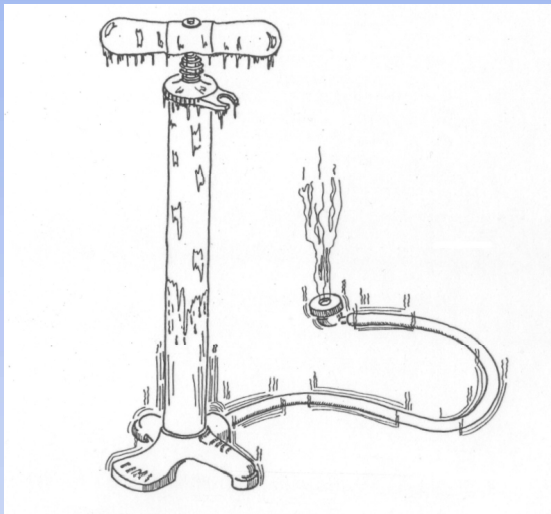


LA POMPA DI CALORE

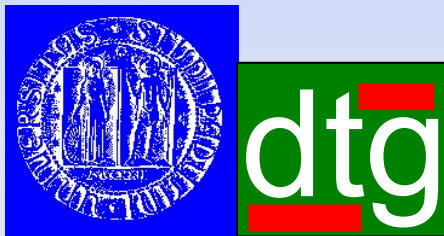


**DI CHE SI TRATTA?
CHE COSA OFFRE?**

Prof. Ing. Renato Lazzarin

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei sistemi industriali

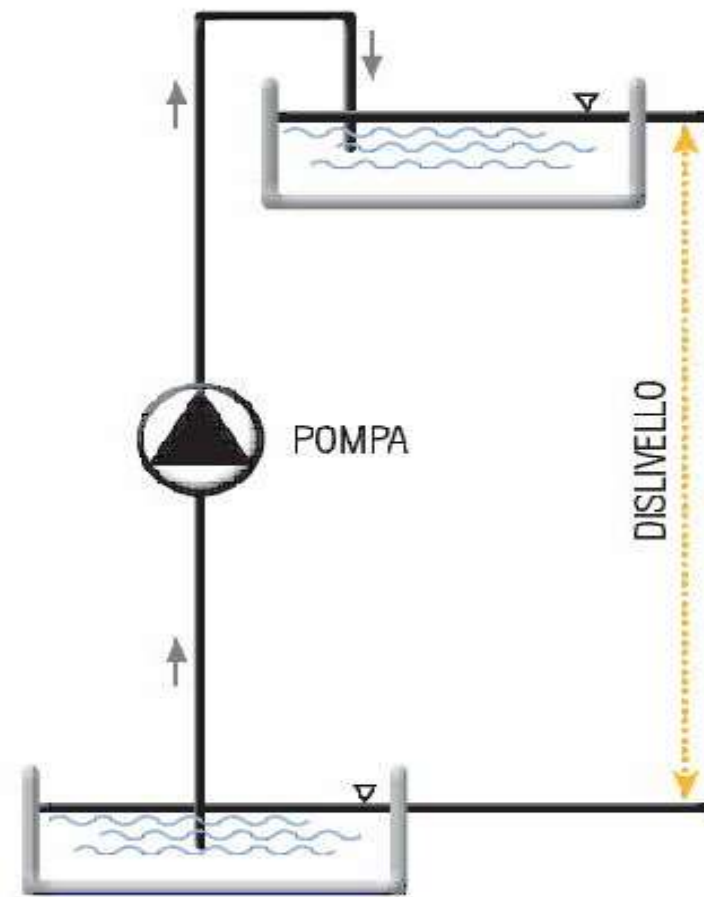
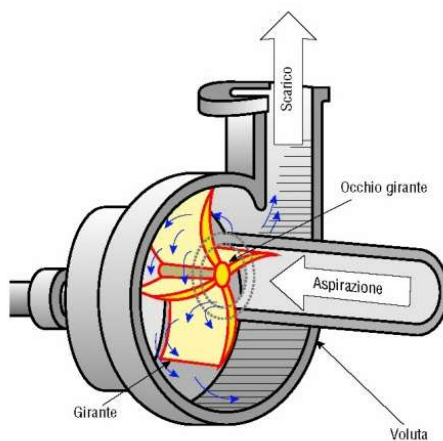
Università di Padova



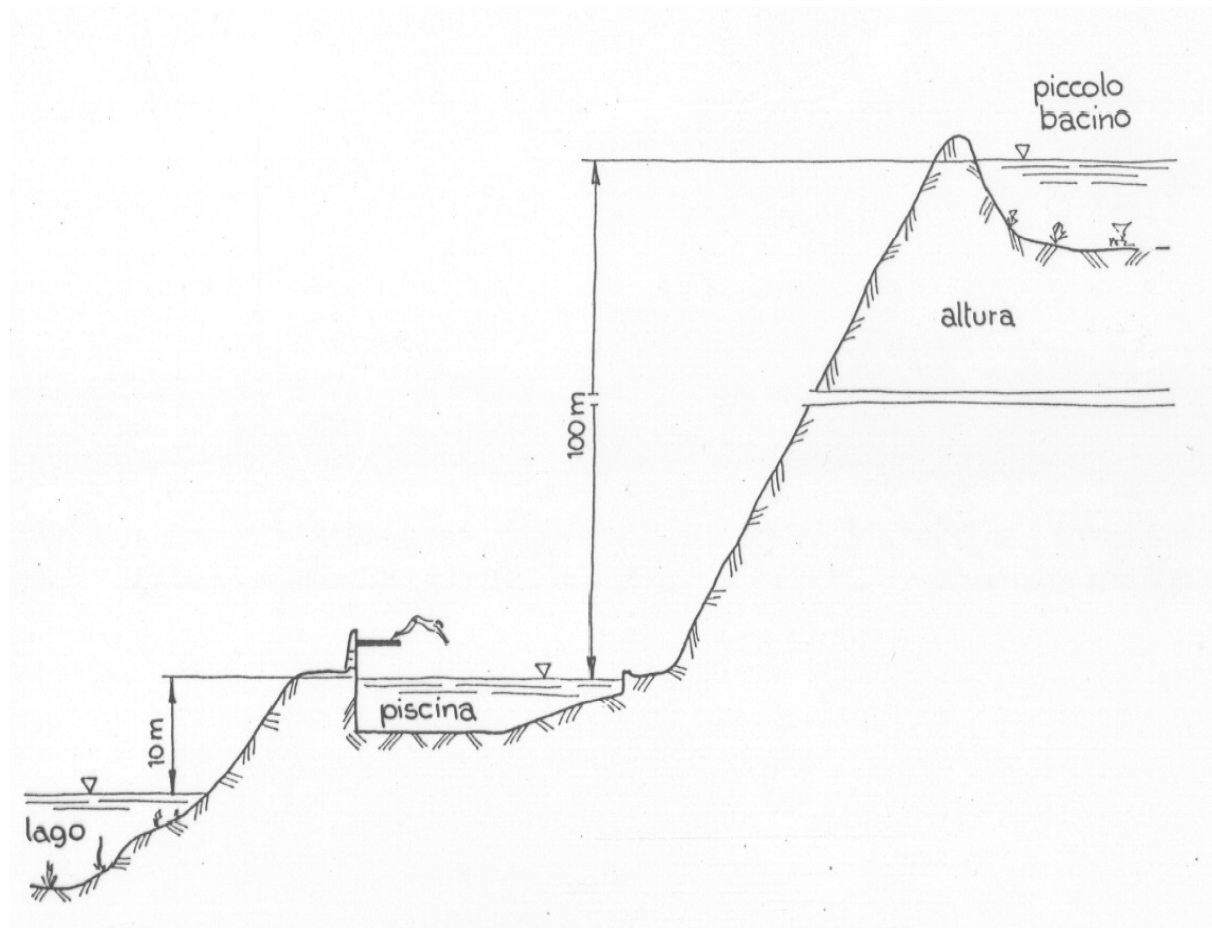


LA POMPA DI CALORE NON CREA
ENERGIA.
LA SPOSTA!

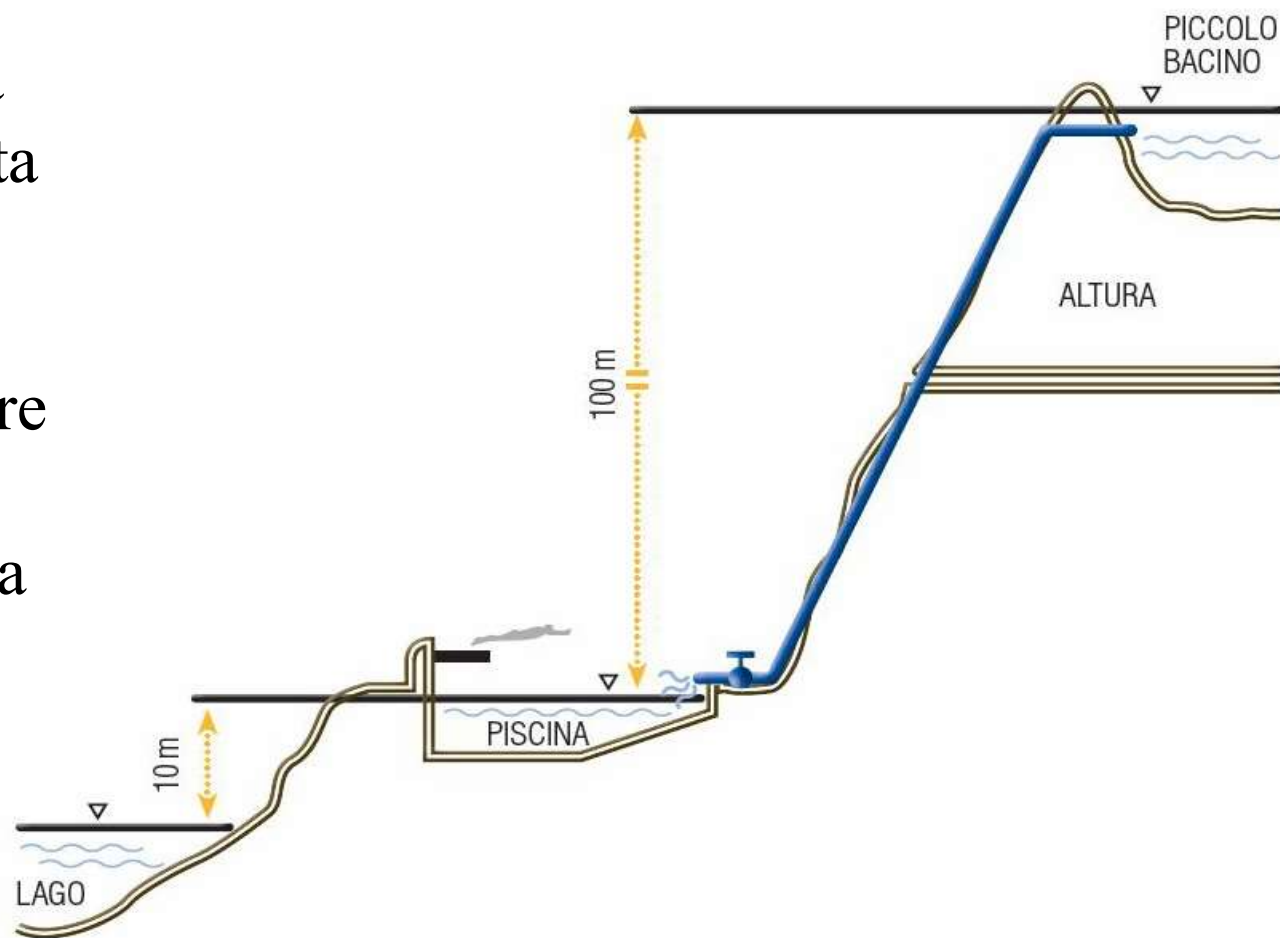
Perché si chiama pompa di calore?
Per l'analogia con la pompa idraulica



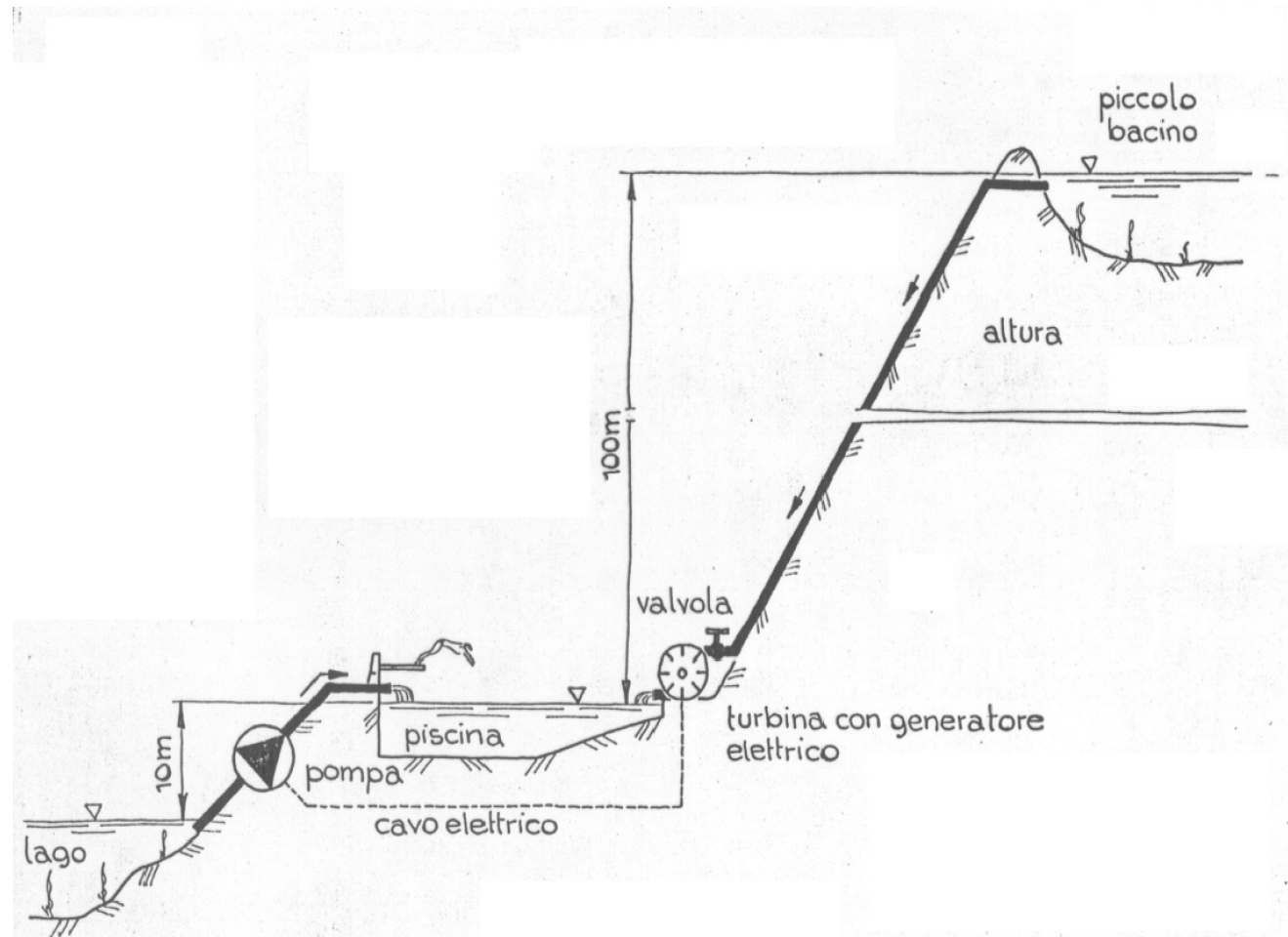
Supponiamo di trovarci nella situazione di figura assai poco probabile dal punto di vista idraulico ma molto frequente dal punto di vista termico:



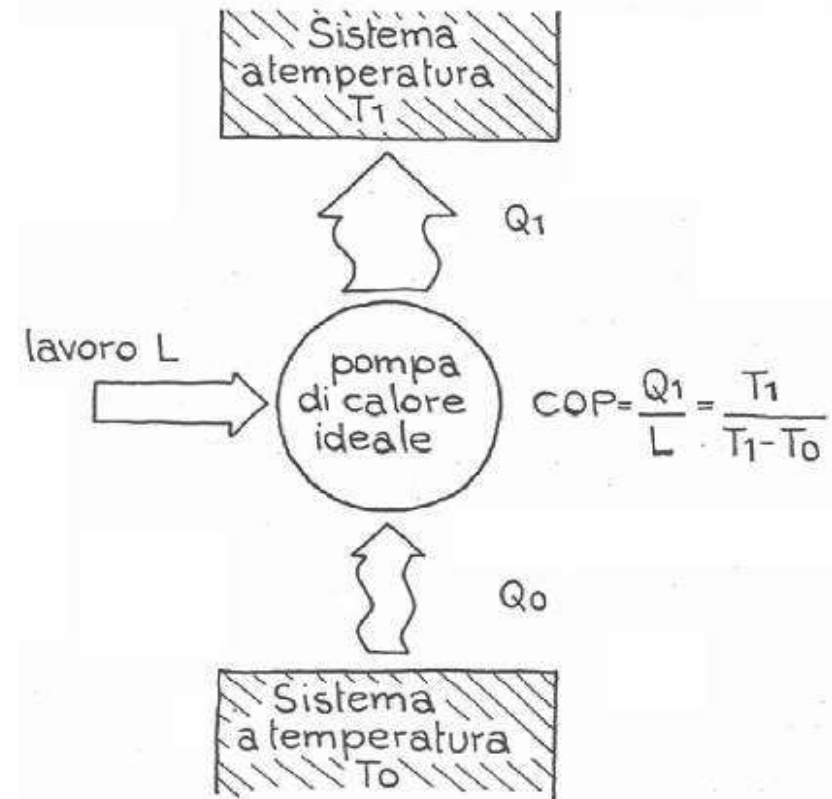
Il sistema più semplice per alimentare la piscina è di collegarla con questo piccolo bacino: non è, però, il sistema più efficiente dal punto di vista energetico. Infatti l'acqua del bacino sopraelevato possiede un'energia potenziale superiore a quella della piscina: nell'operazione prima descritta tale energia viene sprecata.



Se si sfrutta l'energia di caduta dell'acqua, si riesce a portare alla piscina dal lago a livello inferiore assai più acqua di quella che proviene dal bacino superiore che si aggiunge a questa. Nell'esempio di figura ogni litro che scende in teoria potrebbe pompare 10 litri dal lago.



Con la pompa di calore tramite la fornitura di lavoro meccanico o elettrico si può rendere disponibile una quantità di calore utile per il riscaldamento, prelevandola da una sorgente a temperatura più bassa, ad esempio dall'aria esterna.



$$|Q_1| = |Q_0| + |L|$$

Un parametro che qualifica le prestazioni di una pompa di calore è il **COP** (*Coefficient Of Performance*). Si tratta del rapporto fra l'effetto utile della pompa di calore e l'energia a pagamento che si è dovuto fornire:

$$C O P = \frac{Q_c}{|L|} = \frac{T_c}{T_c - T_o}$$

Il suo limite massimo è stato indicato (prima che venisse ideata la pompa di calore) da un ingegnere francese, *Sadi Carnot*, nel lontano 1824 come dipendenza dalle due temperature, espresse in gradi assoluti (K) del calore utile prodotto e della sorgente fredda.



Sadi Carnot 1796-1832

Proviamo a fare un calcolo di COP con il rapporto di Carnot, immaginando di produrre energia termica a 50 °C prelevandola dall'esterno a 0°C:

$$COP = \frac{T_1}{T_1 - T_0} = \frac{Q_1}{|L|} = \frac{273 + 50}{50} = \frac{323}{50} \approx 6,5$$

In parole povere, ogni kWh elettrico fornito alla macchina può mettere a disposizione più di 6 kWh termici.

Nessuna moltiplicazione dei pani e dei pesci: 1 kWh lo mettiamo noi con la corrente elettrica e 5 kWh li prendiamo raffreddando l'aria esterna (che non se ne accorge....)



Il COP nella pompa di calore reale non arriva ai livelli indicati per tutta una serie di attriti, dispersioni, inefficienze, ma fornisce circa il 60% di quanto indicato :

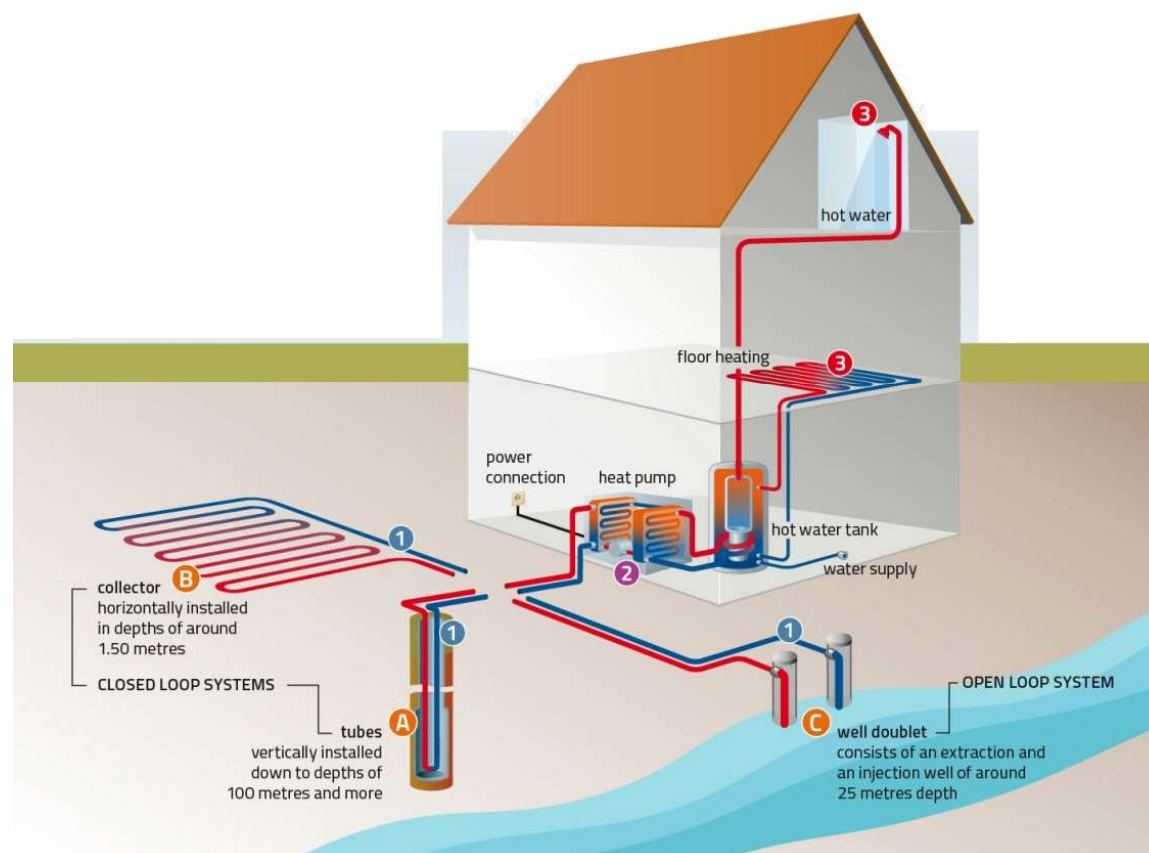
$$COP = 0,6 \times \frac{T_1}{T_1 - T_0} = \frac{Q_1}{|L|} = 0,6 \times \frac{323}{50} \approx 3,9$$



Può arrivare a valori anche più elevati quando si ricorra ad una sorgente fredda più favorevole dell'aria esterna, ad esempio acque superficiali o sotterranee, il terreno o l'energia solare quando il COP può essere fra 5 e 6.

La sorgente fredda della pompa di calore cioè il sistema da cui essa trae l'energia gratuita a basso livello termico per valorizzarla può essere molto diversificata:

- l'aria esterna;
- il terreno;
- acque superficiali;
- acque sotterranee;
- collettori solari;
- il recupero termico;
- altri.



Quasi tutte le pompe di calore possono effettuare l'inversione di ciclo e fornire il servizio di aria condizionata durante l'estate:

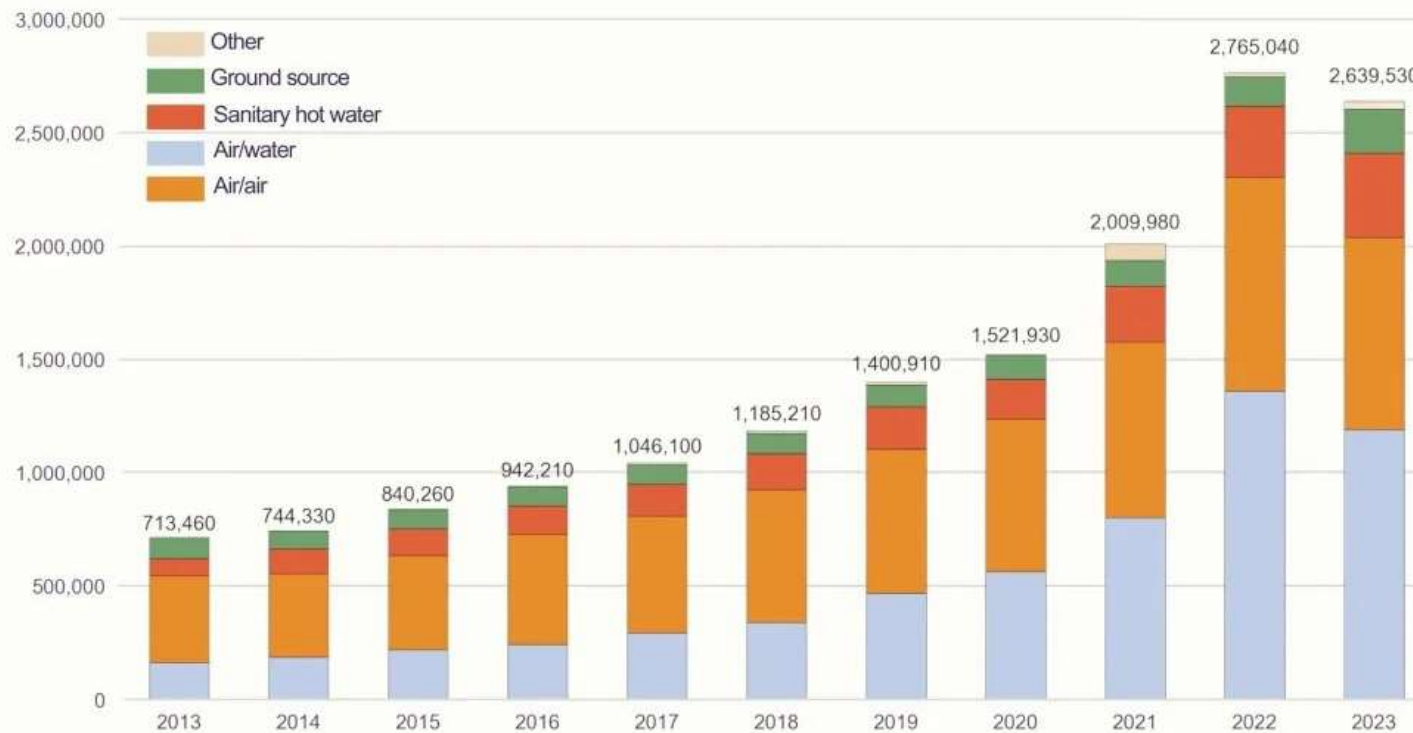


SONO AFFIDABILI??



A livello mondiale sono installate circa 100 milioni di pompe di calore

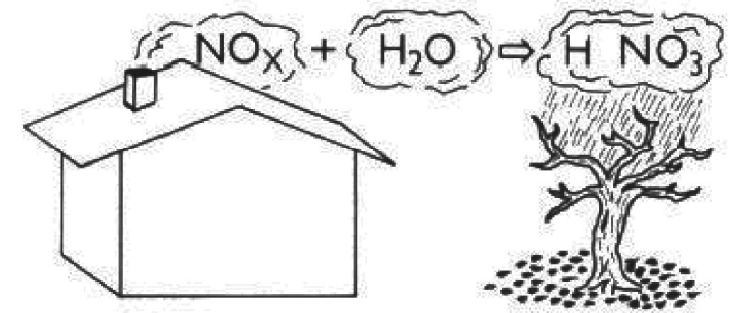
Annual sales of heat pumps in 14 European countries



Source: EHPA Market Statistics, <https://stats.ehpa.org>. Countries included are: AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, IT, NL, NO, PL, PT, SE.

LA POMPA DI CALORE E L'INQUINAMENTO

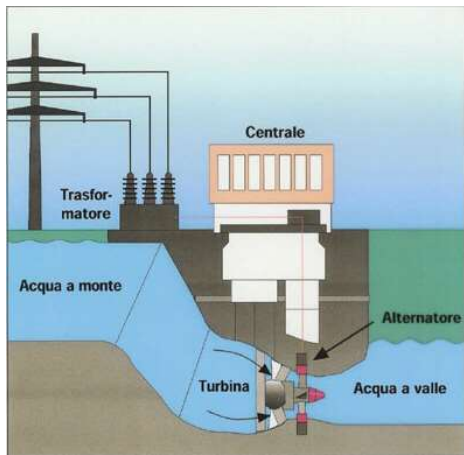
La pompa di calore richiede solo un'alimentazione elettrica. Per questo il suo impiego elimina completamente a livello locale le emissioni inquinanti dagli ossidi di azoto al particolato e alle polveri.



Non si può dire altrettanto per l'inquinamento territoriale: dipende da come viene prodotta l'energia elettrica. Anche nel caso di impianto termoelettrico vi è comunque la riduzione nell'impiego di combustibile dato dal COP.

Mi spiego: un metro cubo di metano può produrre circa 9 kWh termici nella caldaia di casa, 5 kWh elettrici in una centrale termoelettrica.

I 5 kWh elettrici possono mettere a disposizione più di 15 kWh termici (COP=3) con la pompa di calore (miglioramento dell'80%).



Tuttavia l'energia elettrica può essere prodotta con poco o nessun inquinamento (idroelettrico, fotovoltaico, eolico), eliminando l'inquinamento anche a livello territoriale



grazie per l'attenzione
Domande?