LE POMPE DI CALORE ALIMENTATE AD ACQUA DI FALDA

Proposte per una gestione integrata della risorsa idrica e geotermica

Giovanni Crosta, **Alberto Previati**,
Riccardo Castellanza, Paolo Frattini, Valerio Silvestri

Università degli Studi di Milano-Bicocca
Dip. Scienze dell'Ambiente e della Terra (DISAT)

Scopi e attività

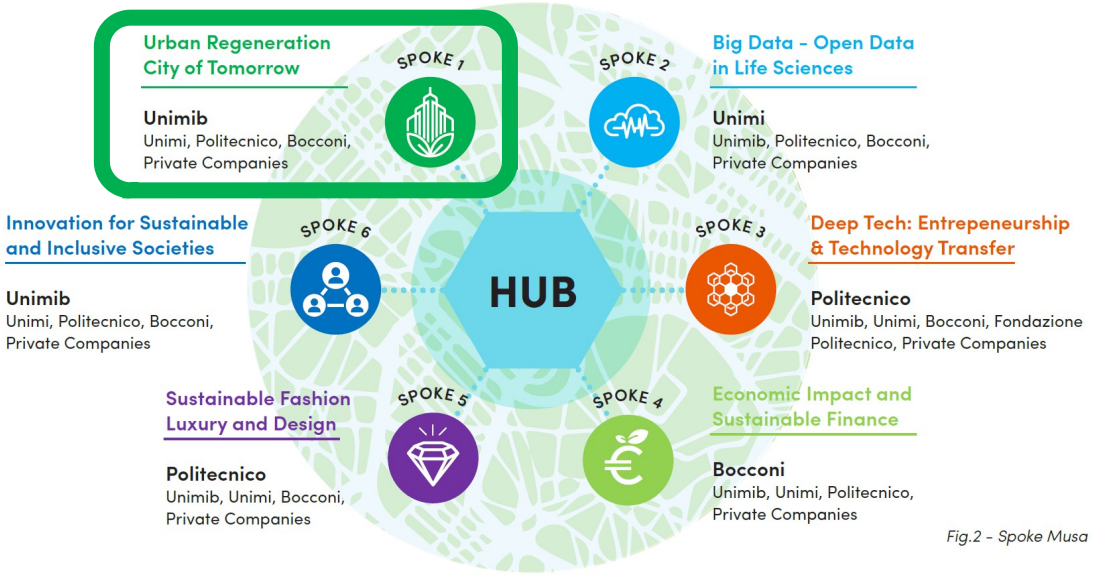
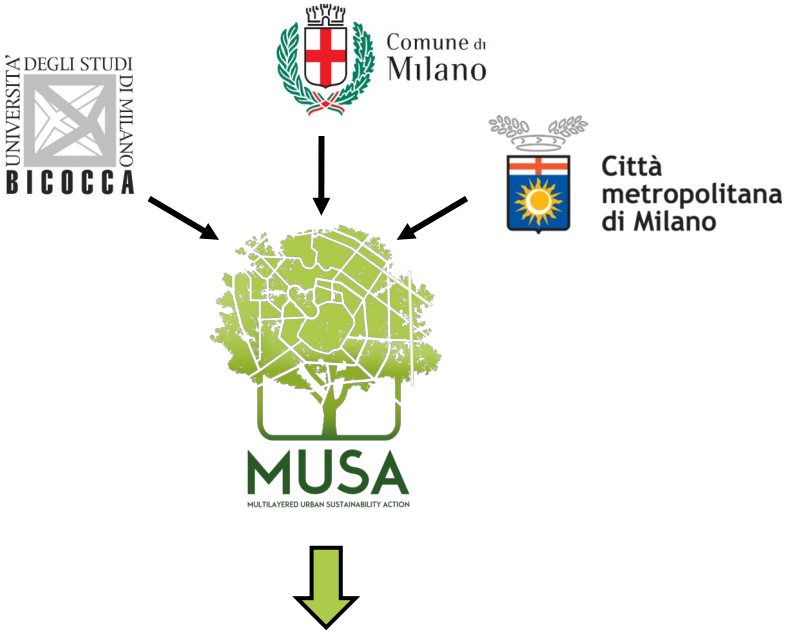


Fig.2 - Spoke Musa

Spoke 1

8 Gruppi

1. **Sottosuolo e Geotermia**
2. Suolo
3. Piante e animali
4. Soundscape
5. Stressor e organismi
6. Isola di Calore
7. Qualità dell'Aria
8. Energia e Reti



Accordo di collaborazione finalizzato all'adozione e sviluppo di un «Modello operativo per la **gestione idrogeologica e termica** del sottosuolo mediante la **condivisione** di banche **dati** riguardanti la falda, di **modelli geotermici** e alla creazione di una Cabina di regia per la geotermia urbana»

Perché la geotermia nella climatizzazione?

Perché la geotermia nella climatizzazione?

- ✓ Emissioni ridotte o zero
- ✓ Nessun impatto visivo/sonoro
- ✓ Disponibile ovunque
- ✓ Elevata efficienza

Transizione energetica

Consumi per riscaldamento in Italia suddivisi per fonte *(dati Eurostat 2018)*

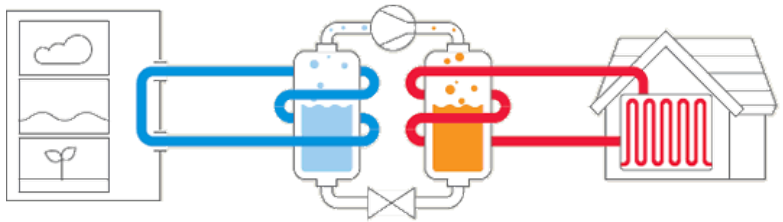
- Gas (58%)
- Biomasse (28%)
- Petrolio (8%)
- Cogenerazione (5%)
- PdC (<1%)

Il settore residenziale contribuisce al 60% delle emissioni di polveri fini e CO

Pompa di calore geotermica

$4\ kWh_t$ + $1\ kWh_e$ → $5\ kWh_t$

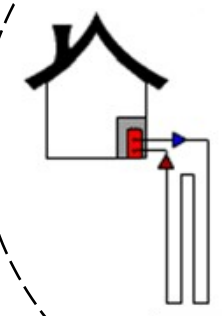
Sorgente:
- Suolo
- Acqua
- Falda



Distribuzione:
- Edificio
- Reti TLR/TLF

Circuito chiuso

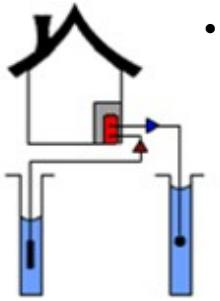
- Nessun scambio di massa
- Circuito PdC a diretto contatto con il terreno, scambio di calore
- Resa 30-70 W/m



10-100 kW

Circuito Aperto

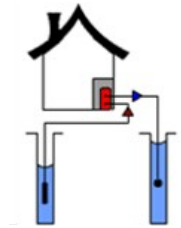
- Prelievo di fluido (acqua di falda)
- Reimmissione acqua nella stessa matrice o in reticolo superficiale
- Resa 50-500 kW/poz

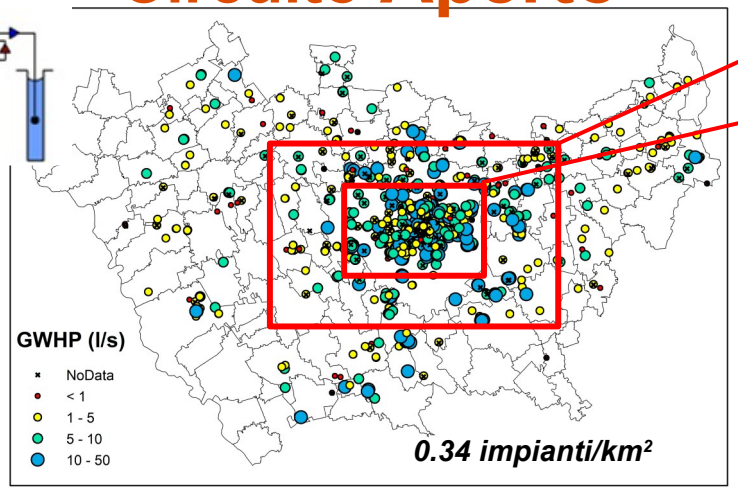


100 kW -> MW

Distribuzione impianti geotermici

Circuito Aperto





dati: CUI

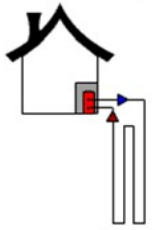
1.0 impianti/km²

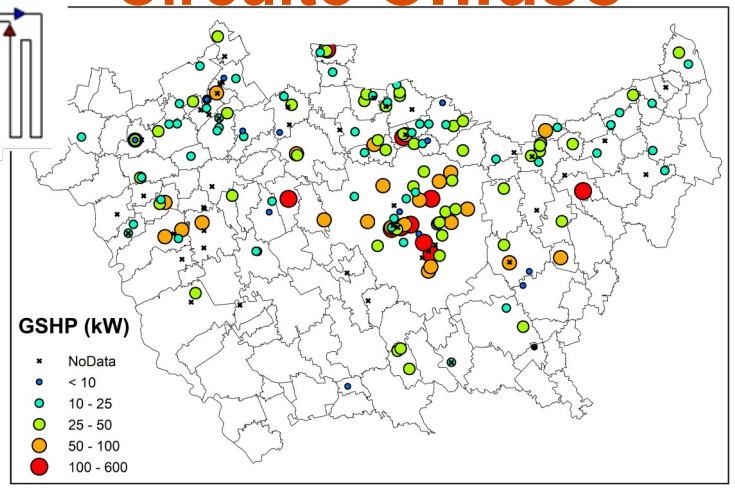
6.9 impianti/km²

≈956 Impianti
≈2112 Scarichi

Prelievo
300 Mm^3/anno
Potenza (stima)
> 123 MWt

Circuito Chiuso



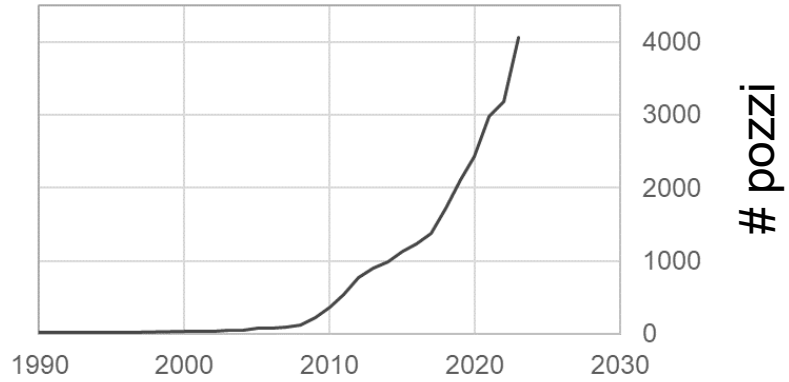


dati: RSG

202 Impianti
1749 Sonde

Potenza
7 MWt

?



Come gestire il crescente numero di impianti?

- *Vincoli*
- *Normativa*
- *Scala temporale*
- *Scenari*

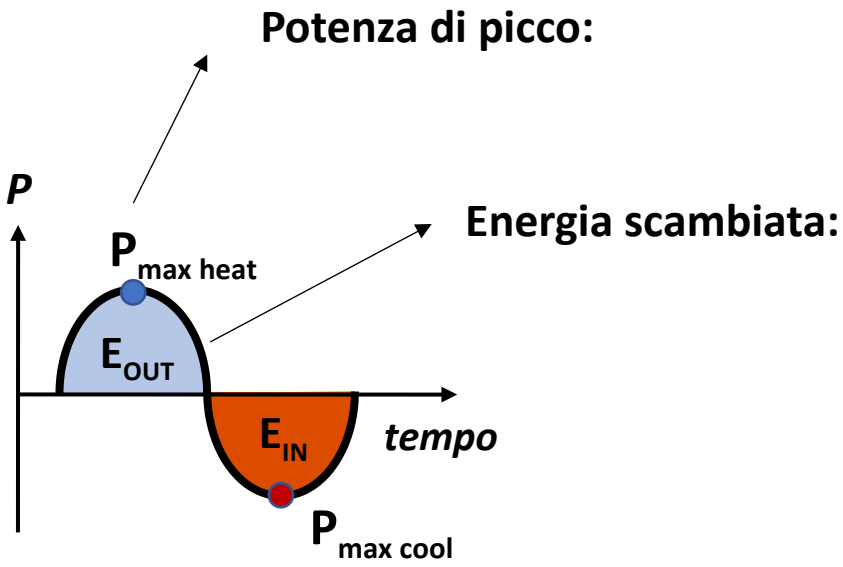
Da quale prospettiva partire?

- *A scala dell'impianto*
- *A scala del serbatoio di energia*

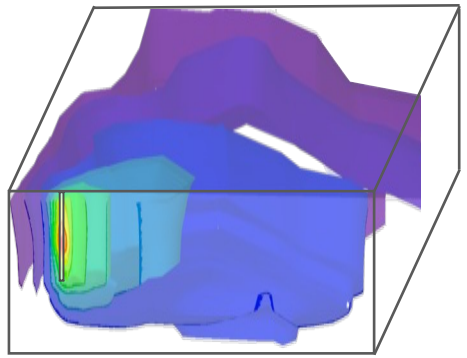
Potenziale e sostenibilità risorsa geotermica da acqua di falda

La quantità di calore/freddo (E) ottenibile con acqua di falda (**circuito aperto**) dipende da:

- Portata massima (Q)
- Emungimento totale (V)
- Variazione di temperatura (ΔT)



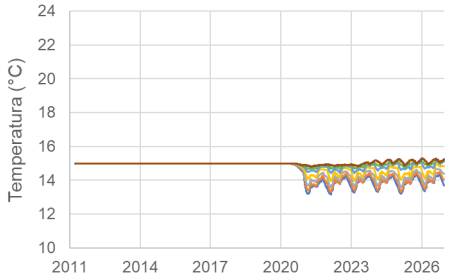
Potenziale termico



Quantità di calore disponibile per m^3 [kWh/m3] considerando

- Volume d'acqua estraibile
- Temperatura serbatoio
- Salto termico ammissibile

Sostenibilità impianto



Garantire:

- Lo scambio termico nel tempo
- Disponibilità a terzi (sostenibilità risorsa)

Potenziale e sostenibilità risorsa geotermica da acqua di falda

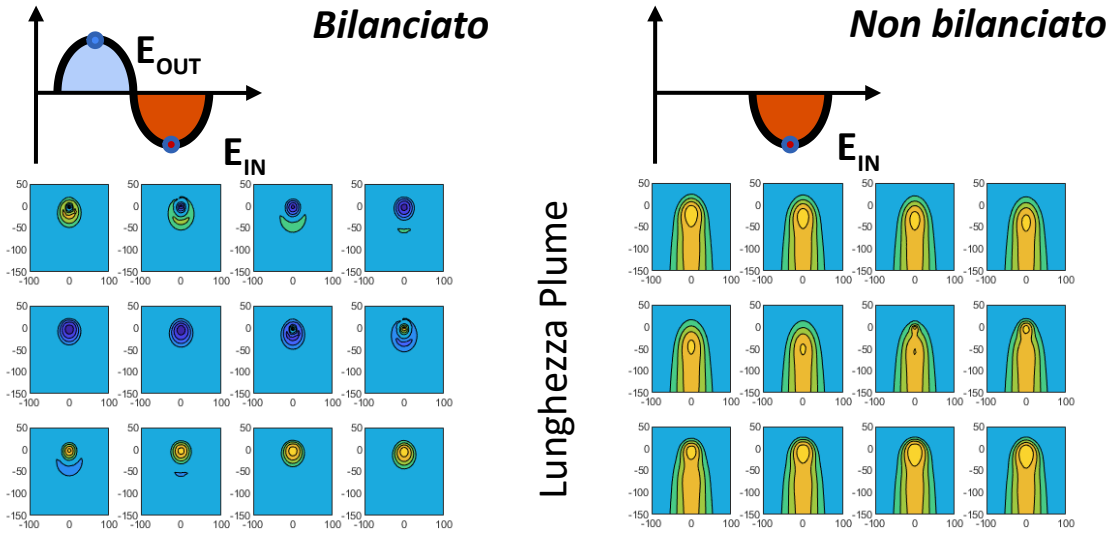
Sostenibilità in aree ad alta densità di impianti

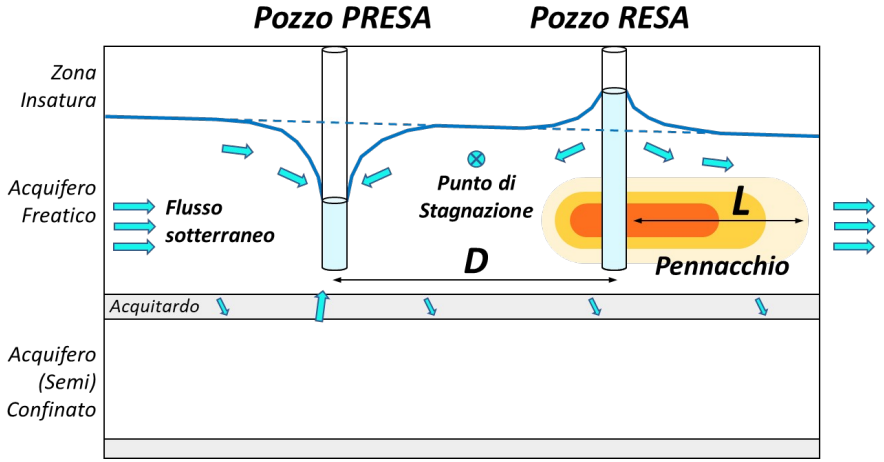
Interferenza Idraulica

- Variazione piezometrica
- Deviazione flusso idrico e cattura idraulica
- Bilancio idrico

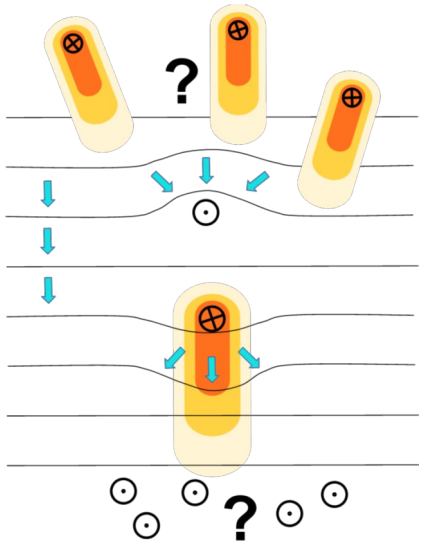
Interferenza Termica

- **Volume emunto** riscaldamento/raffrescamento
- **Bilancio energetico** del sistema e deriva a lungo termine





Chi primo arriva ottiene la risorsa…



Attuale normativa:

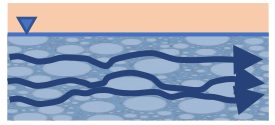
- ✓ ΔT max +5°C
- ✓ Massima T reimmissione 21°C
- ✓ Assenza impatti su impianti esistenti

- ○ Scarsa conoscenza impatto reale degli impianti in esercizio

Strumenti di analisi evoluzione risorsa geotermica

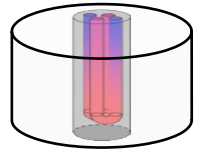
Acque Superficiali

Bilancio Idraulico/Idrico



Acque Sotterranee

Bilancio Idrogeologico



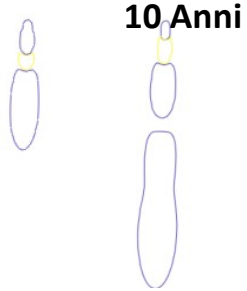
Calore Sotterraneo

Bilancio Energetico

Analisi quantitativa a scala Metropolitana

Modello Analitico 2D

$$\Delta T(x,y,t) = \frac{Q_{inj}\,\Delta T_{inj}}{4nbv_a\sqrt{\pi\alpha_T}}\exp\left(\frac{x-r'}{2\alpha_L}\right)\frac{1}{\sqrt{r'}}\,\mathrm{erfc}\left(\frac{r'-v_a t/R}{2\sqrt{v_a\alpha_L t/R}}\right)$$

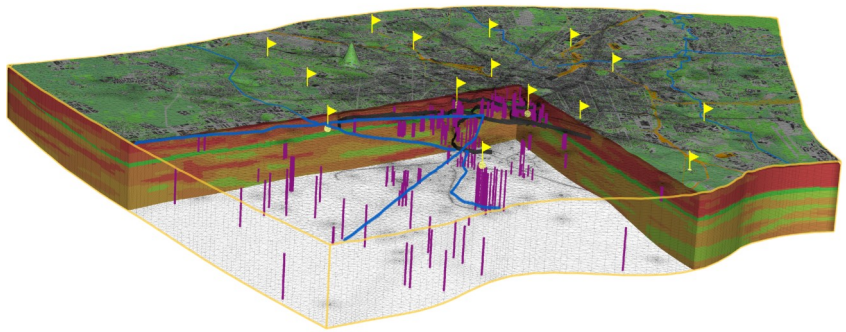


- **Interferenze termiche**

Necessità dati:

- Proprietà sottosuolo
- Funzionamento impianti

Modello Numerico 2D/3D

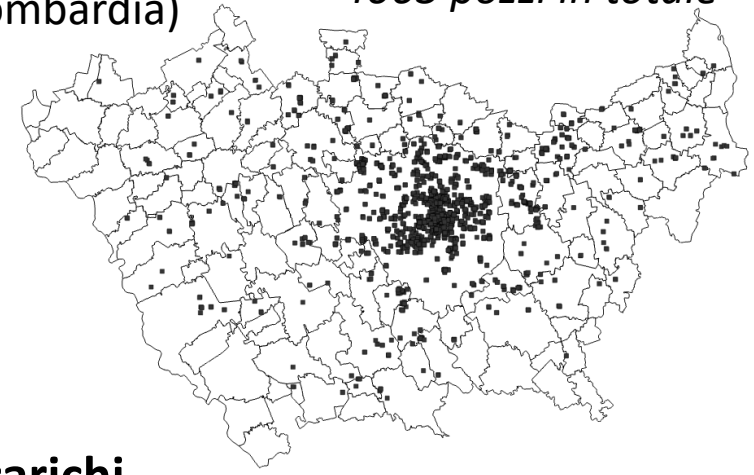


- **Interferenze termiche e idrauliche**
- **Bilancio idrico ed energetico**

Dati disponibili impianti geotermici ad acqua di falda

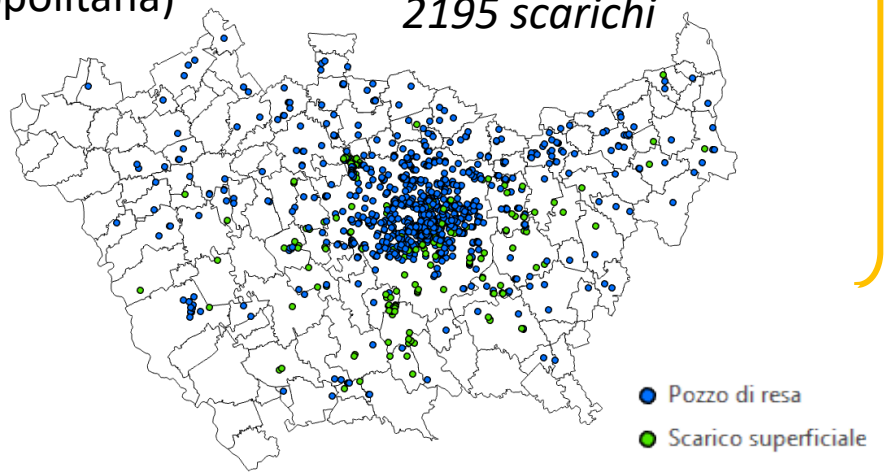
Database SIPIUI
(Regione Lombardia)

4063 pozzi in totale



Catasto Scarichi
(Città Metropolitana)

2195 scarichi



Dati disponibili SIPIUI

- Cod. Pratica
- Coordinate pozzi (presa/resa)
- Portata massima
- Resa in reticolo superficiale
- Volume emunto **ANNUALE**

Considerano la risorsa solo dal punto di vista **IDRICO**…

Dati Per la **gestione integrata IDRICA/ENERGETICA**

- Volume emunto
- Fabbisogno energetico
- Potenza termica
- Salto termico
- *Lunghezza pennacchio*

RISCALDAMENTO
+
RAFFRESCAMENTO
(**stagionale** o **mensile**)

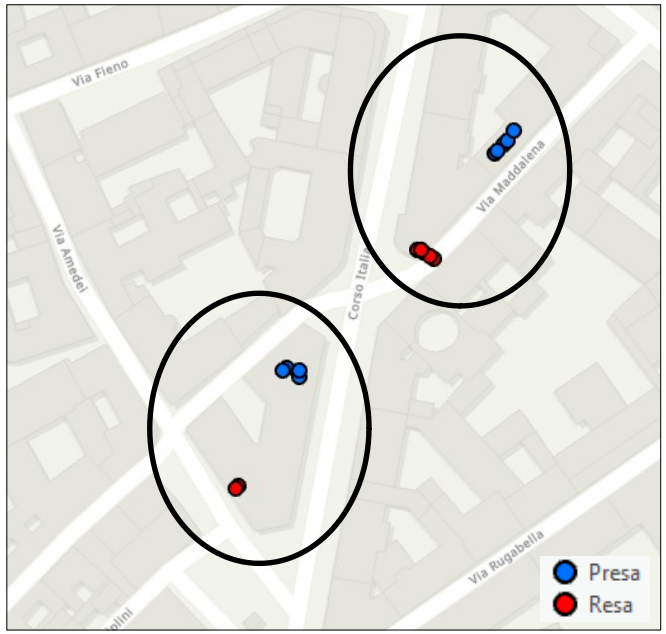
Raccolta dati impianti geotermici ad acqua di falda

Passato **Presente** **Futuro**

≈ +300 impianti/anno

Digitalizzazione dati 650 impianti (*in aggiornamento*)

Raccolta dati automatica **FORMALIZZATA**



SCHEDA TECNICA IMPIANTO GEOTERMICO

Codice pratica	
Codice impianto	*(collegamento con il database pozzi)*
Data attivazione impianto	
Codice recettore	

Parametro	Tipo/Periodo	Unità di misura	Dato
Volumetria		m3	
Numero pozzi	Presa	-	
	Resa		
ΔT	Invernale	(°C)	
	Estivo		
Potenza termica impianto	Invernale	kW	
	Estivo		
Potenza elettrica assorbita	Invernale	kW	
	Estivo		
Portata massima	Invernale	l/s	
	Estivo		
Spessore acquifero		m	
Permeabilità		m/s	
Gradiente Idraulico		-	
Lunghezza pennacchio (isoterma +/- 1°C)		m	

	Fabb. Energetico (kWh)			Vol. Out	Vol. In [1]	ΔT
	Risc.	Raff.	ACS	(m^3)	(m^3)	(°C)
Gen						
Feb						
Mar						
Apr						
Mag						
Giu						
Lug						
Ago						
Set						
Ott						
Nov						
Dic						
Totale [2]						

[1] Se l'impianto non prevede restituzione in falda per alcuni mesi o per l'intero periodo indicare 0
[2] Se non è prevista progettazione mensile dell'impianto indicare il totale annuo

Scheda per raccolta dati
di nuovi impianti geotermici in richiesta di concessione:

- **Compilabile online**
- **Condivisibile** tramite **webgis**

Supporto a:

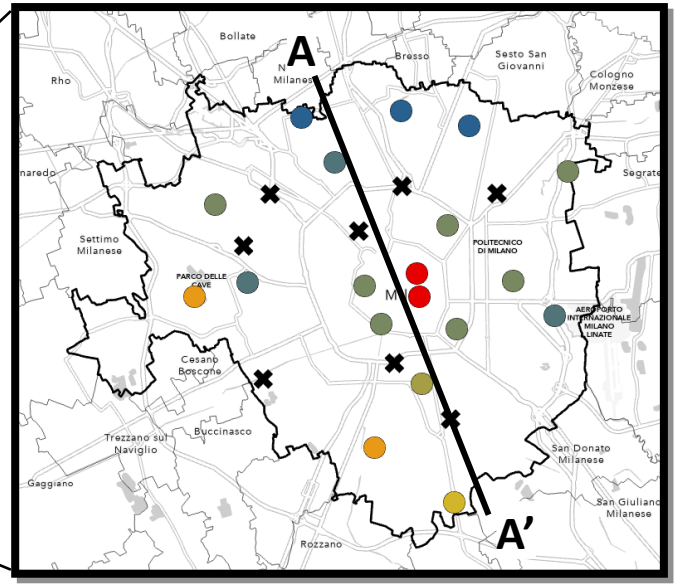
- CMM/Comune (**pianificazione**)
- Professionisti (**progettazione**)

- **Gestione quantitativa della risorsa idrica ed energetica**

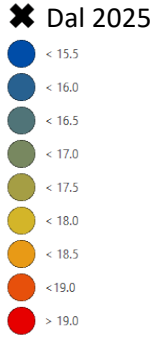
Condivisione dati

Condivisione dati per pianificazione/verifica potenziale geotermico e progettazione:

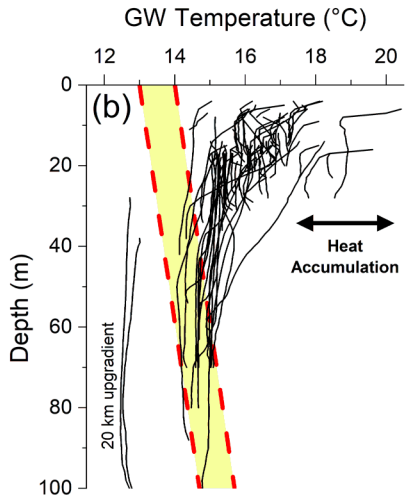
- **Temperatura Iª falda**
- Trasmissività acquifero
- Funzionamento energetico impianti

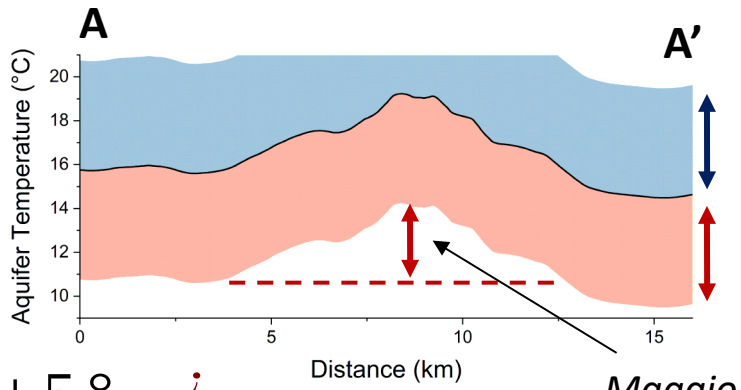


Temperatura media 2024 a 0m [°C]



Dati derivati da 28 piezometri a diversa profondità





Potenziale Geotermico

Raffrescamento

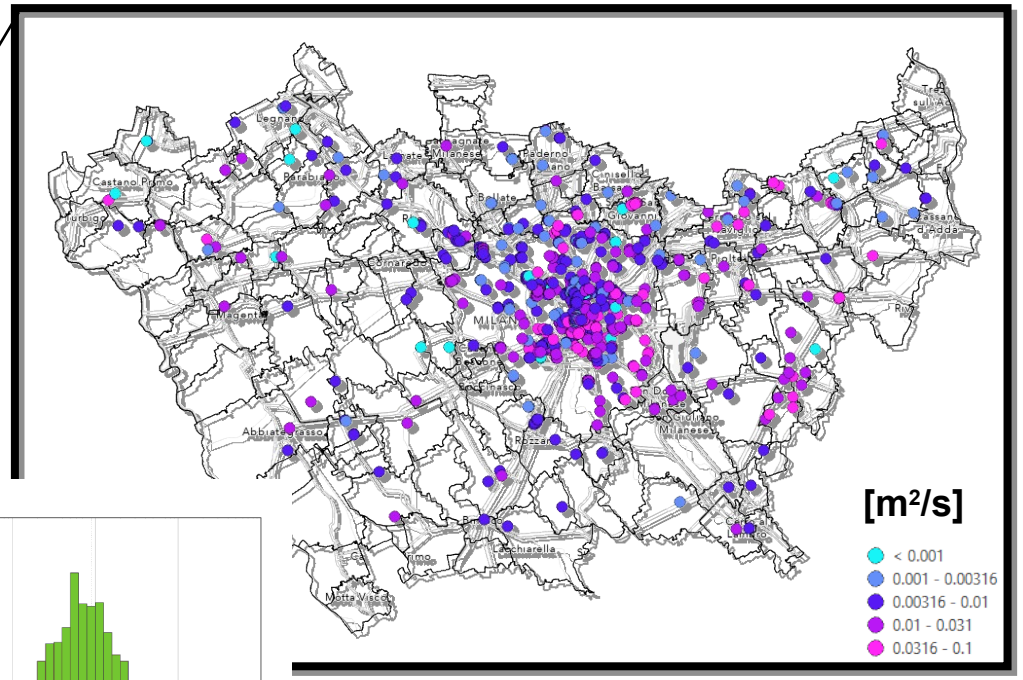
Riscaldamento

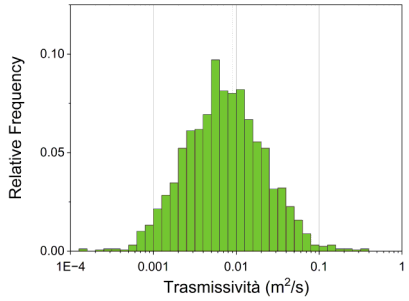
Δ =±5° ¿ *Maggior potenziale*

Condivisione dati

Condivisione dati per pianificazione/verifica potenziale geotermico e progettazione:

- Temperatura I[a] falda
- **Trasmissività acquifero**
- Funzionamento energetico impianti





Dati da 1608 prove portata(Q)/ abbassamento(s) da pozzi presa e resa

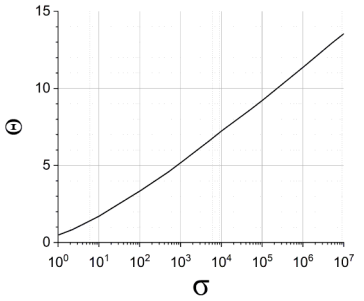
Stima trasmissività:

- Logan (1964)

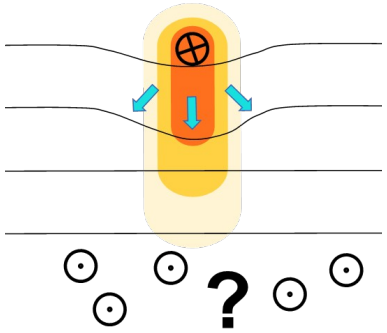
$$T = 1.22\,\frac{Q}{}$$

- Cassan (1980)

$$= \frac{\theta Q}{2}\sigma = \text{———}$$



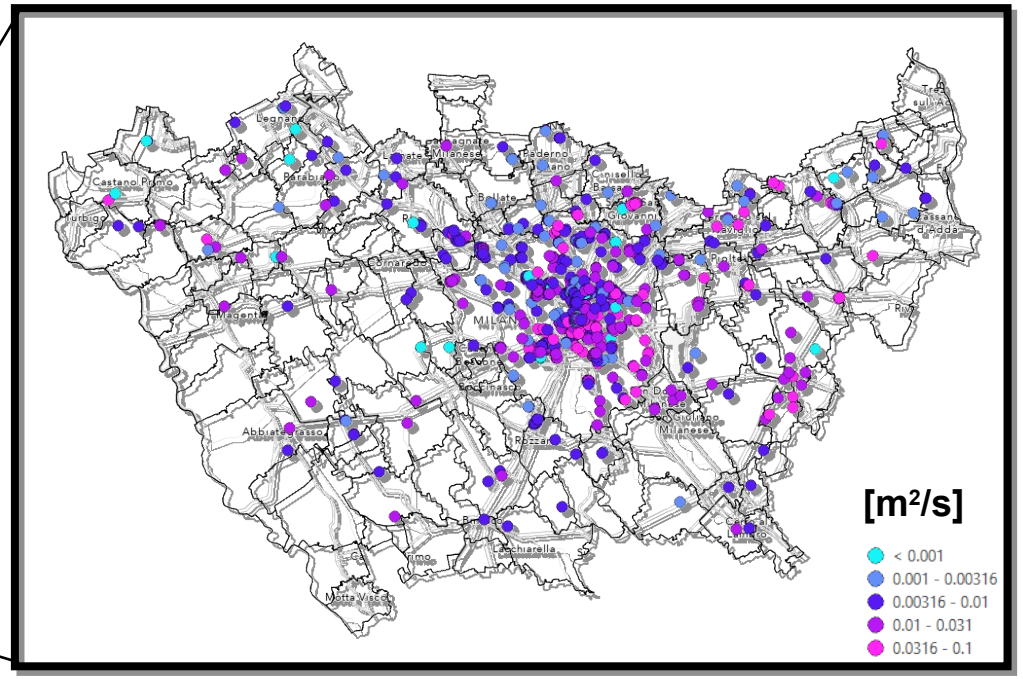
Stima estensione pennacchi termici



Condivisione dati

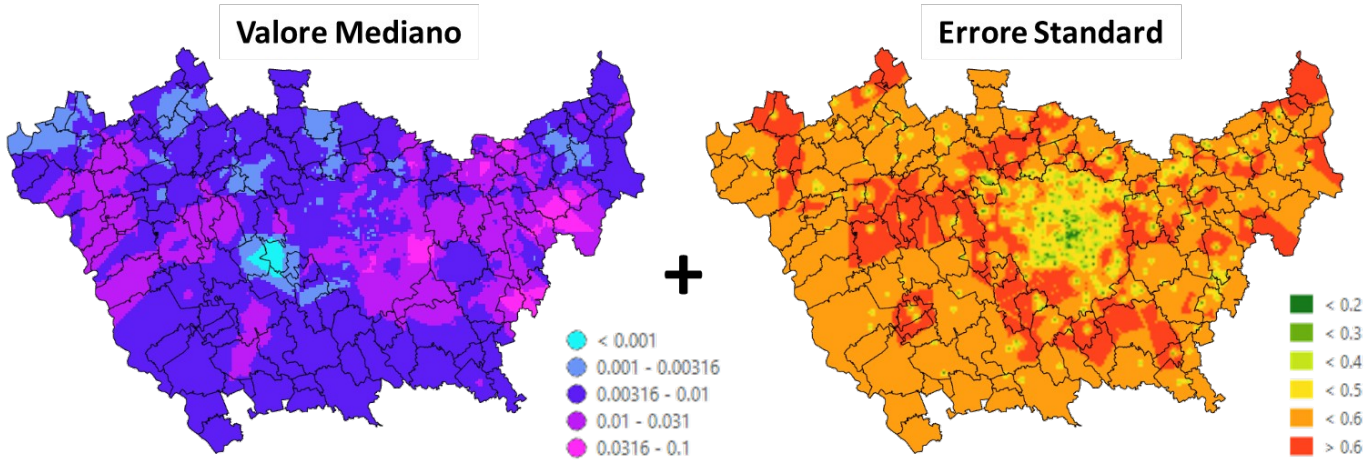
Condivisione dati per pianificazione/verifica potenziale geotermico e progettazione:

- Temperatura I[a] falda
- **Trasmissività acquifero**
- Funzionamento energetico impianti



Dato puntuale

Dato interpolato + incertezza

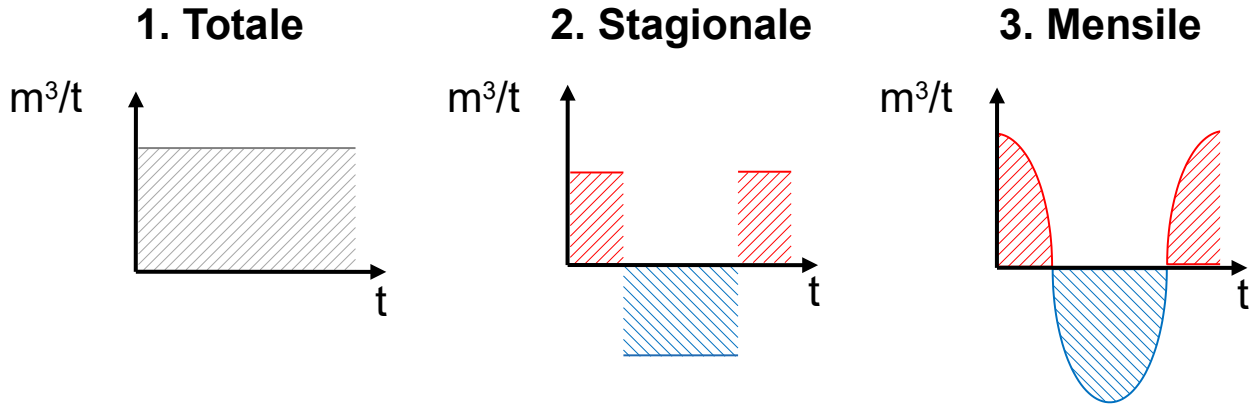


Condivisione dati *(in preparazione)*

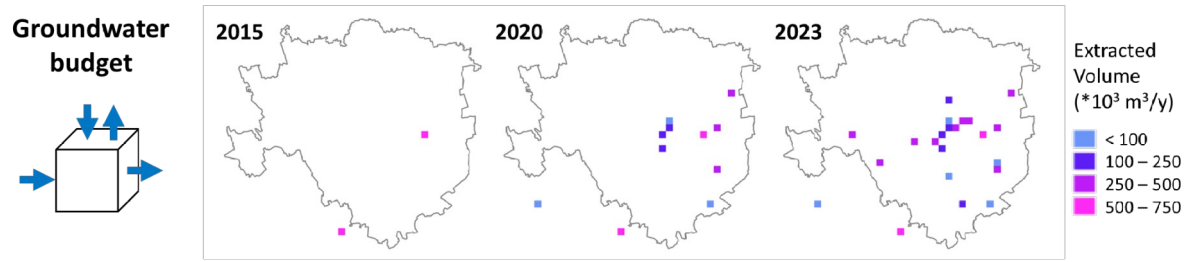
Condivisione dati per pianificazione/verifica potenziale geotermico e progettazione:

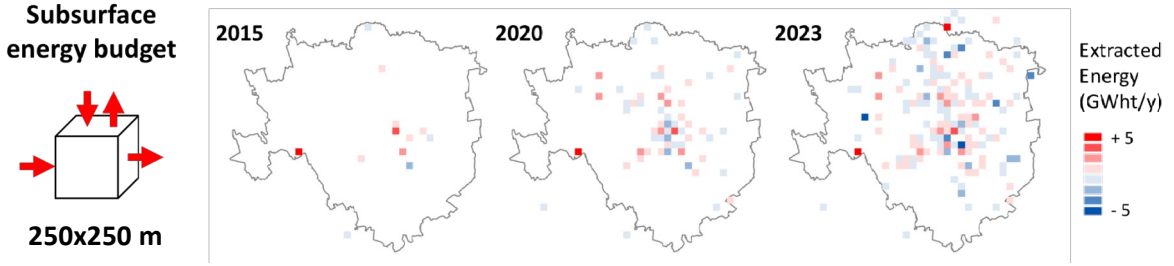
- Temperatura I[a] falda
- Trasmissività acquifero
- **Funzionamento energetico impianti**

Volume emunto/iniettato



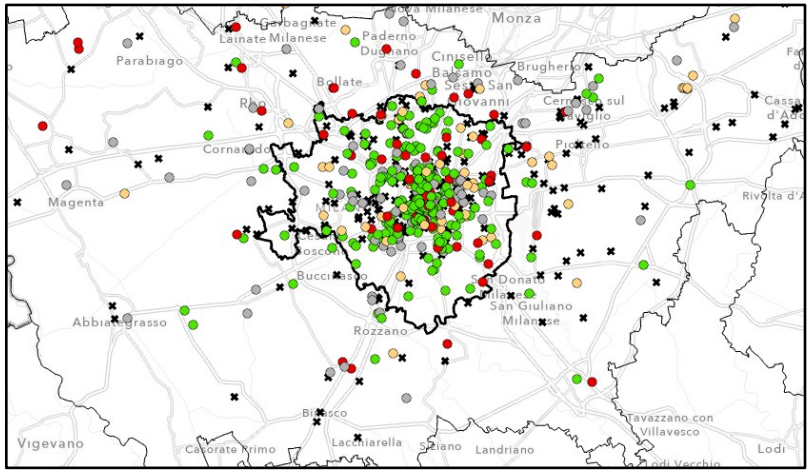
Analisi bilancio idrico ed energetico sottosuolo

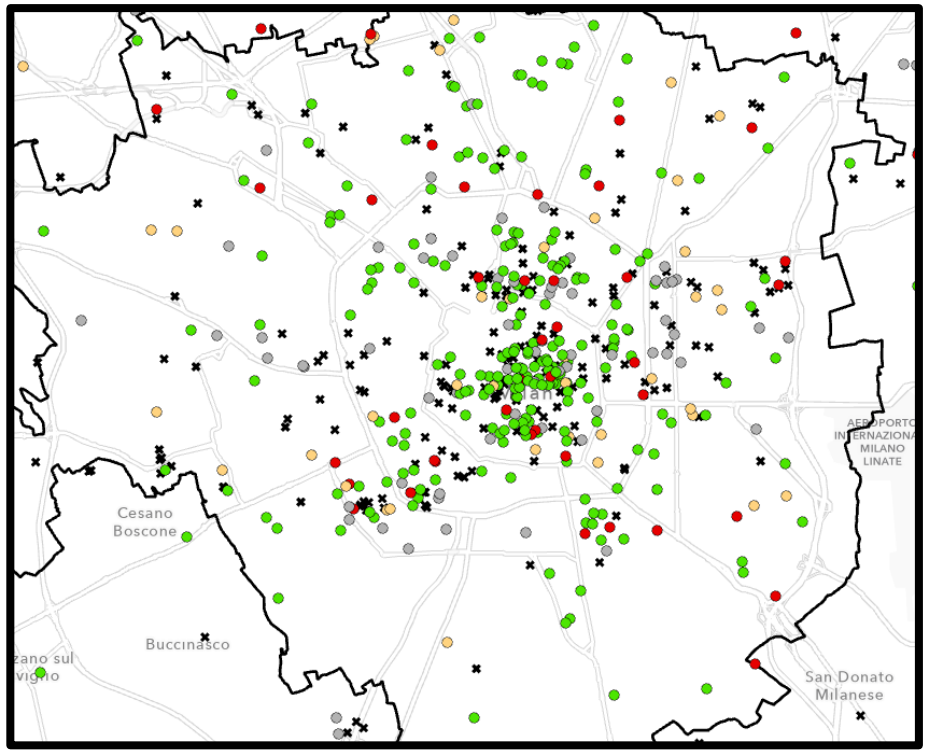




Valutazione risorsa utilizzata / risorsa disponibile

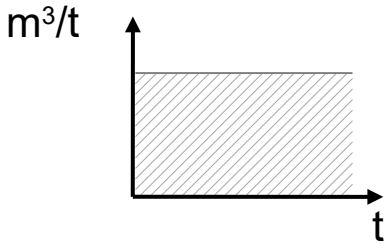
Condivisione dati *(in preparazione)*



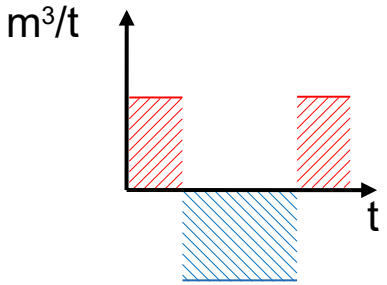


Volume emunto/iniettato

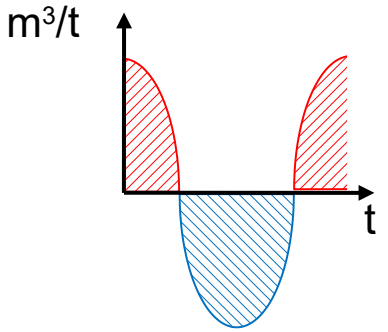
1. Totale 🔴



2. Stagionale 🟡



3. Mensile 🟢



Risoluzione dato:

- 🟢 Mensile (297)
- 🟡 Stagionale (65)
- 🔴 Totale (82)
- ⚫ Nessun dato (209)

✖ Non digitalizzato (296)

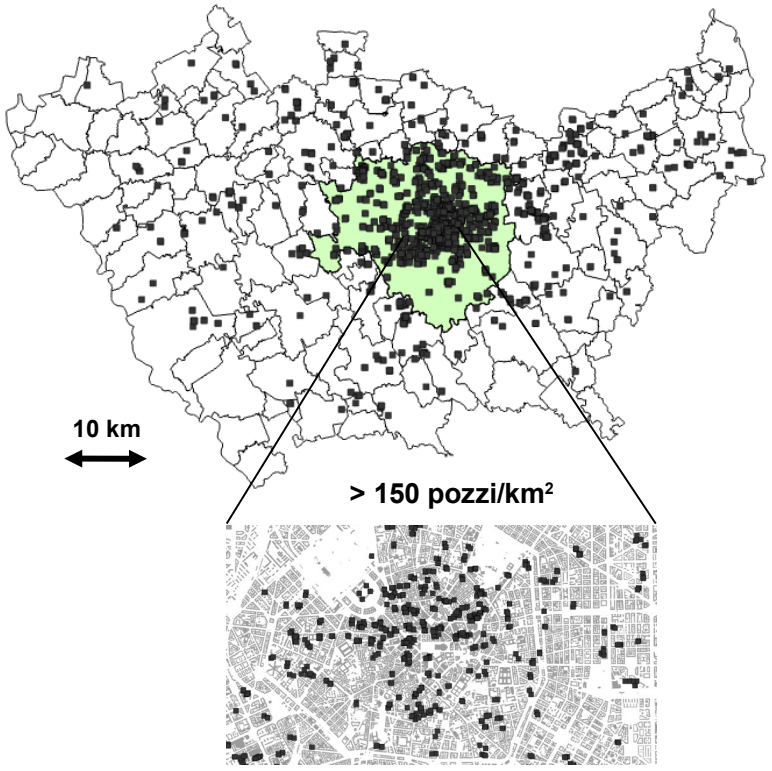
Procedura autorizzativa e pianificazione/gestione della risorsa

Step futuri: creazione webgis per condivisione stima impatti sulla base dei carichi progettuali/reali dichiarati

FASE II

Principali criticità:

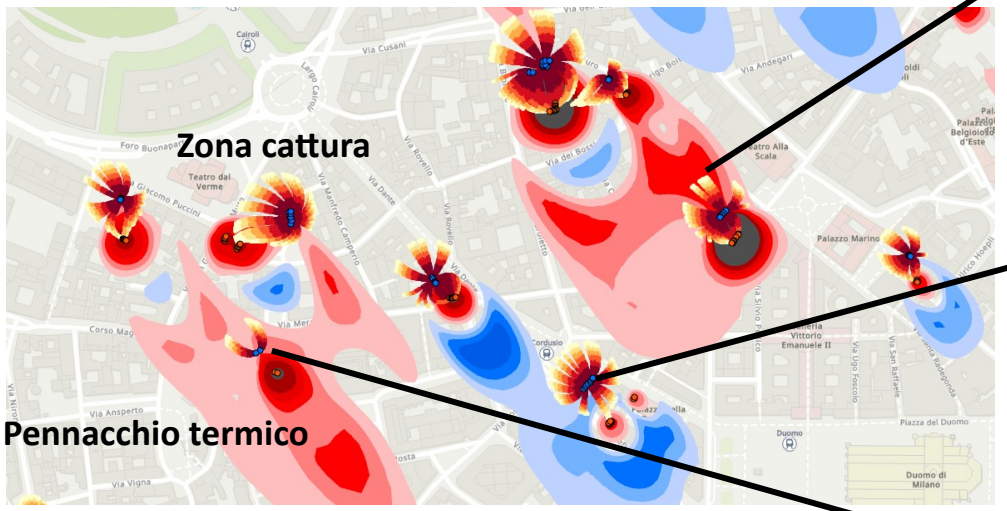
1) Sostenibilità risorsa
2) Interferenza tra sistemi



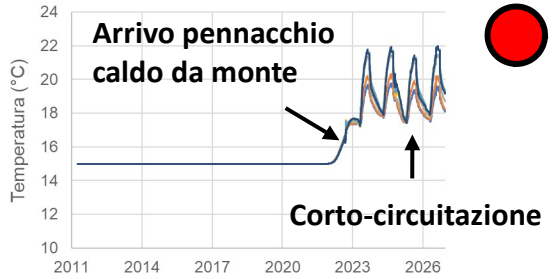
Valutazione a scala metropolitana

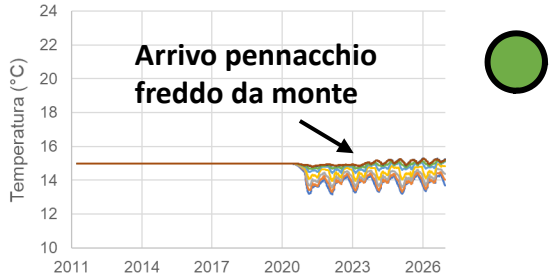
Simulazione delle interferenze

(modello numerico o analitico)



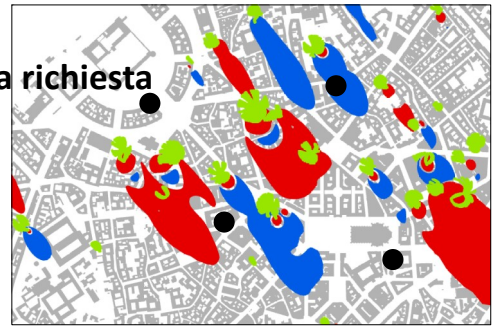
+ 5°C
+ 1°C
- 5°C
- 1°C

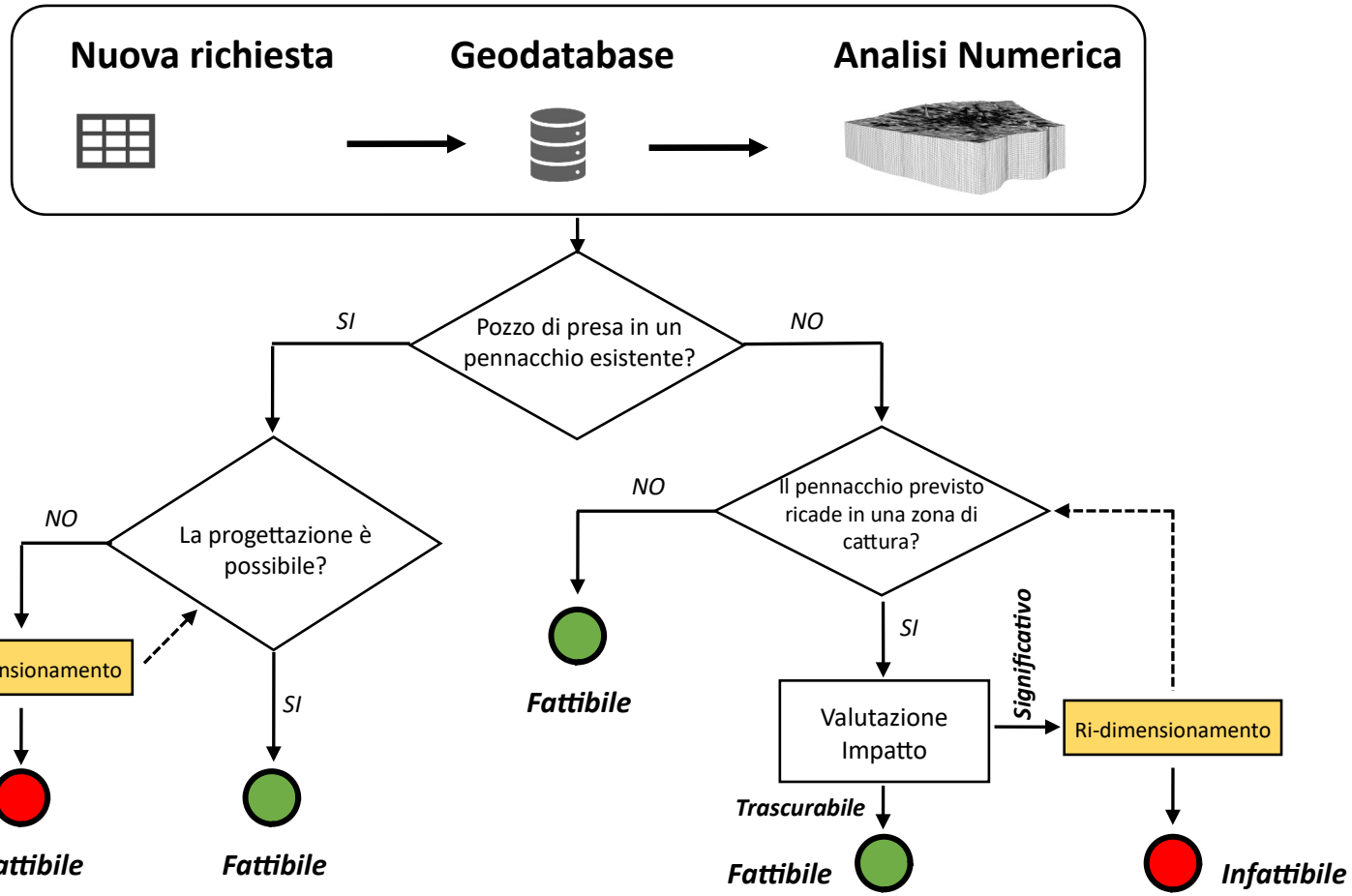




Procedura autorizzativa e pianificazione/gestione della risorsa

FASE II

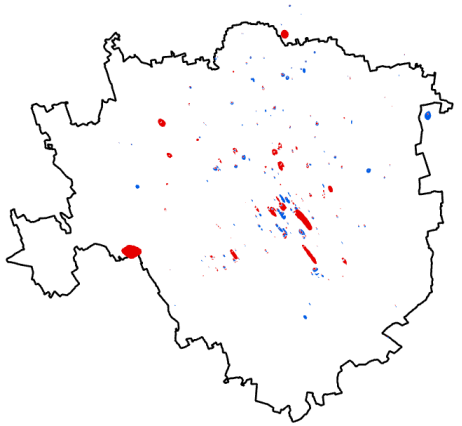




Obiettivi per una procedura autorizzativa:

- raccolta dati automatica e aggiornamento **webgis** in continuo
- valutazione quantitativa degli effetti in tempo reale

- **Impatto di nuove installazioni**
- **Limiti su energia e acqua estraibili**



Grazie per l'attenzione!

GRUPPO IDROGEO-TERMICO MUSA

Giovanni Crosta, **Alberto Previati**,
Riccardo Castellanza, Paolo Frattini, Valerio Silvestri

Università degli Studi di Milano-Bicocca
Dip. Scienze dell'Ambiente e della Terra (DISAT)