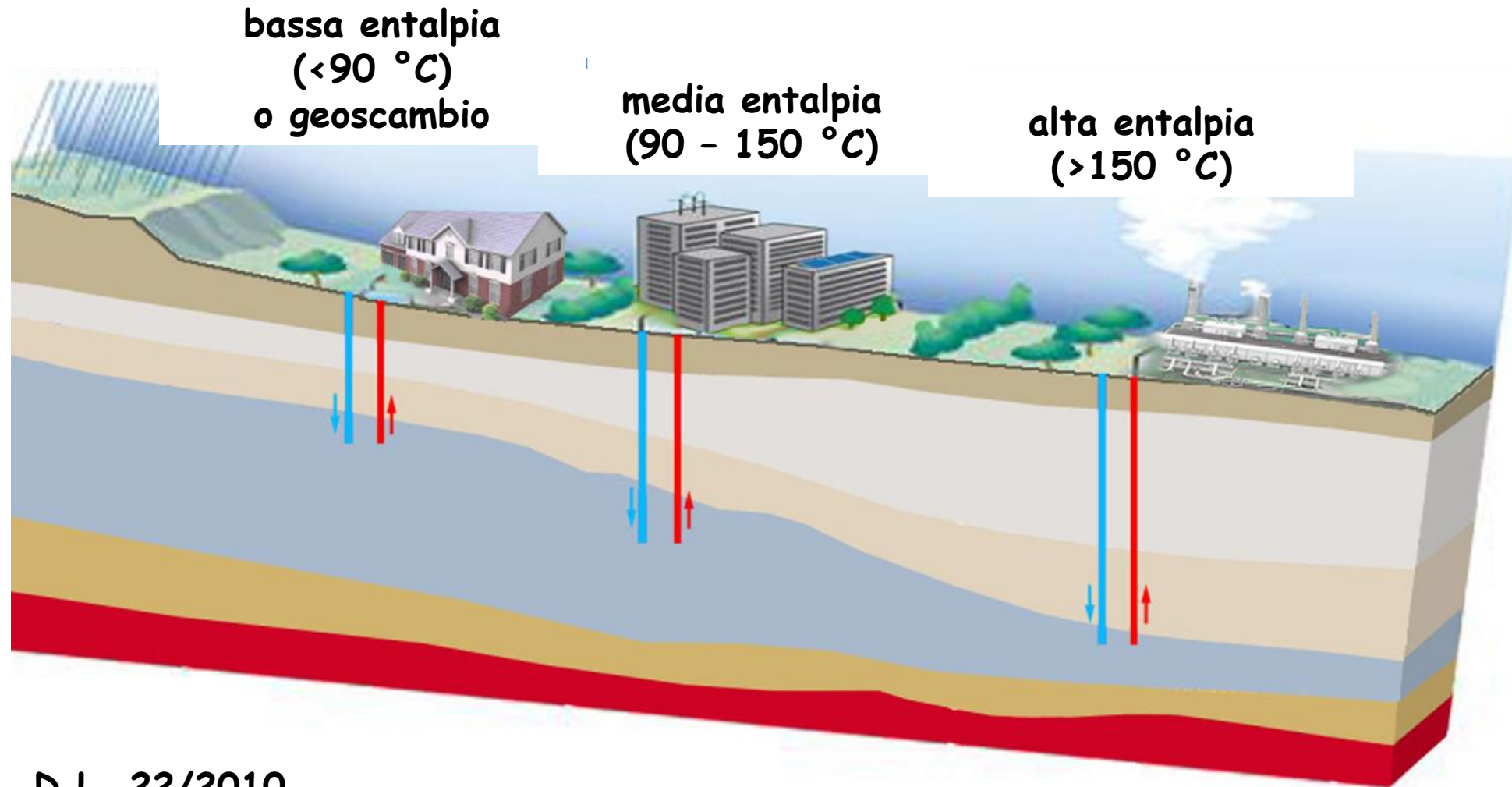


corpi radianti, diffusori

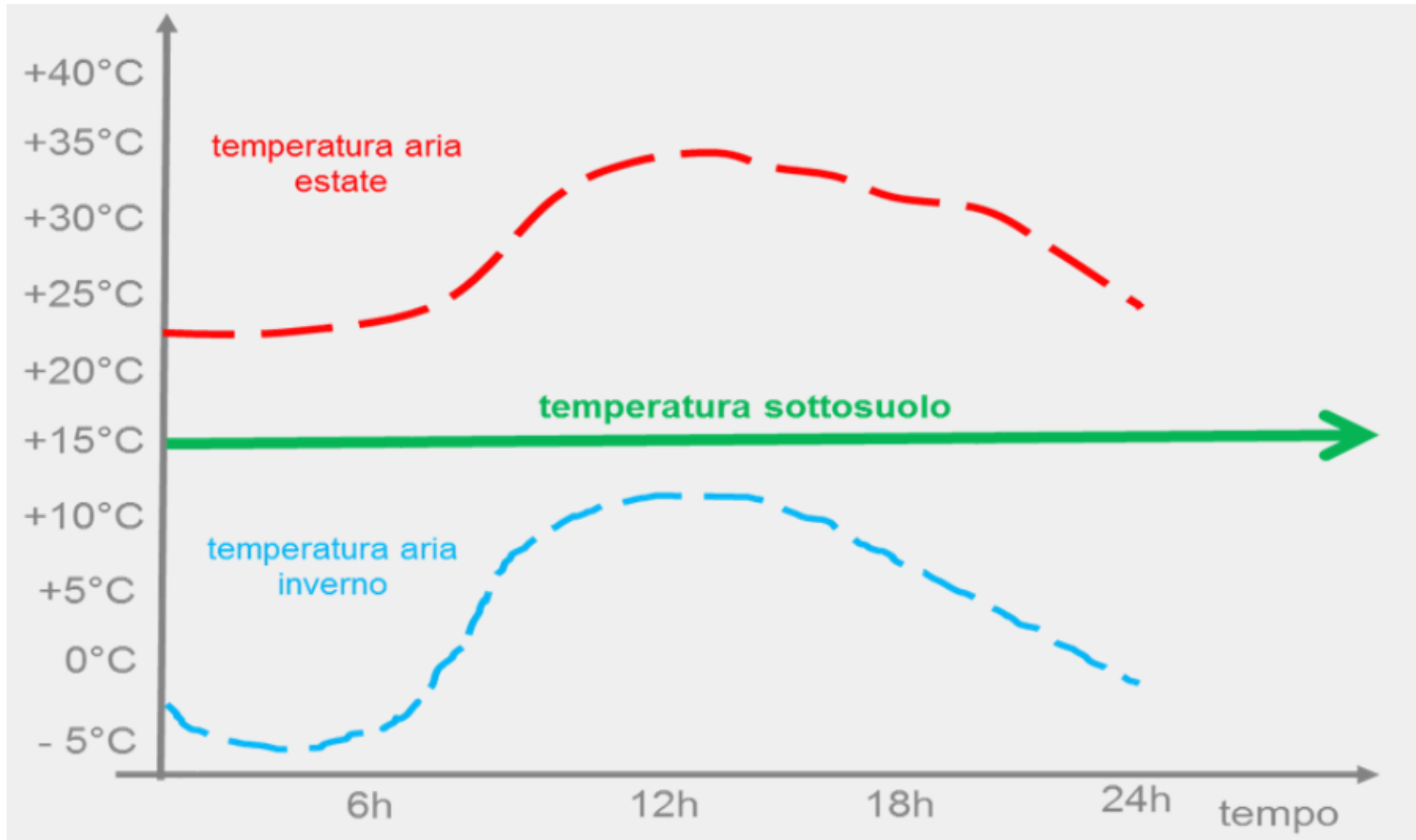
scambio termico con atmosfera poco efficiente



geotermia come possibile alternativa



geoscambio: stabilità termica => maggiore efficienza



geoscambio: stabilità termica

geoscambio: estate e inverno



sistemi a pompa di calore

impianto primario

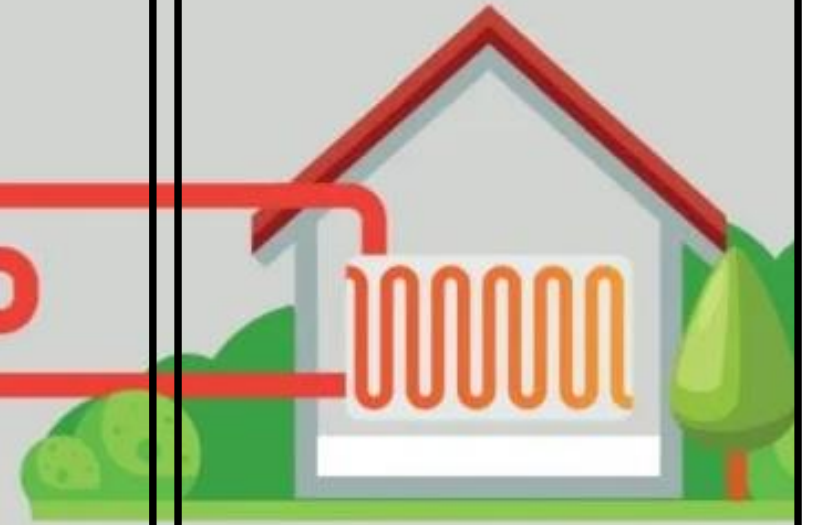


aria, acqua, suolo

pompa di calore

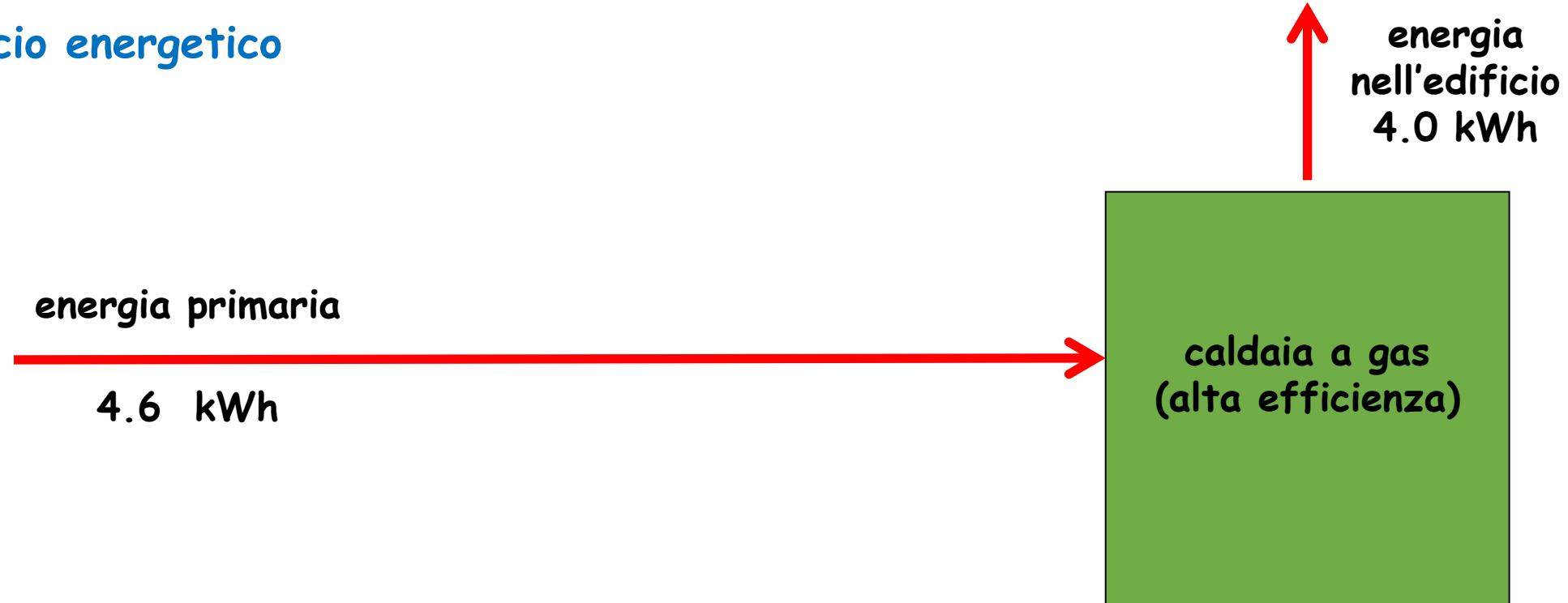


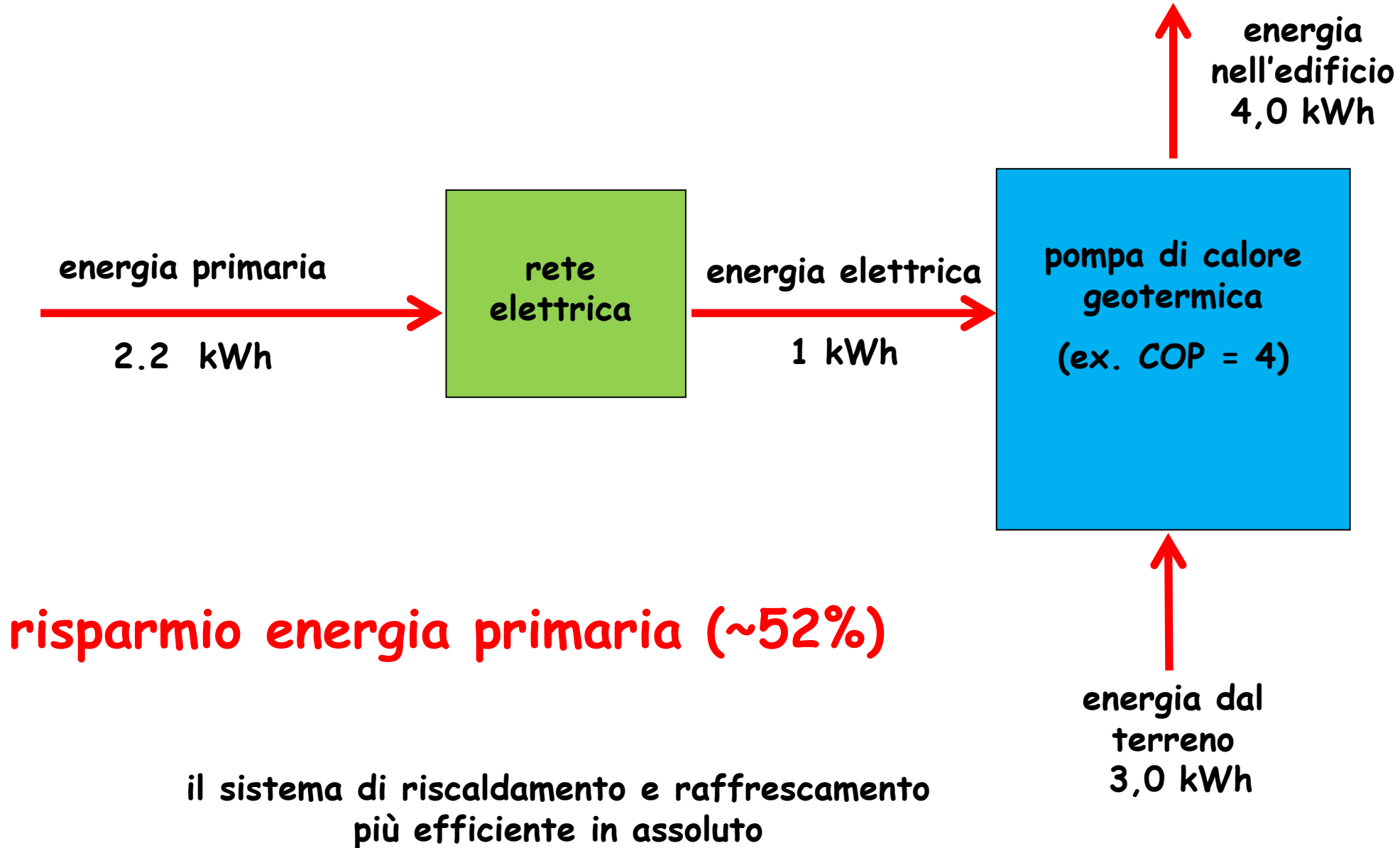
impianto secondario



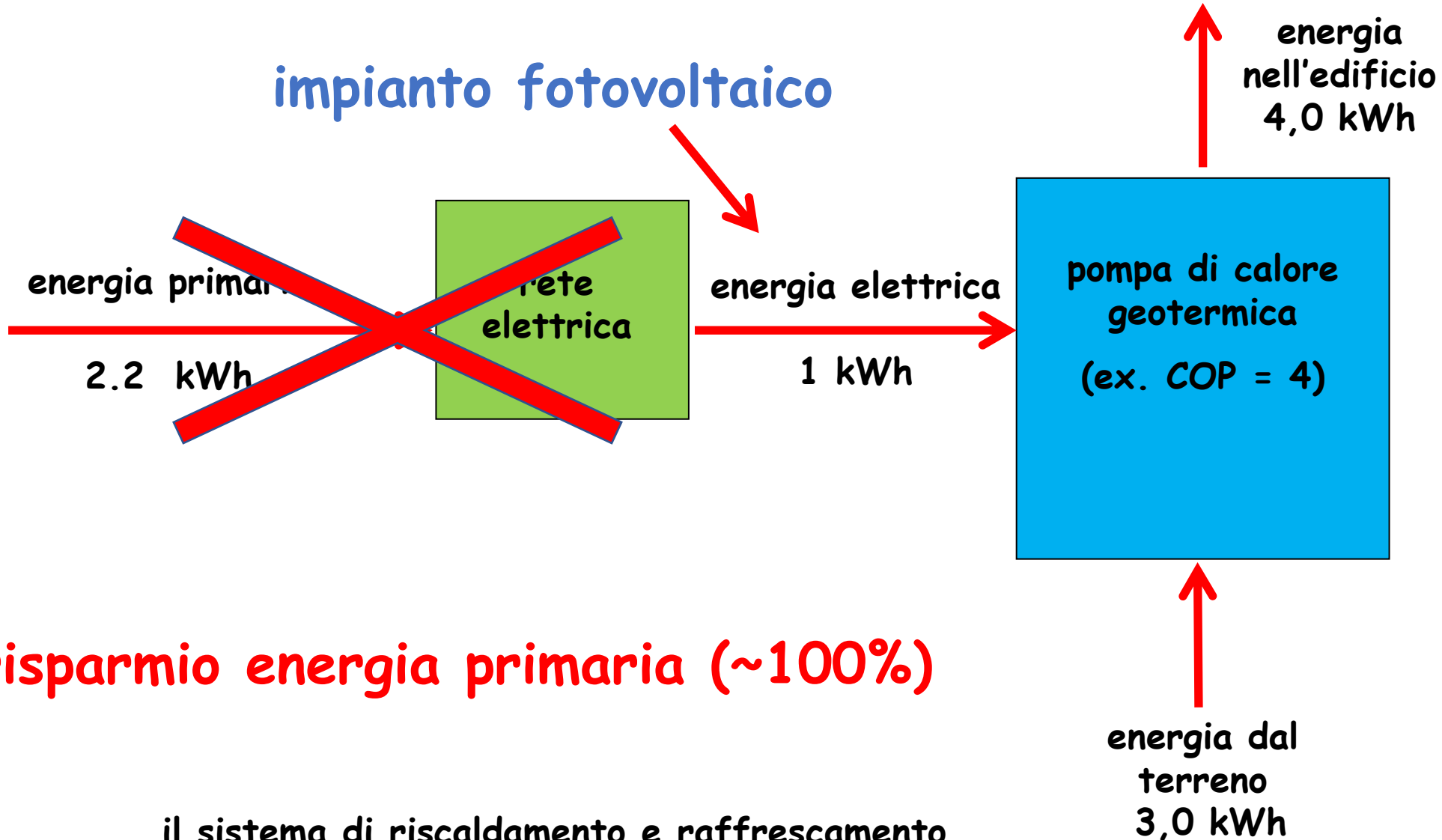
corpi radianti, diffusori

bilancio energetico



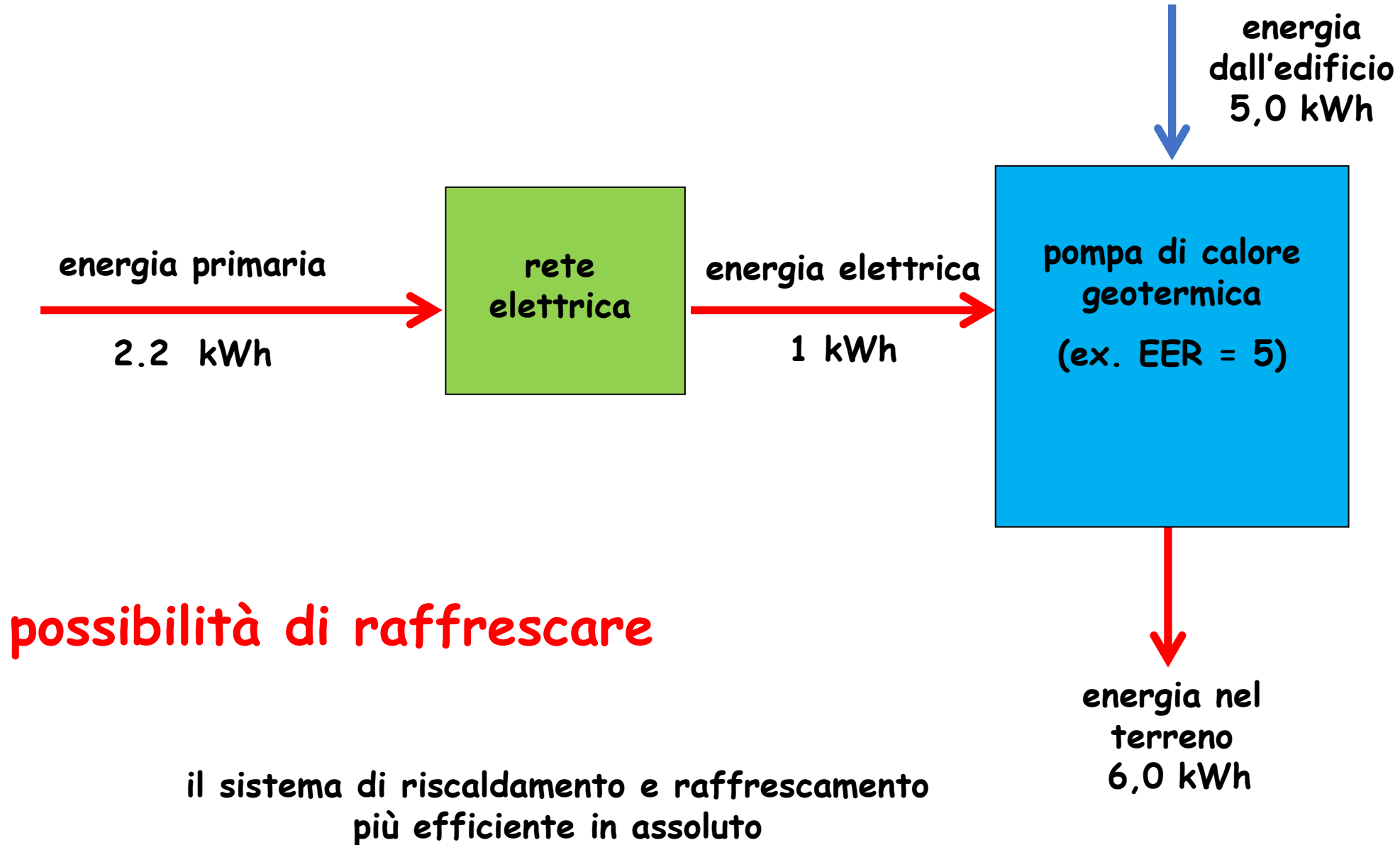


impianto fotovoltaico

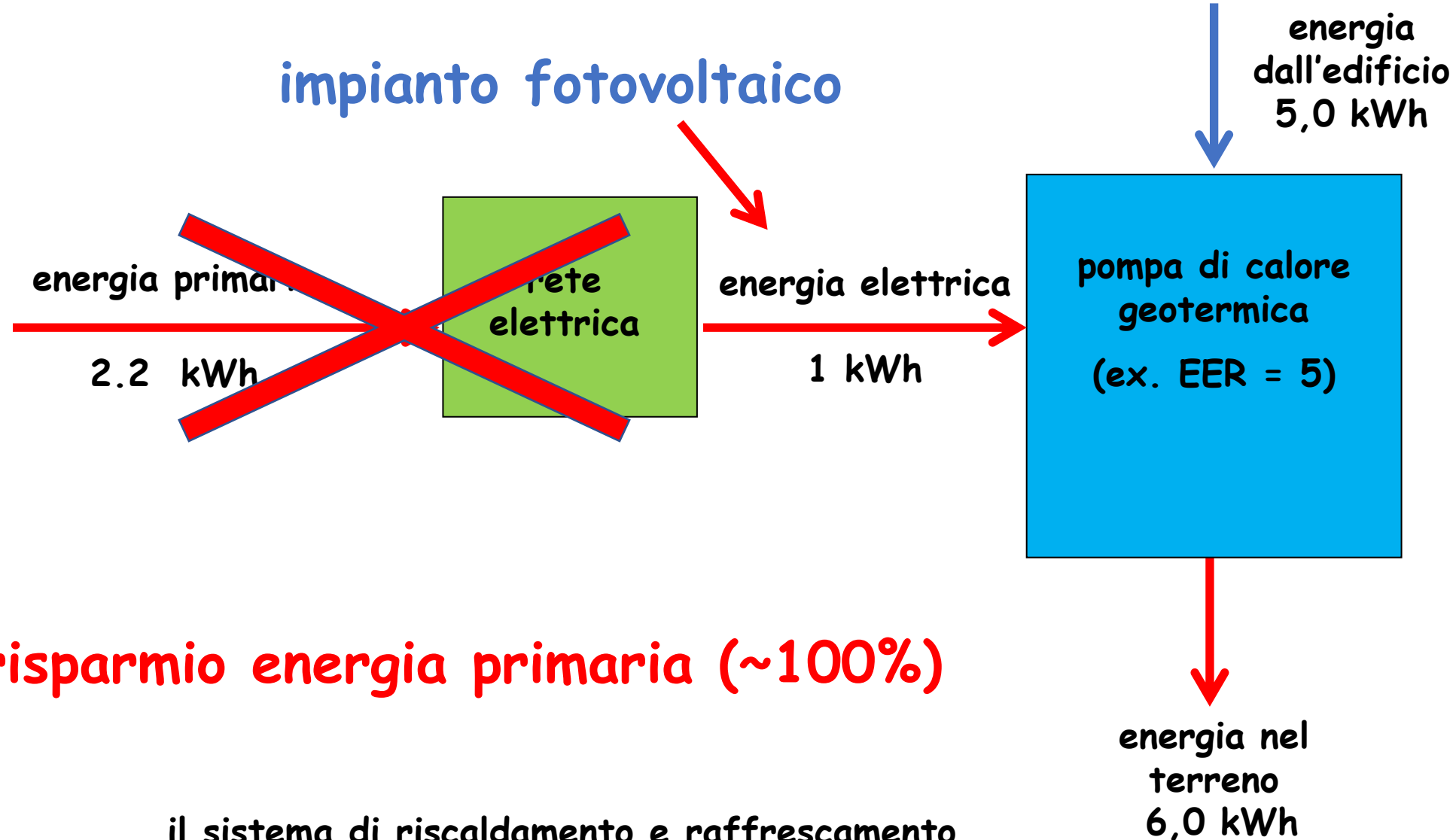


risparmio energia primaria (~100%)

il sistema di riscaldamento e raffrescamento
più efficiente in assoluto



impianto fotovoltaico



risparmio energia primaria (~100%)

il sistema di riscaldamento e raffrescamento
più efficiente in assoluto

impianti a circuito aperto (open loop)

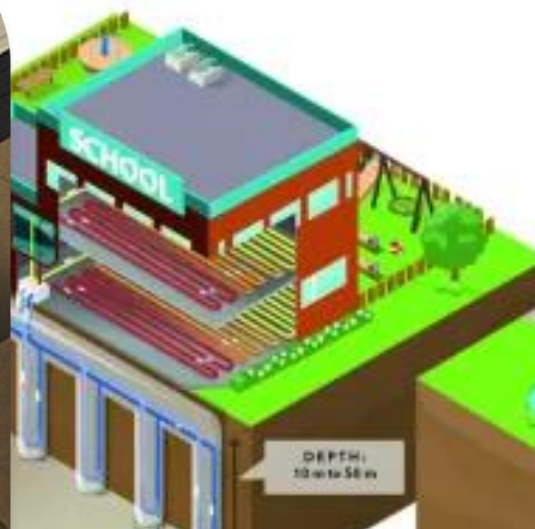
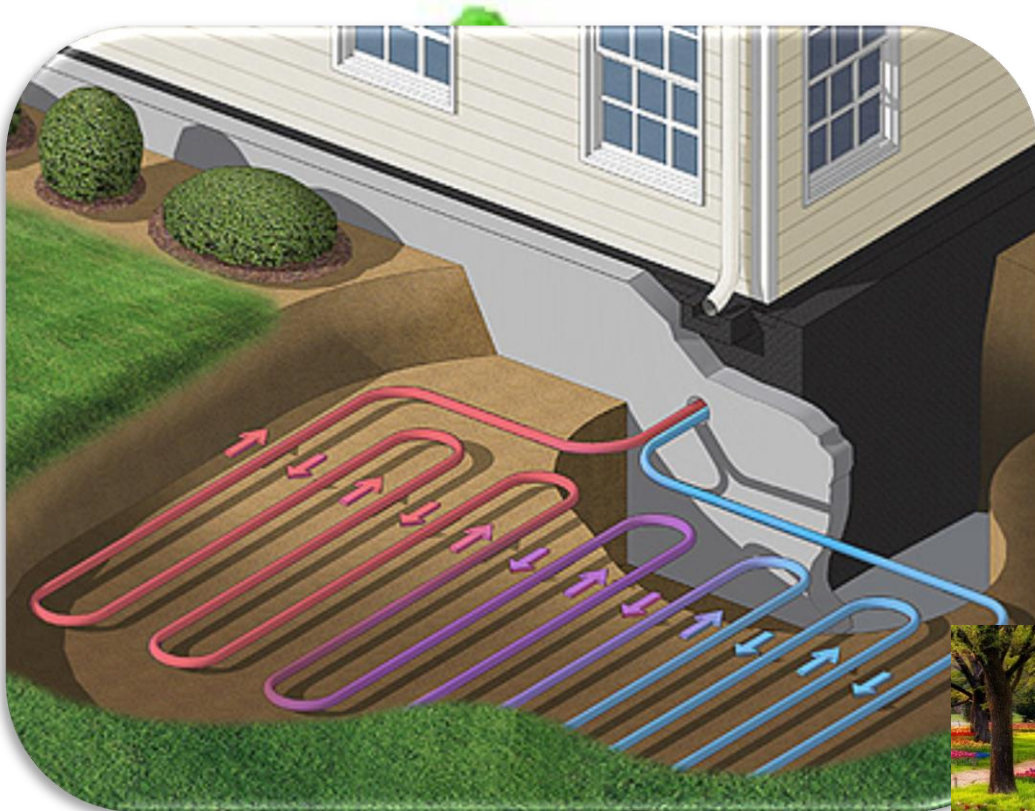


impianti a circuito chiuso (closed loop)

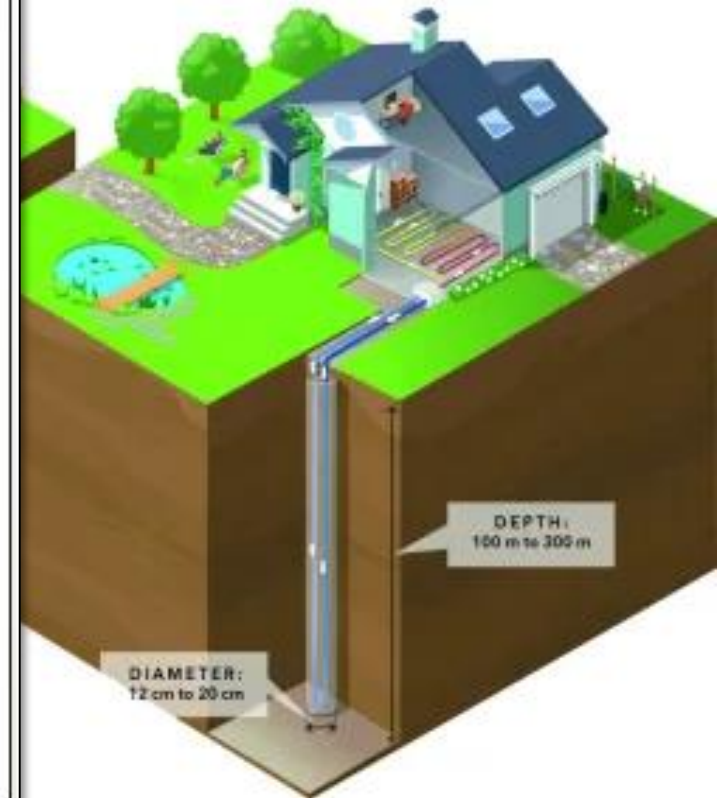
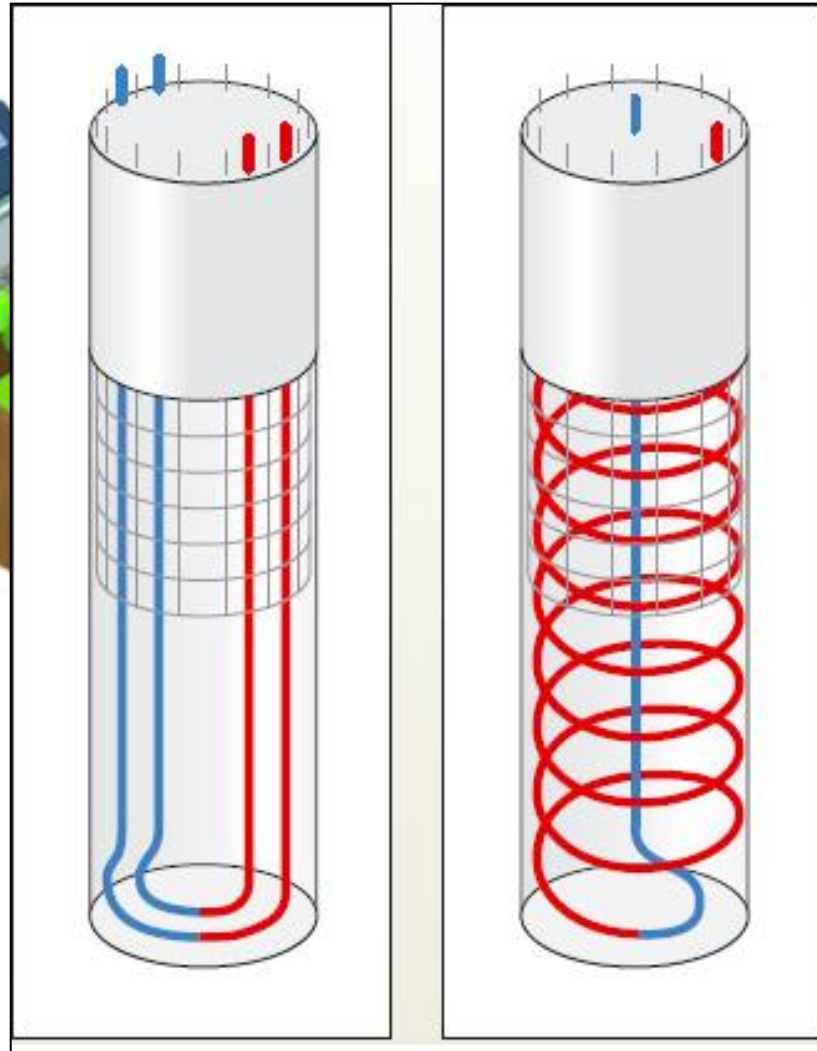


diversi contesti ... e soluzioni

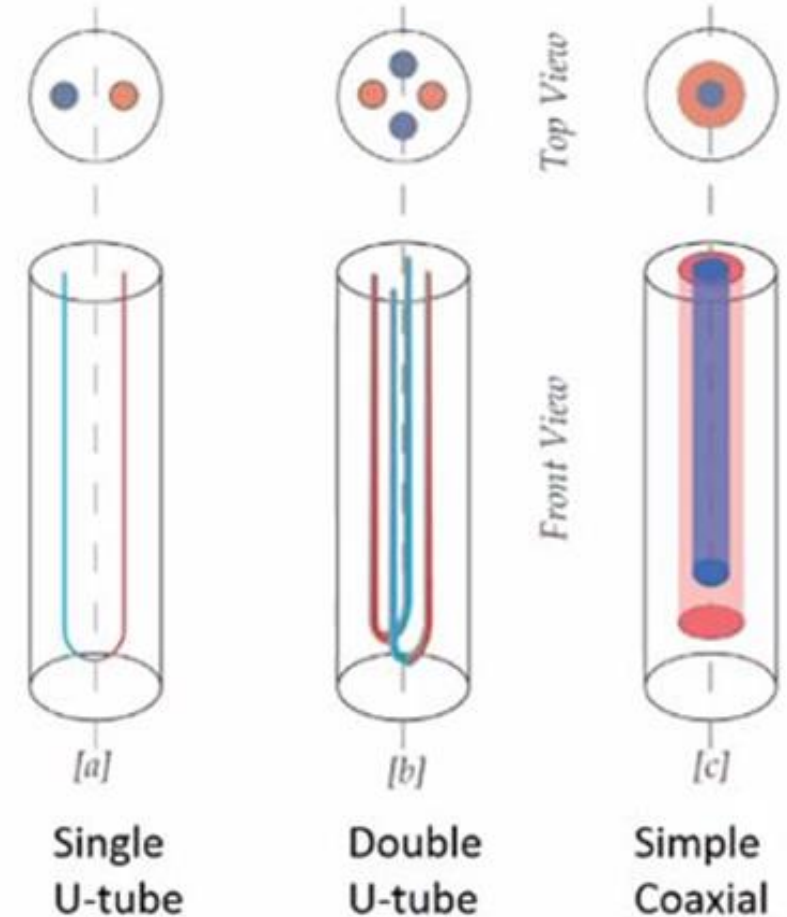
impianti a circuito chiuso (closed loop): sonde orizzontali



impianti a circuito chiuso (closed loop): pali energetici



impianti a circuito chiuso (closed loop): sonde geotermiche verticali





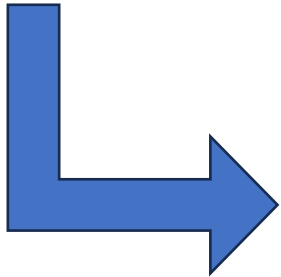
le caratteristiche della **sorgente**
costituiscono **la parte invariante**

la progettazione termotecnica e
architettónica si deve adeguare ad
esse

parametri per il corretto dimensionamento degli impianti

impianto primario

1. matrice solida
2. umidità
3. porosità
4. densità
5. gradiente termico
6. conduttività termica
7. capacità termica
8. eventuale Presenza di Falde
9. velocità, piezometrica, variazioni falda
10. materiale di cementazione foro
11. fluido termovettore
12. temperatura del terreno indisturbato



- tipologia delle sonde
- geometria del campo sonde
- resa unitaria della sonda
- potenza termica complessiva della sonda

impianto secondario

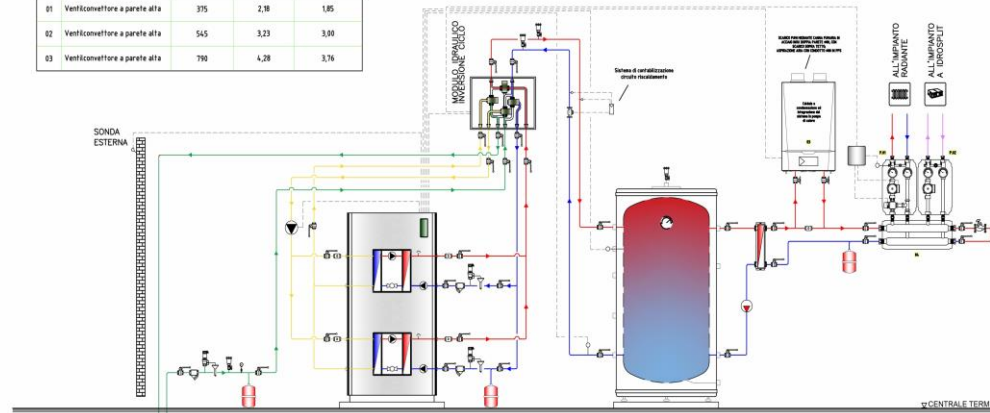
1. temperature di lavoro dell'evaporatore/condensatore della PdC
2. fabbisogno termico dell'edificio
3. eventuale fabbisogno frigorifero
4. potenze di picco in condizioni di progetto
5. curve di carico termico e frigorifero
6. ore di funzionamento degli impianti
7. fabbisogno termico relativo alla produzione di acqua calda sanitaria
8. eventuale presenza di integrazioni dell'impianto geotermico (pannelli solari, termocamini).



parametri per il corretto dimensionamento degli impianti

Schema di centrale termica

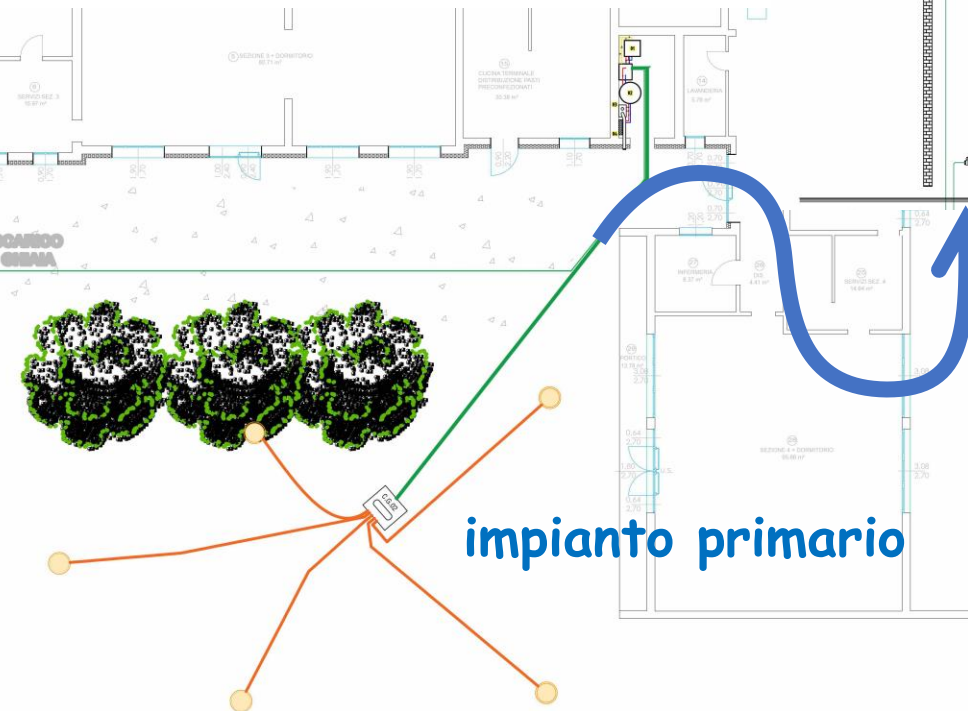
CARATTERISTICHE VENTILCONVETTORI			
Cod.	Tipologia apparecchiatura	Capacità massima (m ³ /h)	Potenza max. riscaldamento (kW)
01	Ventilconvettore a parete alta	375	2,18
02	Ventilconvettore a parete alta	545	3,23
03	Ventilconvettore a parete alta	790	4,28



centrale termica
(pompa di calore)



impianto secondario



impianto primario

metodi per il dimensionamento degli impianti

Metodi Analitici e a Diagrammi

Basati sulle equazioni di scambio termico illustrate precedentemente permettendo di ricavare valori abbastanza plausibili partendo dalle caratteristiche termofisiche del terreno.

METODO
ASHRAE

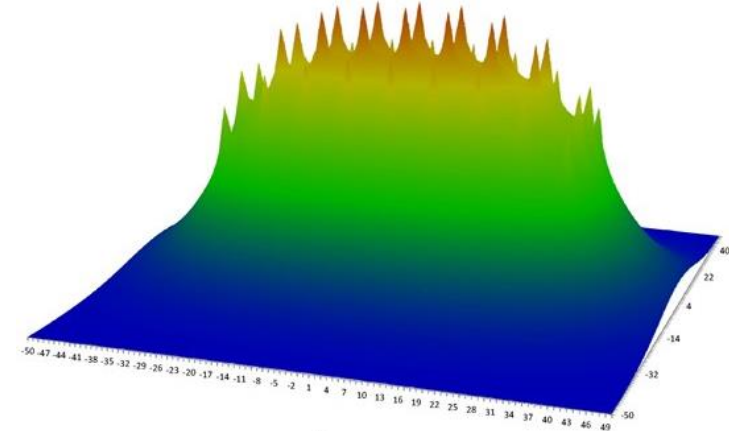
Metodi Numerici

basati su FEM

*Metodi Empirici
Tabellari*Potenza termica inferiore a 20-30 kW

Si cita la norma tedesca ([VDI 4640](#)) e la norma svizzera ([SIA 384/6](#)) che forniscono dati tabellari della Potenza Specifica di estrazione in base al tipo di terreno e alla configurazione delle sonde.

MODELLO DELLA VARIAZIONE DI TEMPERATURA NEL SERBATOIO GEOTERMICO



(D.L. n. 17, 01/03/2022)
(L. conversione n. 34, 27/04/2022)

- sonde geotermiche verticali <80 m
- sonde geotermiche orizzontali <2 m
- edifici esistenti



attività in edilizia libera

- sonde geotermiche verticali <170 m
- sonde geotermiche orizzontali <3 m



procedura abitativa semplificata
(PAS, art. 6 D.L. n. 28/2011)

ISPRA

(L. n. 464, 04/08/1984)

- indagini dirette >30 m
- comunicazione inizio indagine
- comunicazione fine indagine

ARPAE-RER

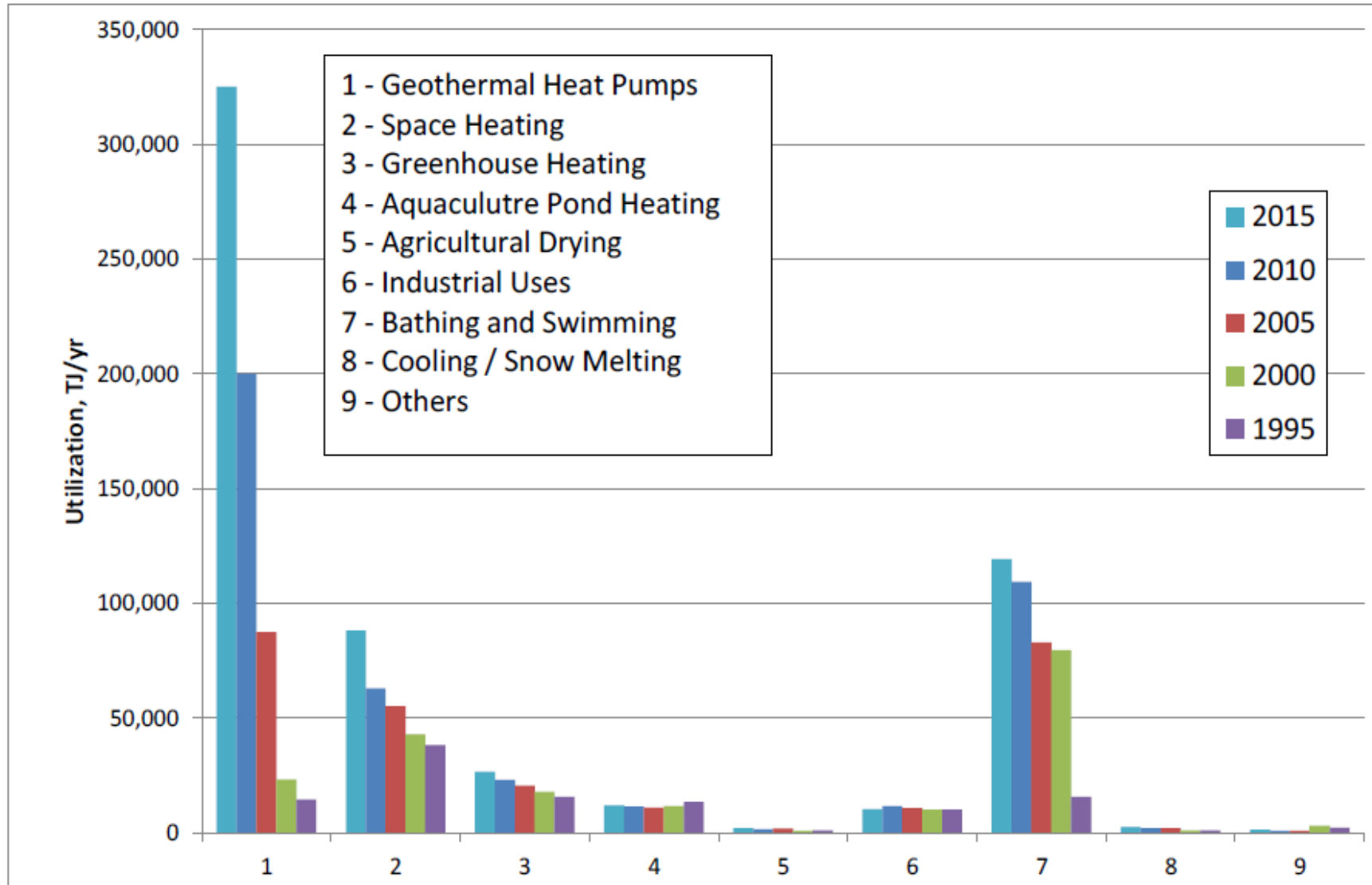
(Regolam. RER n. 41/2001, art. 17)

- comunicazione inizio lavori
- comunicazione fine lavori

CRITER

catasto regionale degli impianti
(Regolam. RER n. 1/2017)

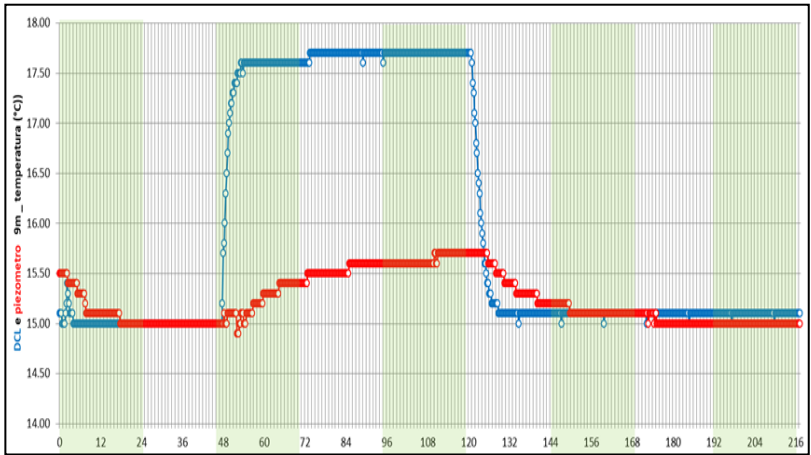
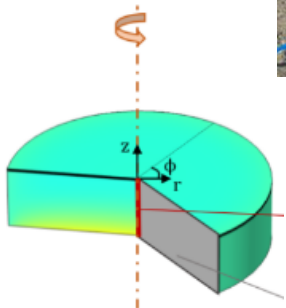
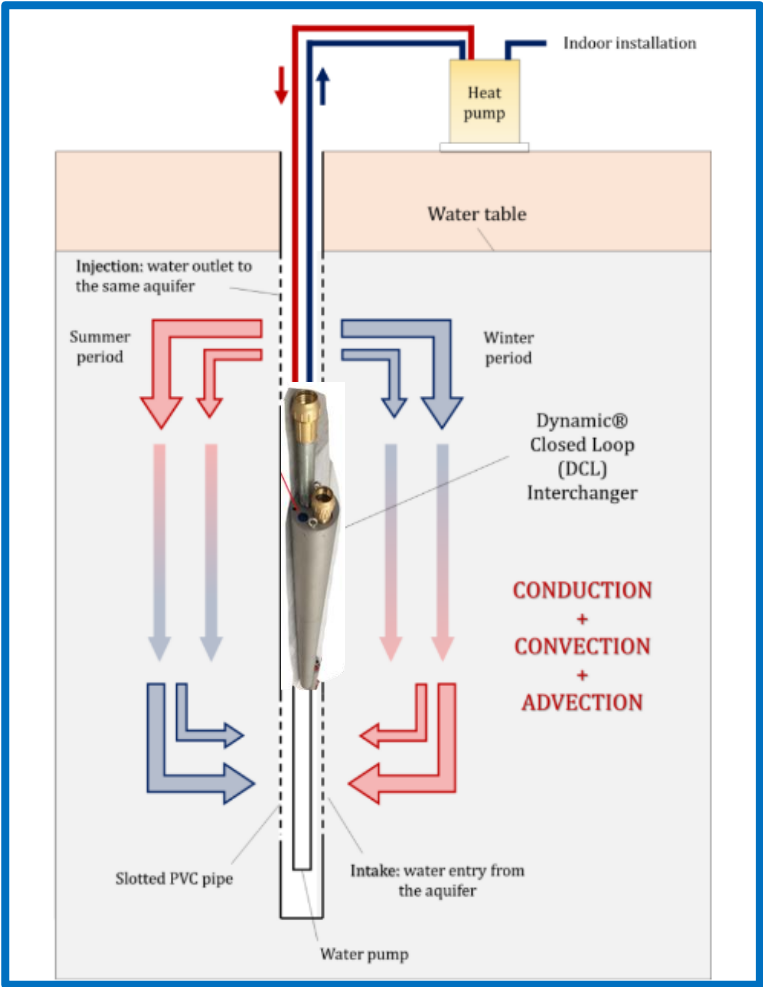
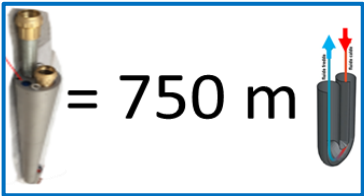
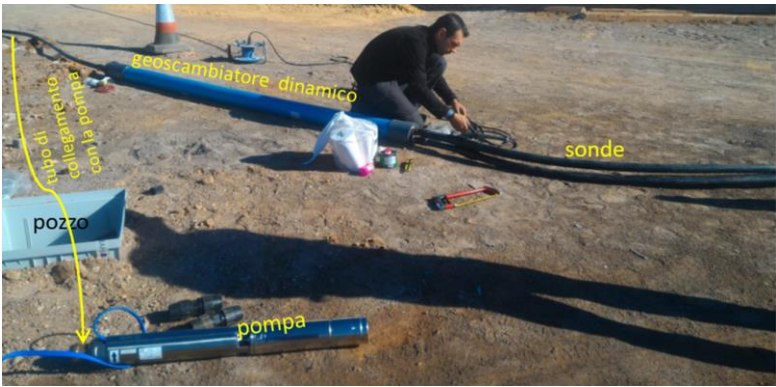
- pdc (caldo/freddo/ACS) >12 kW



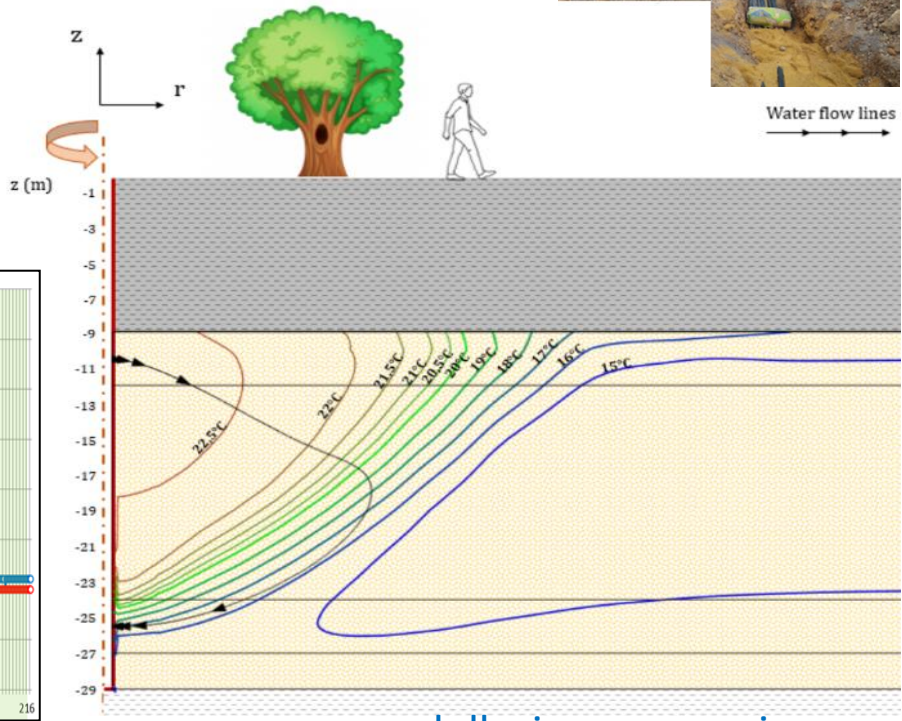
from Lund and Boyd, WGC 2015

teleriscaldamento urbano

elevata
efficienza



monitoraggio durante TRT



modellazione numerica

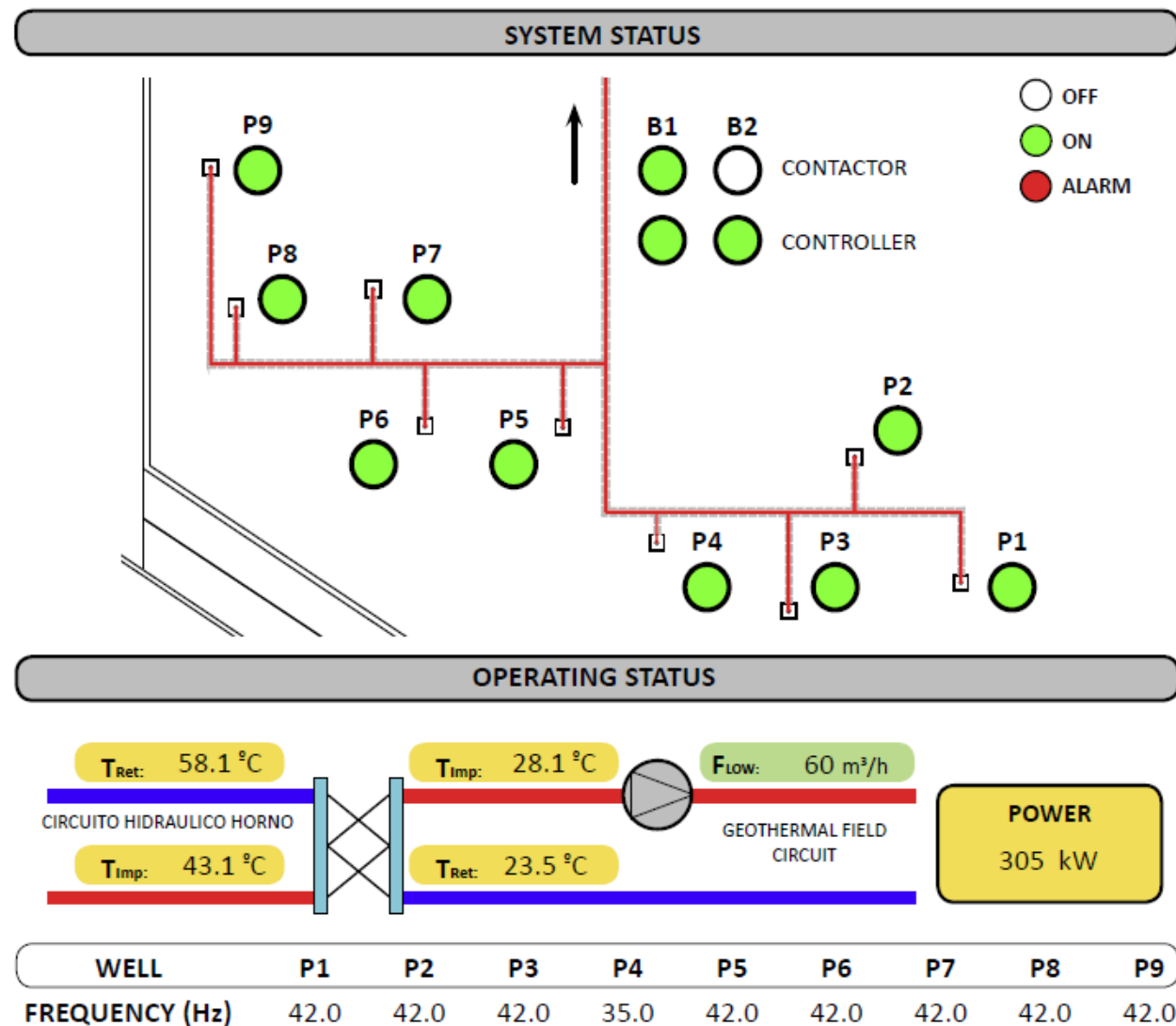
situazione pre-intervento:

- processo di essiccazione in impianto industriale
- dry cooler (400 kW)
- alte temperature di esercizio estivo
- ACS per impianti accessori (fino a 250 kW)

soluzione / intervento:

- 9 sonde DCL M3/140 45 kW
- 800.000 kWh fabbisogno soddisfatto
- performance DCL/dry cooler 2.5 -7.0
- 65% risparmio dei costi energetici

Alicante, Spagna



impianti natatori

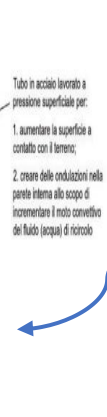
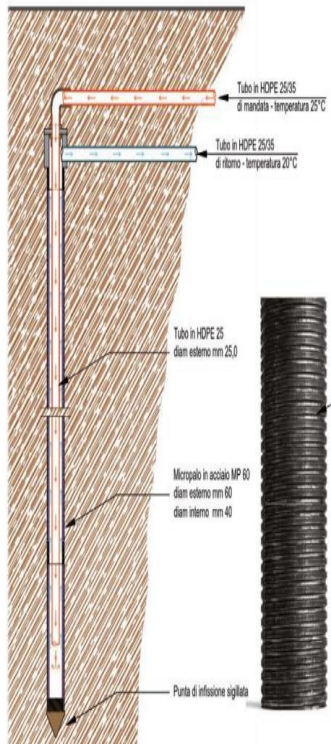


centri di logistica in freddo

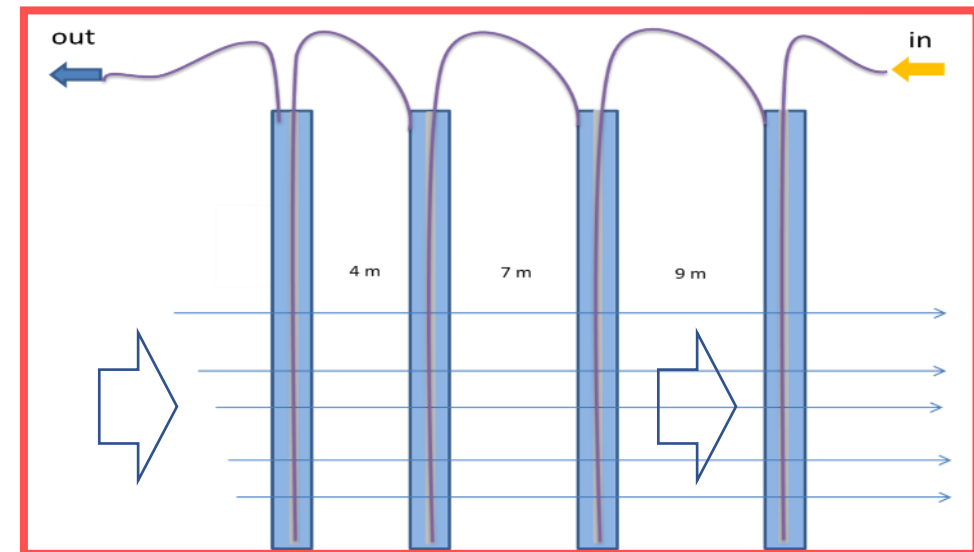
novità

i) a infissione

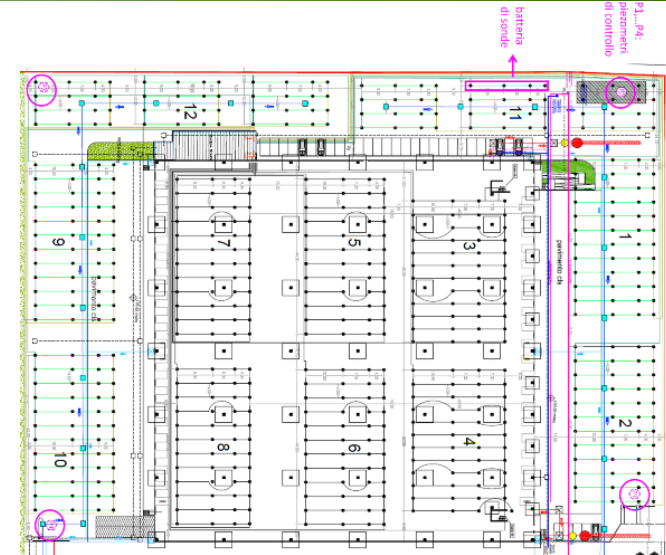
ii) geometria



*coassiali
in acciaio*



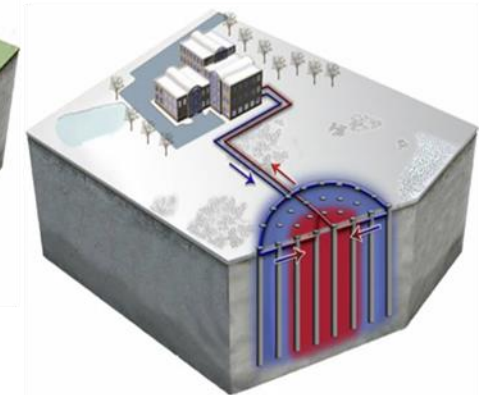
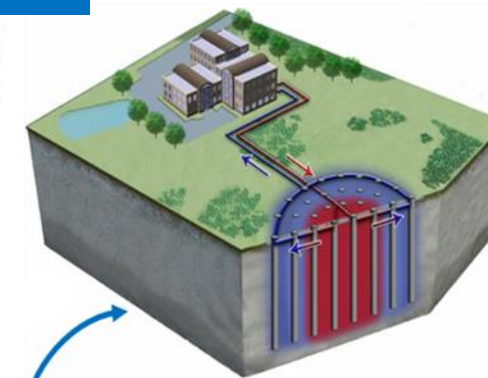
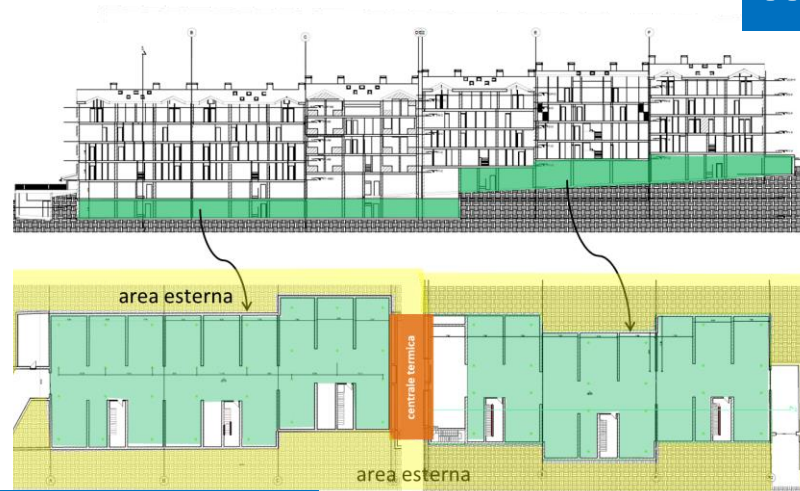
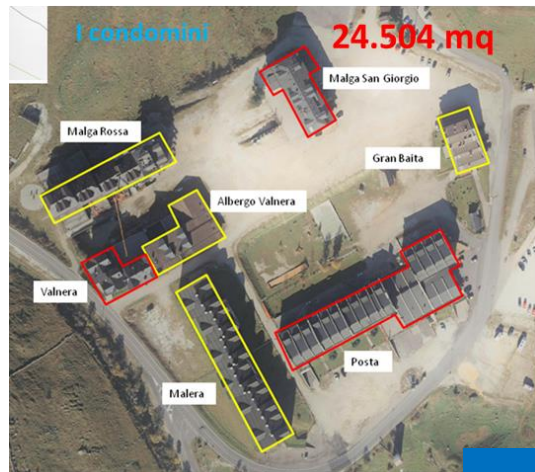
batteria 4 geoscali



comunità energetica in alta quota

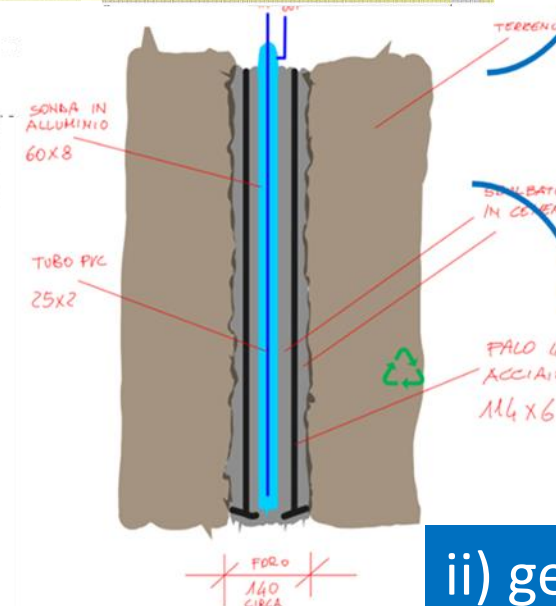
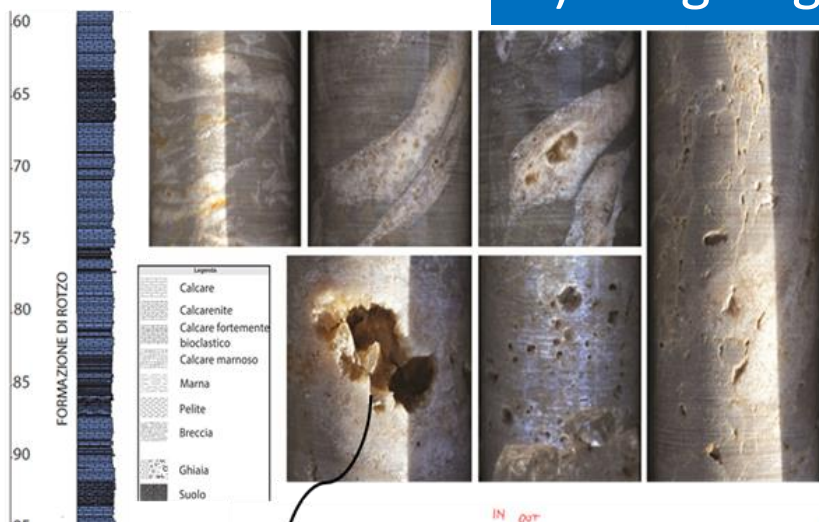
novità

riqualificazione energetica e
sismica



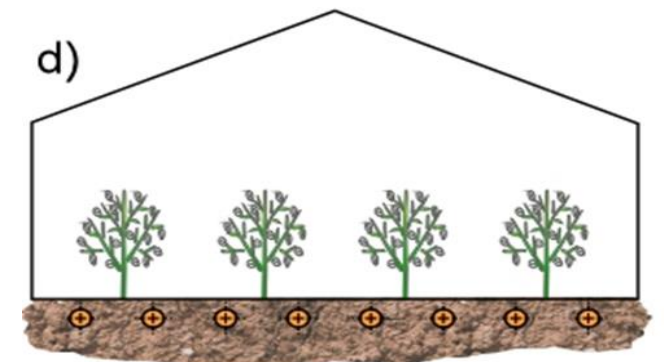
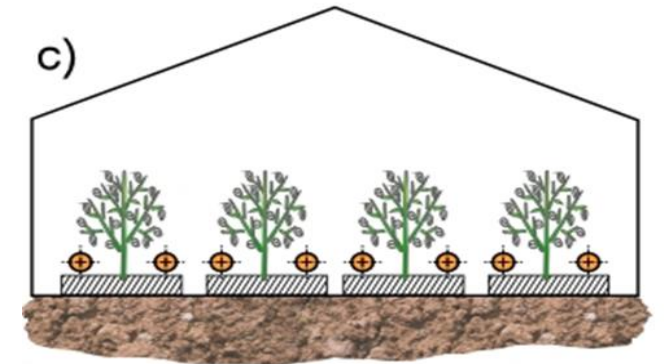
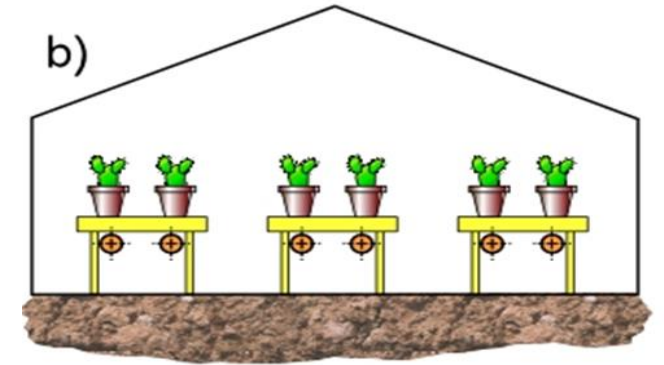
i) nei garage

ii) stoccaggio temporaneo calore



ii) geoscambiatori nei pali di fondazione

riscaldamento serre





IKEA stores at: Rimini, Milan and Parma

*1.0-1.5 MW each plant,
23.000 - 26.000 m of probes;
125-150 m-deep
reversible HP (heating and cooling)*

nZEB



15 kW₊
-24 ton/year CO₂
18 TEP/year from RES

situazione pre-intervento:

- edifici vincolati
- pompe di calore aria/acqua
- limitazioni nell'impatto dell'impianto
- uffici, abitazioni e piscina

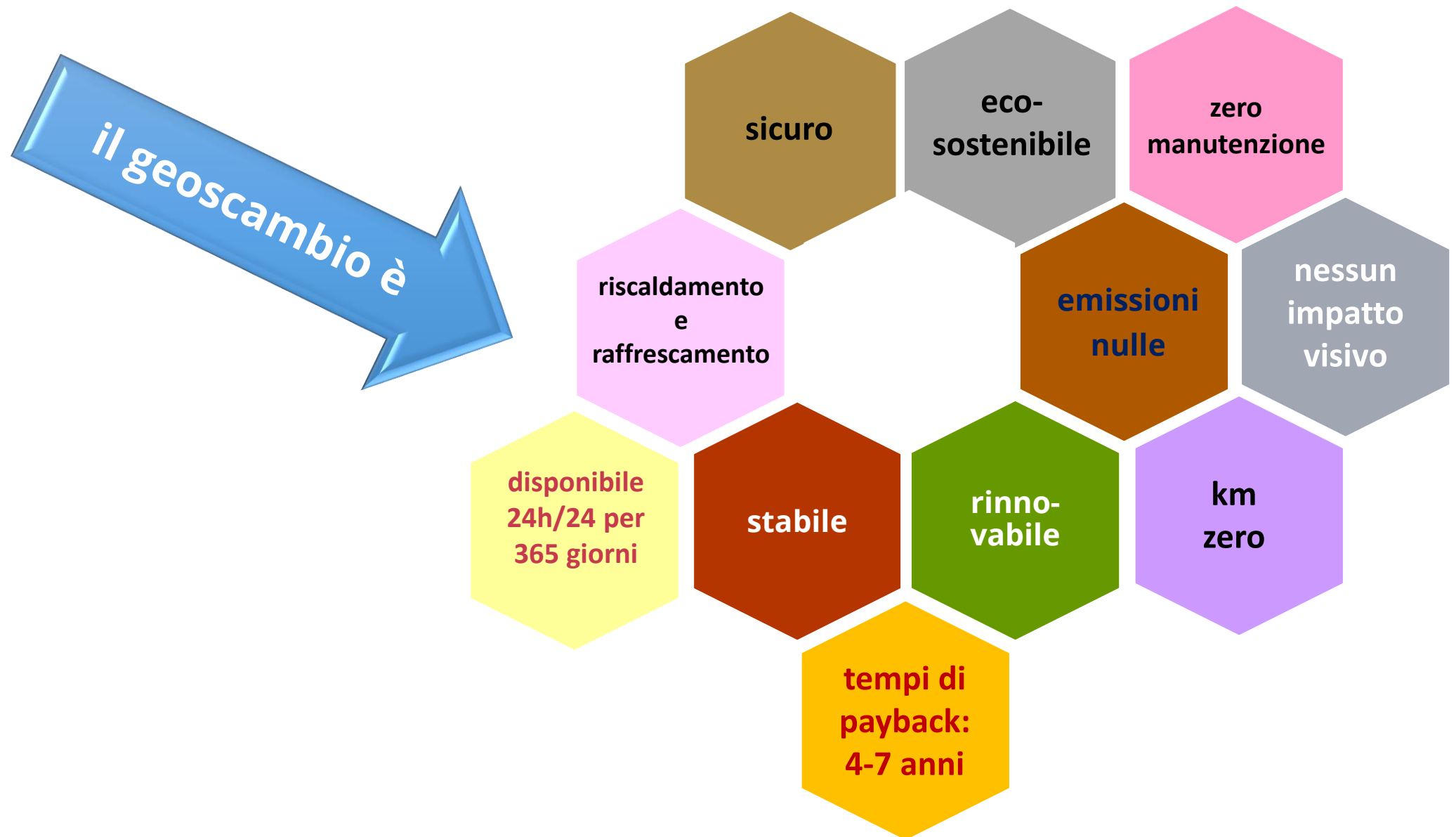
soluzione / intervento:

- 11 sonde DCL + GSHP 450 kW
- 350.000 kWh fabbisogno soddisfatto
- performance COP 5.1 / EER 4.2
- 62% risparmio dei costi di climatizzazione



Bomba de Calor		ORD EST ALR	
Modo no activado (verano)		Modo no activado (verano)	
Temp Impulsión Condensación:		29.1 °C	Compresores:
Temp Retorno Condensación:		25.3 °C	HORAS
Temp Impulsión Evaporación:		8.0 °C	4527 h
Temp Retorno Evaporación:		11.4 °C	CARGA
			40 %
Consignas			
Consigna Activa:		8.0 °C	
Consigna Frio:		0.0 °C	
Consigna Calor:		0.0 °C	

Valencia, Spagna



Pompe di calore geotermiche a ciclo chiuso: perché e dove conviene

Riccardo Caputo



Regione Emilia Romagna

EMILIA ROMAGNA
anci

GRANDI EDIFICI E POMPE DI CALORE: SI PUÒ FARE?
LE OPZIONI A DISPOSIZIONE, SOLUZIONI IBRIDE
E FOCUS SULLA GEOTERMIA

CLUST-ER
GREENTECH
ENERGIA E SOSTENIBILITÀ

con il patrocinio di
Comune di Bologna

CLUST-ER
BUILD
EDILIZIA E COSTRUZIONI

BOLOGNA
LUNEDÌ 20 OTTOBRE 2025 ORE 15.00 – 18.00
AUDITORIUM ENZO BIAGI | SALABORSA | PIAZZA DEL NETTUNO 3

New Energies And environment - NEA s.r.l.

Spin-off Company of Ferrara University, Dept. of Physics and Earth Sciences, via Saragat, 1 – 44122 Ferrara

info@nea-tem.com - www.nea-team.com