

LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**



Modellazione numerica come strumento di gestione sostenibile degli emungimenti: potenzialità e trappole

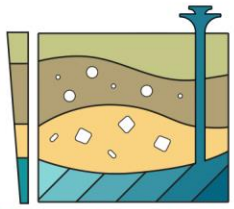
Francesca Lotti

f.lotti@hydrosymple.com



School of
hydrogeological
modelling &
Project-related
strategies

<https://hydrosymple.com>



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE

Cosa ci aspettiamo da un modello numerico?

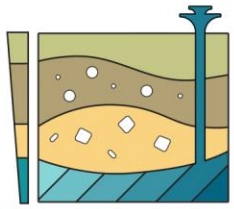
Migliorare le conoscenze vs risolvere un problema



Soluzione di un problema specifico



Migliorare le conoscenze (se fine a se stesso!)



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE

Cosa ci aspettiamo da un modello numerico?

Domanda: dove sono i miei calzini?



Ipotesi alternativa (H_1)

***Gli extra-terrestri hanno invaso casa
e rubato i miei calzini.***

C'è una possibile correlazione tra due
variabili - di solito ciò che il modellista
pensa e cerca di confermare con

Certezza

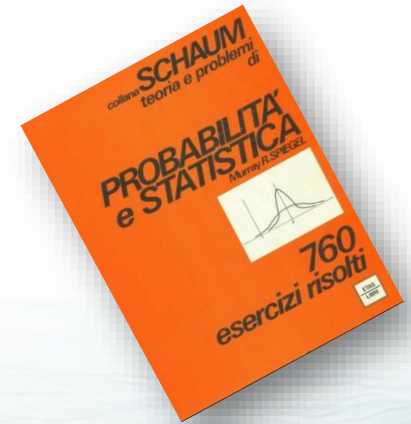


Ipotesi nulla (H_0)

***Non sono proprio sicura che siano stati gli
alieni. Potrebbero esserci altre spiegazioni
alla scomparsa dei miei calzini.***

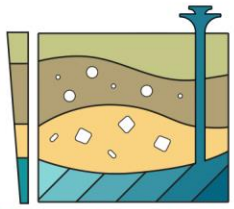
Non c'è correlazione diretta tra due variabili -
di solito è l'ipotesi che il modellista vorrebbe
respingere, ammettendo un

Range di Possibilità



Un'ipotesi nulla può essere
respinta se la sua
probabilità di verificarsi
viene valutata come
bassa.

Se non è possibile, è
necessario dimostrare che
le informazioni disponibili
sono **insufficienti per
consentire il rifiuto
dell'ipotesi.**



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE

Cosa ci aspettiamo da un modello numerico?

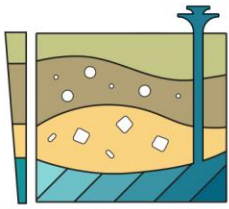
Prodotto vs Processo



- Inviare i dati a un modellista consulente esterno;
- Ottenere il report del modello il prima possibile;
- Se non soddisfatti, incolpare il modellista e chiedergli di cambiare l'output del modello.

Il “**Processo**” è il prodotto...

Se la modellazione genera **discussioni, dubbi, lacune nei dati, incongruenze concettuali**... allora il modello avrà fatto bene il suo lavoro!



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

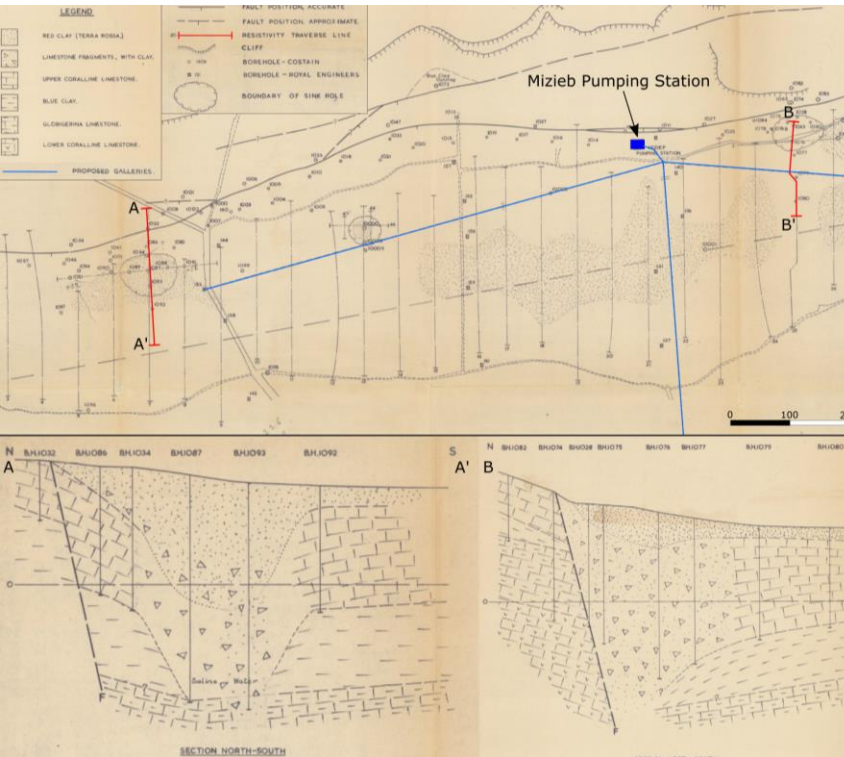
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

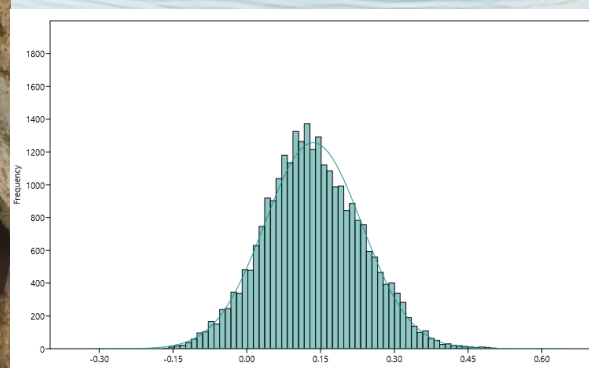
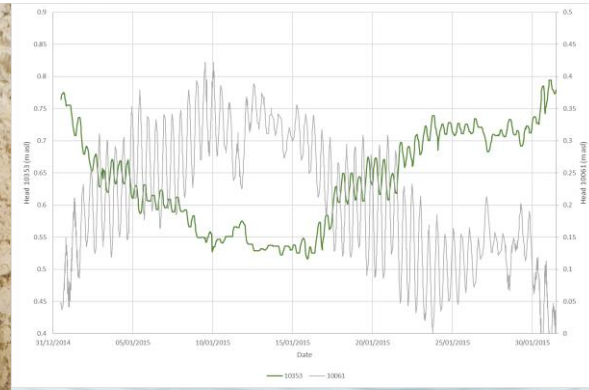


Cos'è che "nutre" un modello numerico?

Data assimilation

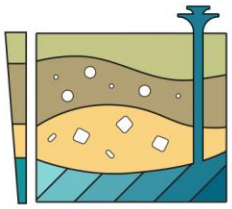


MALTA B.H. No. 54.
No. 7, BORING SECTION, R.E.
Boring crew: C.E. MALTA
DATE COMMENCED: 17. 4. 44
DATE COMPLETED: 24. 4. 44
STRATA: THICKNESS: DEPTH:
Yellow calcareous marl with thin pebbly bands (Upper Sub. C.) 36 0-36
Transition zone 2 36-38
Grey-green marl (Lower Sub. B) 86 38-124
REMARKS:
This hole was not done at the request of C.E. to seek for 1500 g.p.h. condensate water for refrigeration plant under construction by 36 Water Supply Coy., S.E.C.
No appreciable influx of water was obtained in the depth to which it was taken. Although water only seeps from the edge of the gravel harbor, the water was evidently held down and took several hours to fill up to the sea level, again being not discontinued at 124 ft. because of conditions for foundation of a separating wall were being held up by the presence of the boring rig. (2) owing to the rapid thinning of the upper sub. formation, since the harbor area, no reliable estimate could be made of the depth, minimum of which the future water-bearing formation of the Upper Sub. (B), Lower Sub. (C), and the Lower Coralline Limestone might be expected. See further NIM 151 dated 23. 4. 44.
Station: MALTA
Date: 23. 4. 44
Please find Section of Borehole on Reverse.
J. G. ... O.C.
No. 7, Boring Section, R.E.
SERIAL NUMBER, 69.



Processo = veicolo che consente il FLUSSO dell'informazione da dove risiede...

fino a dove SERVE!!



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

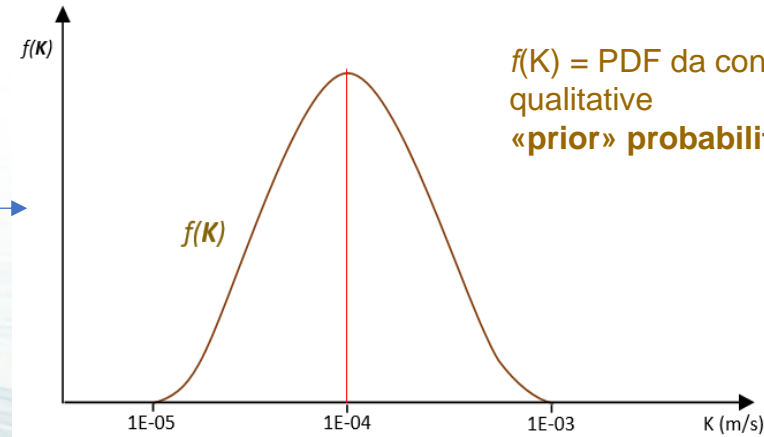
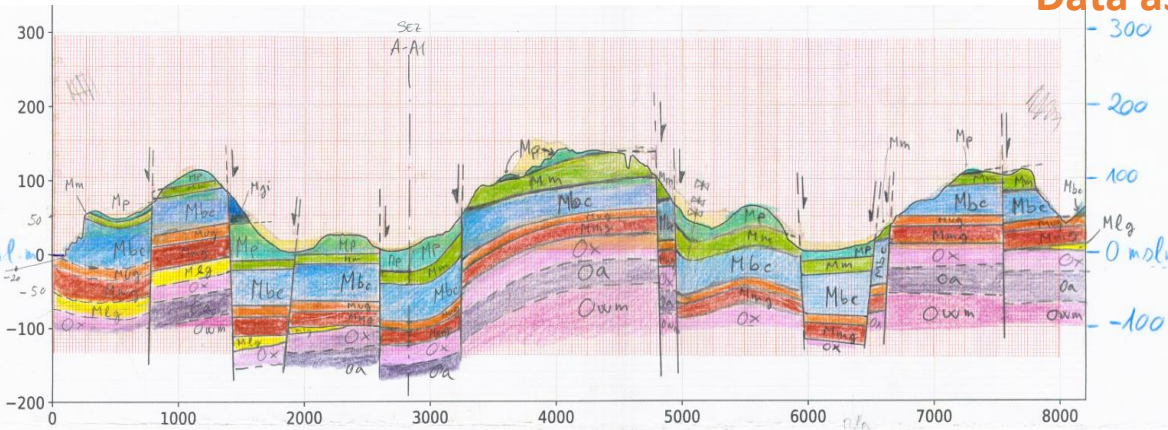
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

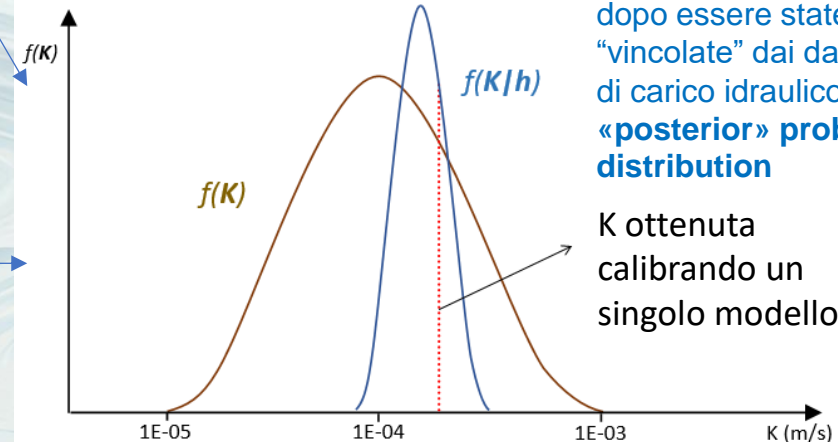
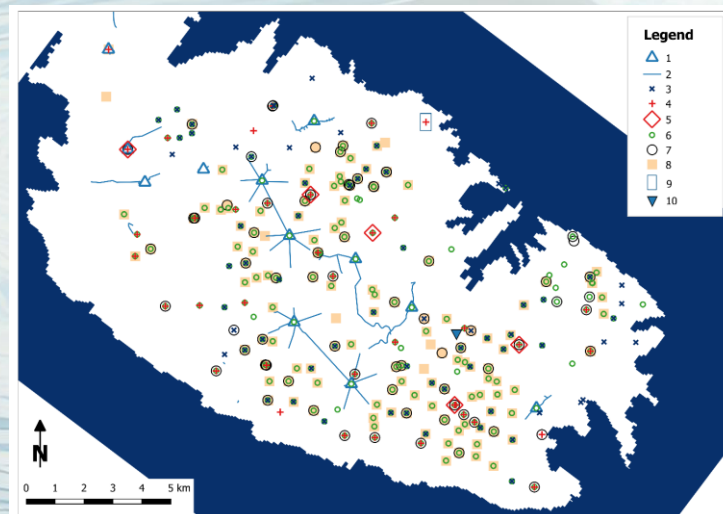


Cos'è che "nutre" un modello numerico?

Data assimilation



$f(K)$ = PDF da conoscenze qualitative
«prior» probability distribution

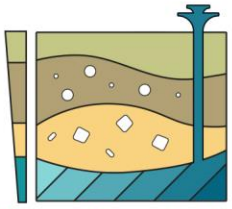


$f(K|h)$ = PDF da conoscenze qualitative dopo essere state "vincolate" dai dati osservati di carico idraulico h.
«posterior» probability distribution

K ottenuta calibrando un singolo modello

[Lotti et al. \(2021\). NCoM \(Numerically Enhanced COncceptual Modelling\) of two small Maltese Aquifers: Mizieb and Pwales. Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater, 10\(1\).](#)

<https://doi.org/10.7343/as-2021-496>



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE

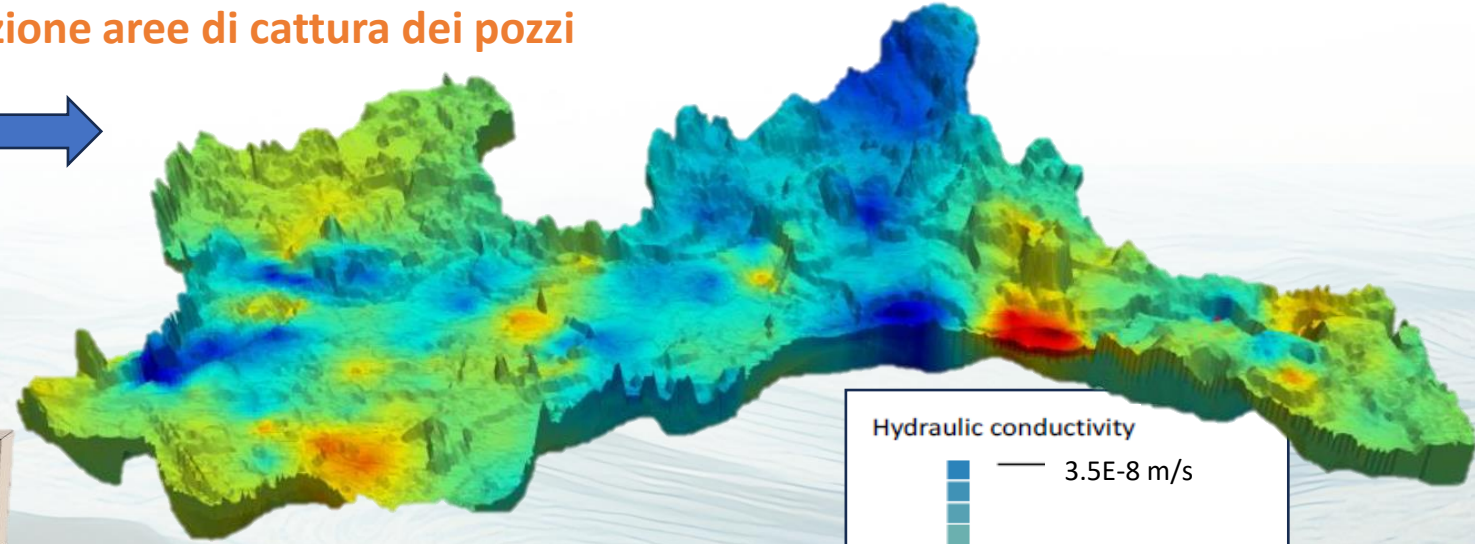
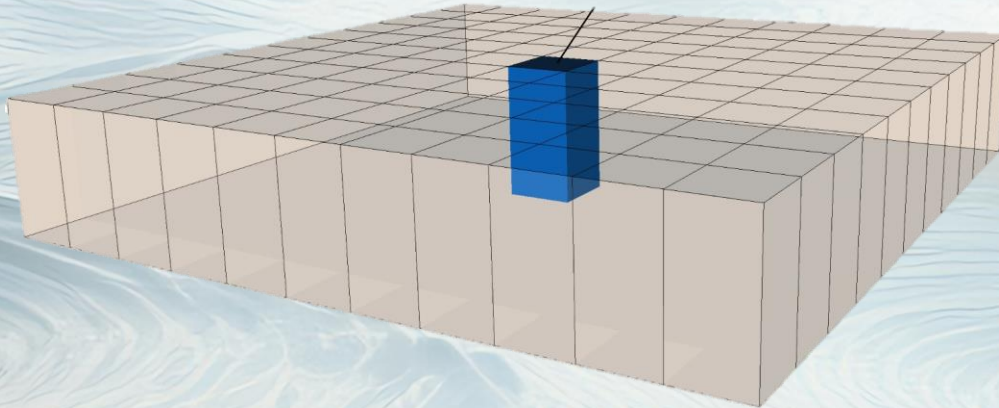
Due esempi di Modelli Numerici

Delimitazione aree di cattura dei pozzi

MODFLOW

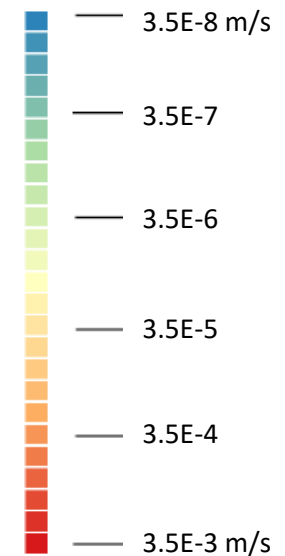


Pozzo di pompaggio

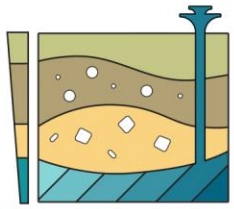


- Gradiente idraulico 0.0001 – 0.01

Hydraulic conductivity



- Conducibilità idraulica 2.3E-4 m/s
- Gradiente idraulico 0.003



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

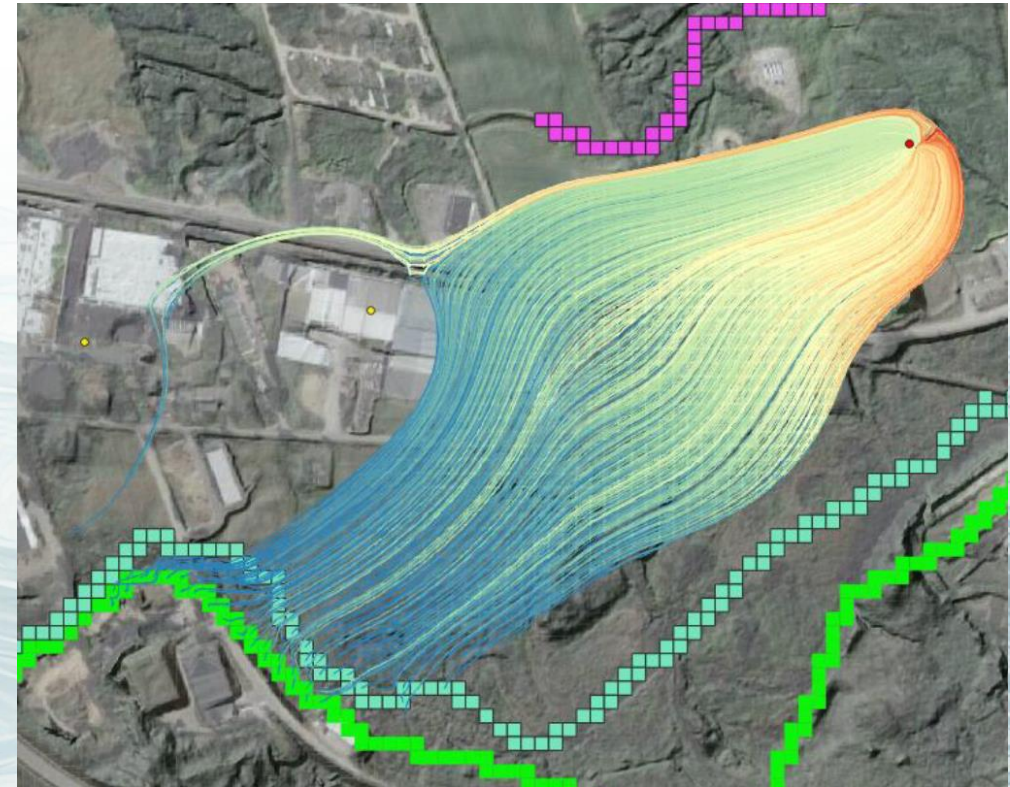
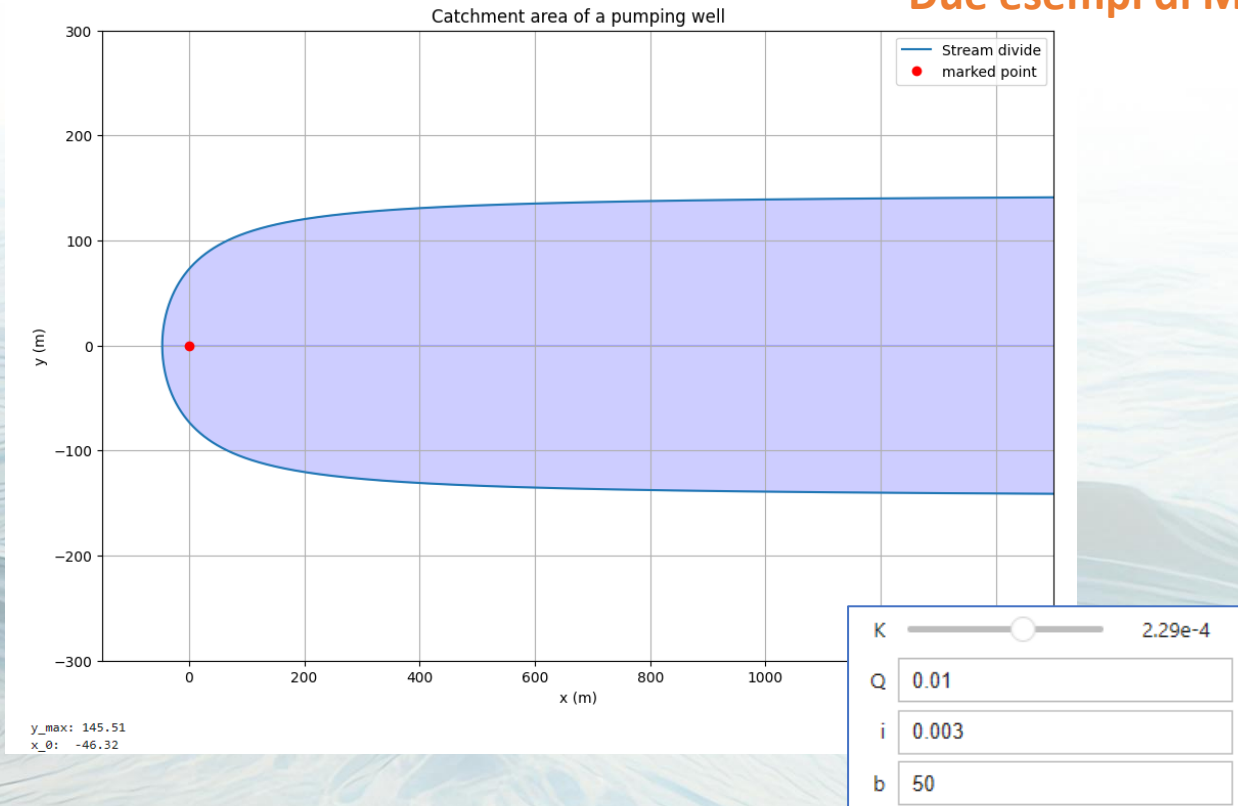
organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

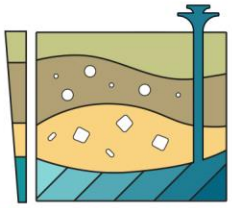


Delimitazione aree di cattura dei pozzi

Due esempi di Modelli Numerici



- Q = 0.01 # Portata, in m³/s
- K = 2.3E-4 # Conducibilità idraulica in m/s
- i = 0.003 # Gradiente idraulico «regionale»
- b = 50 # Spessore dell'acquifero **omogeneo ed isotropo** in m



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

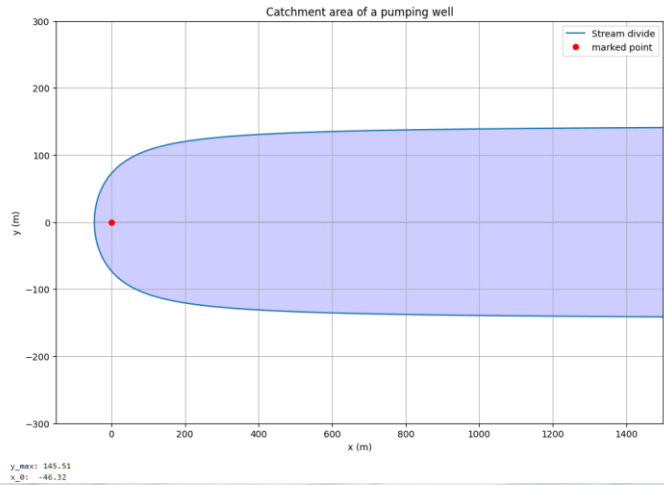
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

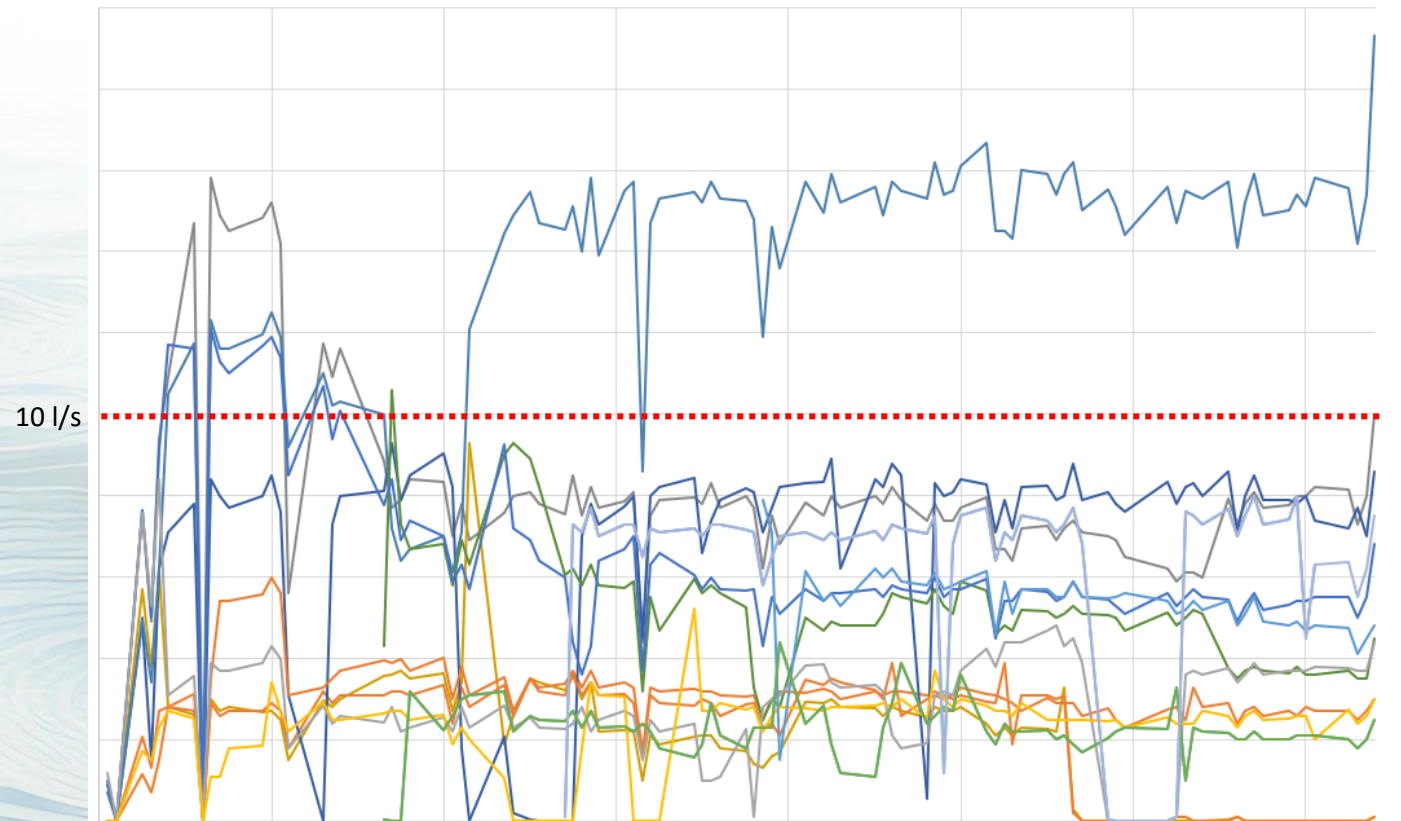


Delimitazione aree di cattura dei pozzi

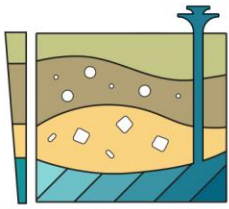
Definizione degli INPUT



K	<input type="text" value="2.29e-4"/>
Q	<input type="text" value="0.01"/>
i	<input type="text" value="0.003"/>
b	<input type="text" value="50"/>



Q = 0.01 # Portata di emungimento, in m³/s



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

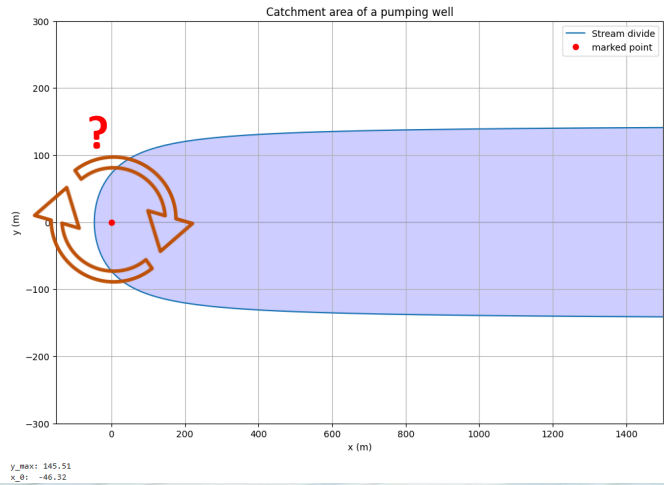
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

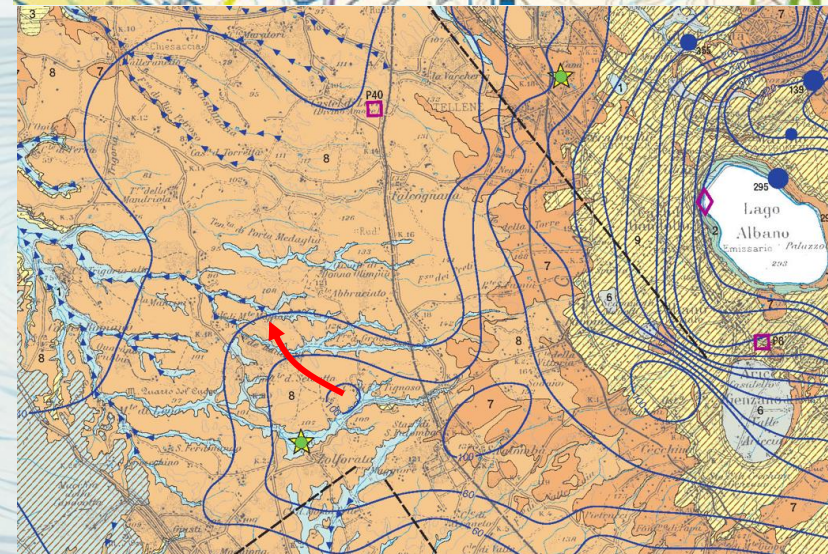
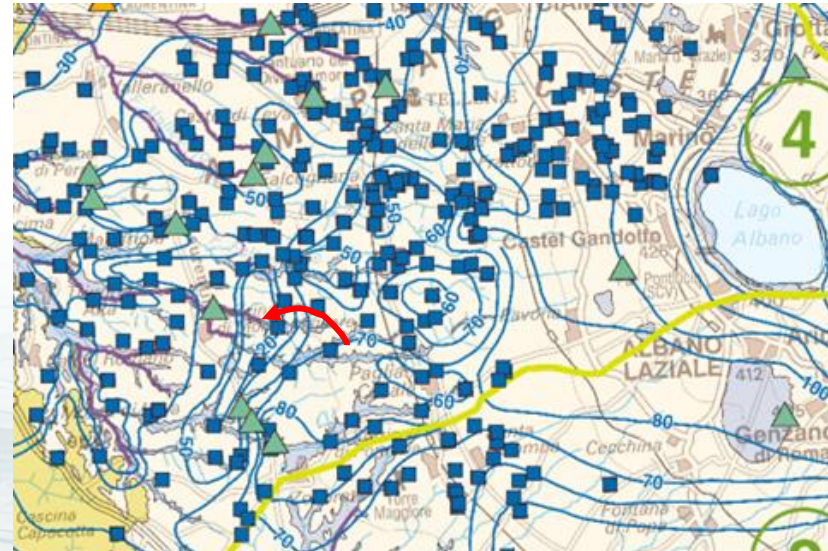


Delimitazione aree di cattura dei pozzi

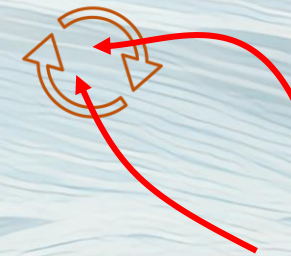
Definizione degli INPUT

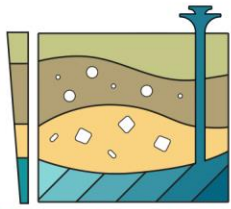


K	<input type="text" value="2.29e-4"/>
Q	<input type="text" value="0.01"/>
i	<input type="text" value="0.003"/>
b	<input type="text" value="50"/>



$$i_{\text{medio}} = (70 - 20) / 1400 = 0.036$$
$$i_{\text{medio}} = (100 - 60) / 2000 = 0.020$$





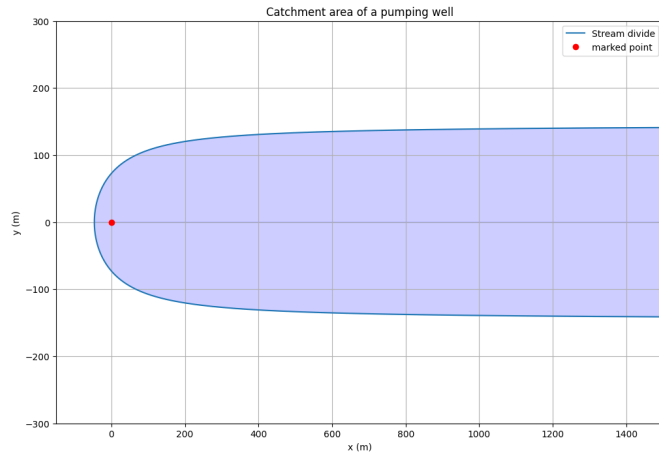
LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER A

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la

organizzato da

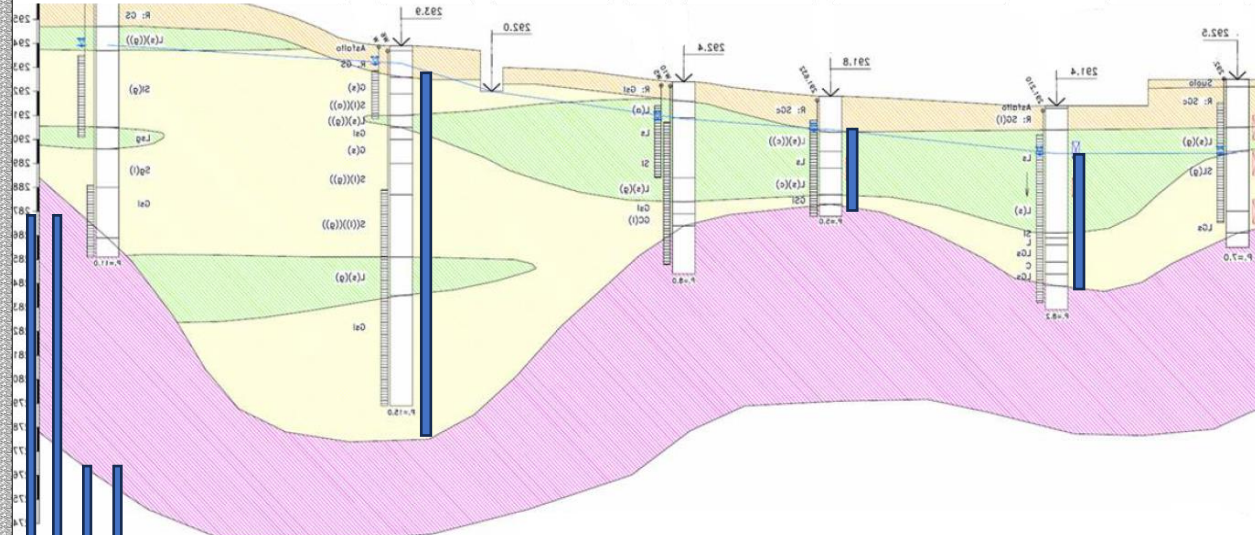
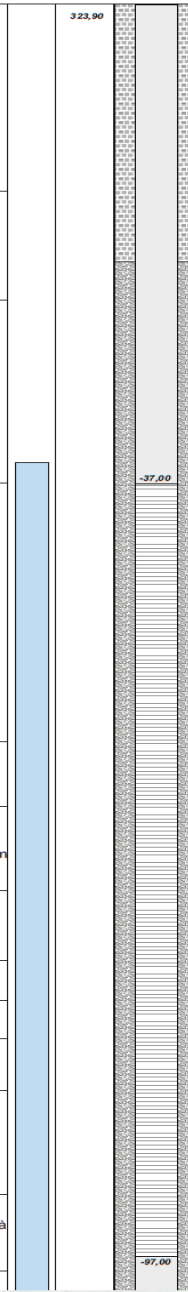
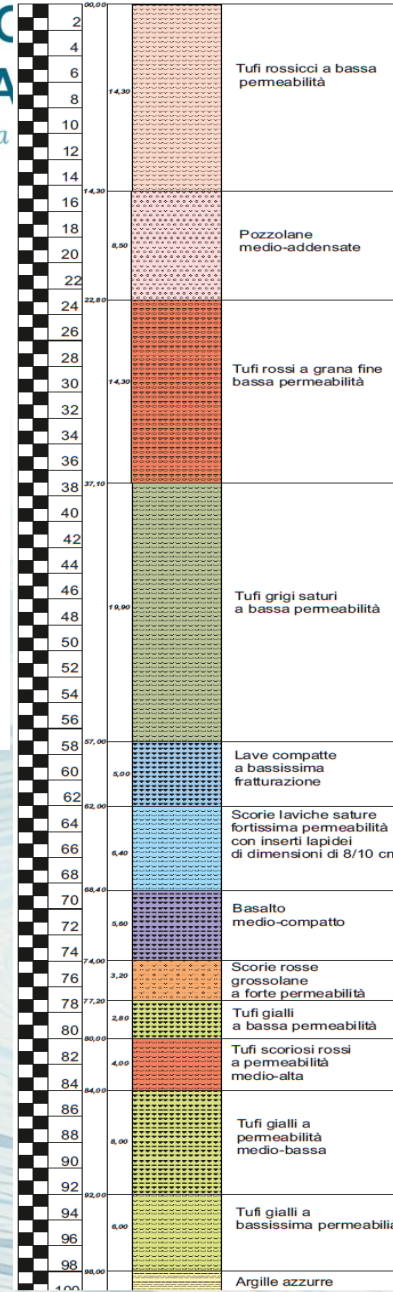


Delimitazione aree di cattura dei pozzi Definizione degli INPUT

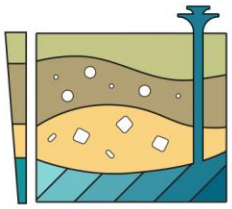


y_max: 145.51
x_0: -46.32

K	<input type="text" value="2.29e-4"/>
Q	<input type="text" value="0.01"/>
i	<input type="text" value="0.003"/>
b	<input type="text" value="50"/>



60 - 48 - 34 - 28 m

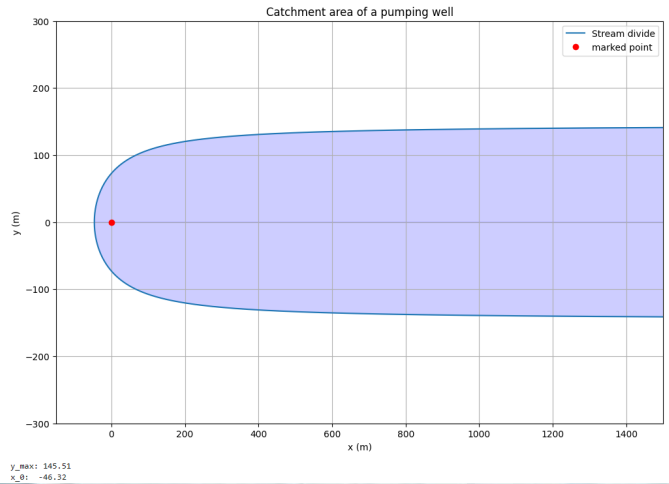


LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

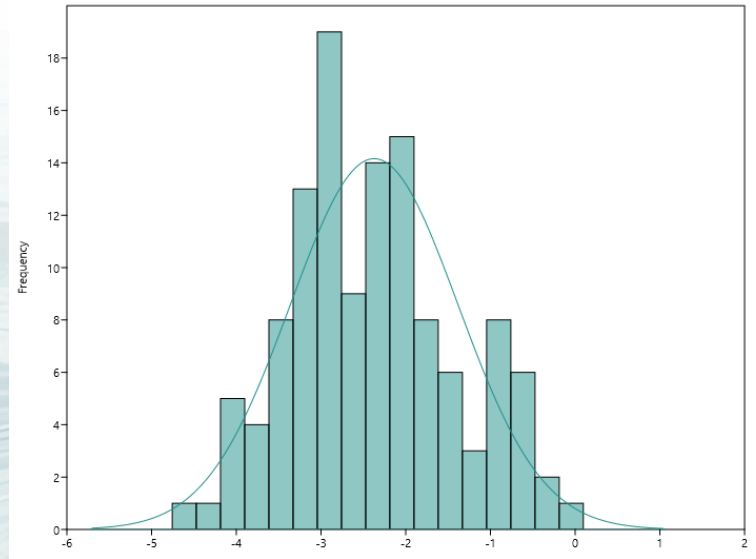
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

Delimitazione aree di cattura dei pozzi

Definizione degli INPUT

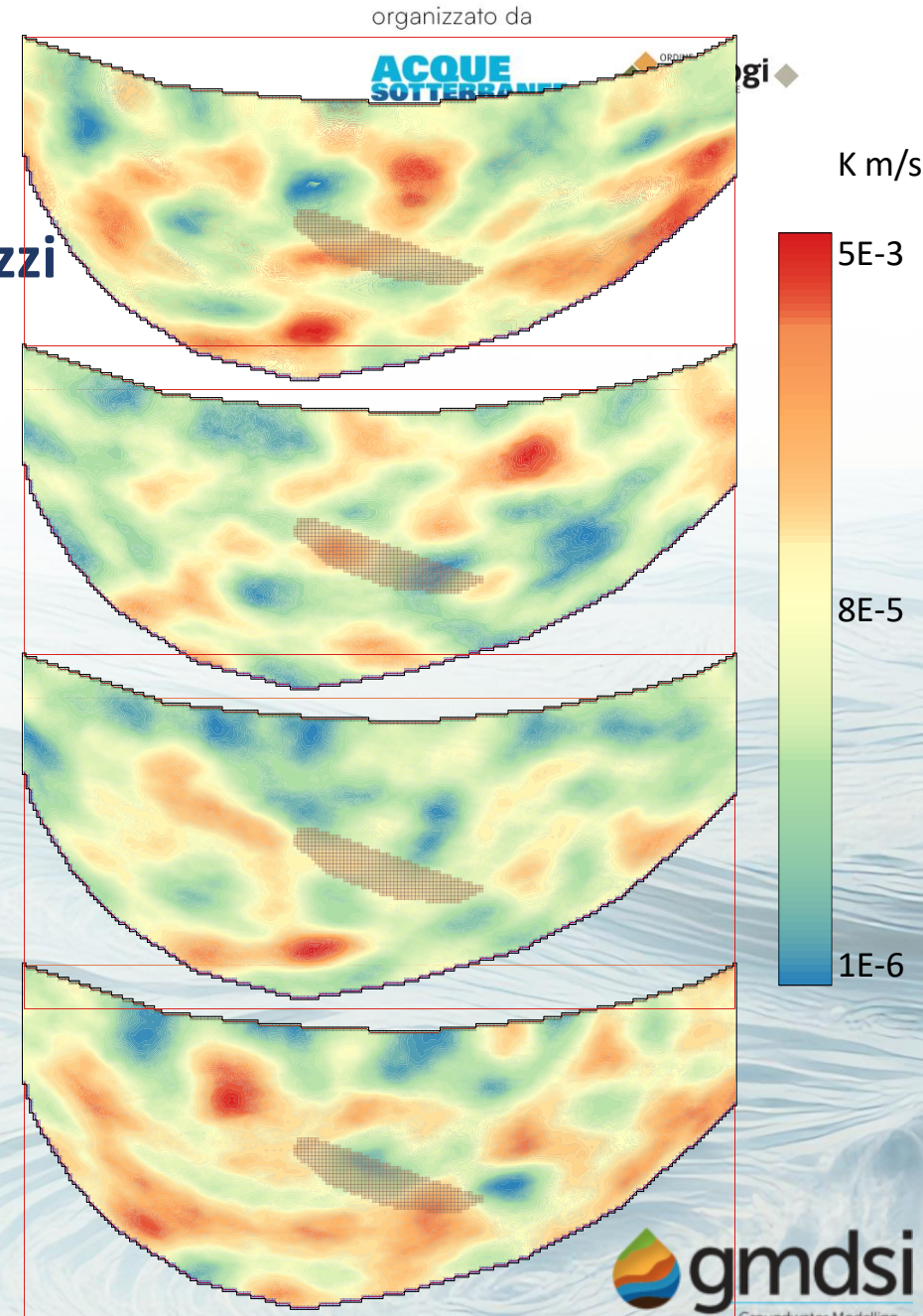


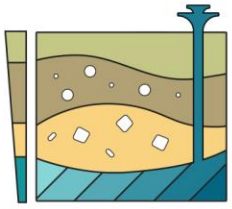
K	<input type="text" value="2.29e-4"/>
Q	<input type="text" value="0.01"/>
i	<input type="text" value="0.003"/>
b	<input type="text" value="50"/>



1E-5 m²/s ←→ 1.4 m²/s

$K = T/b???$





LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

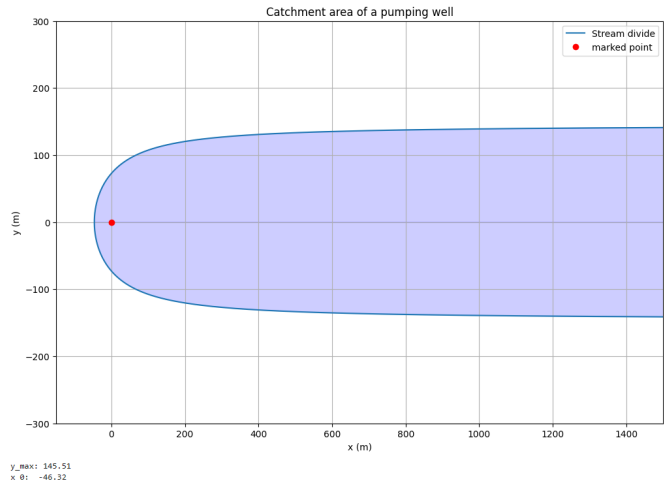
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

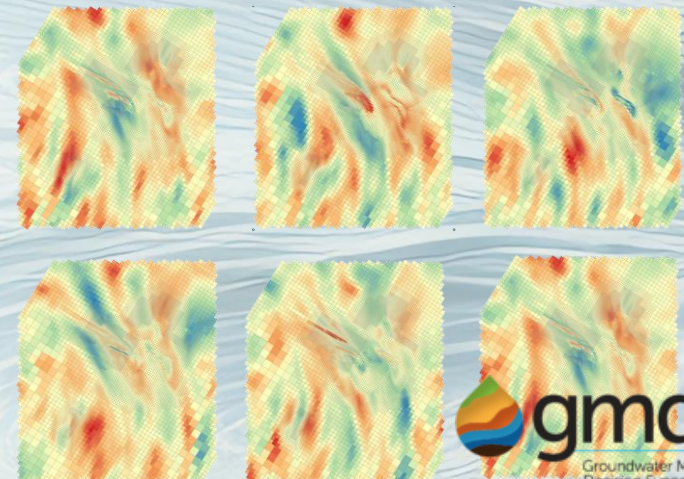
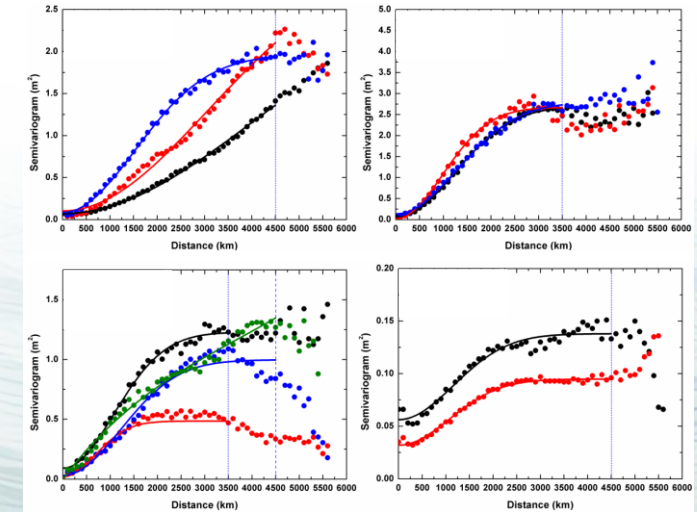
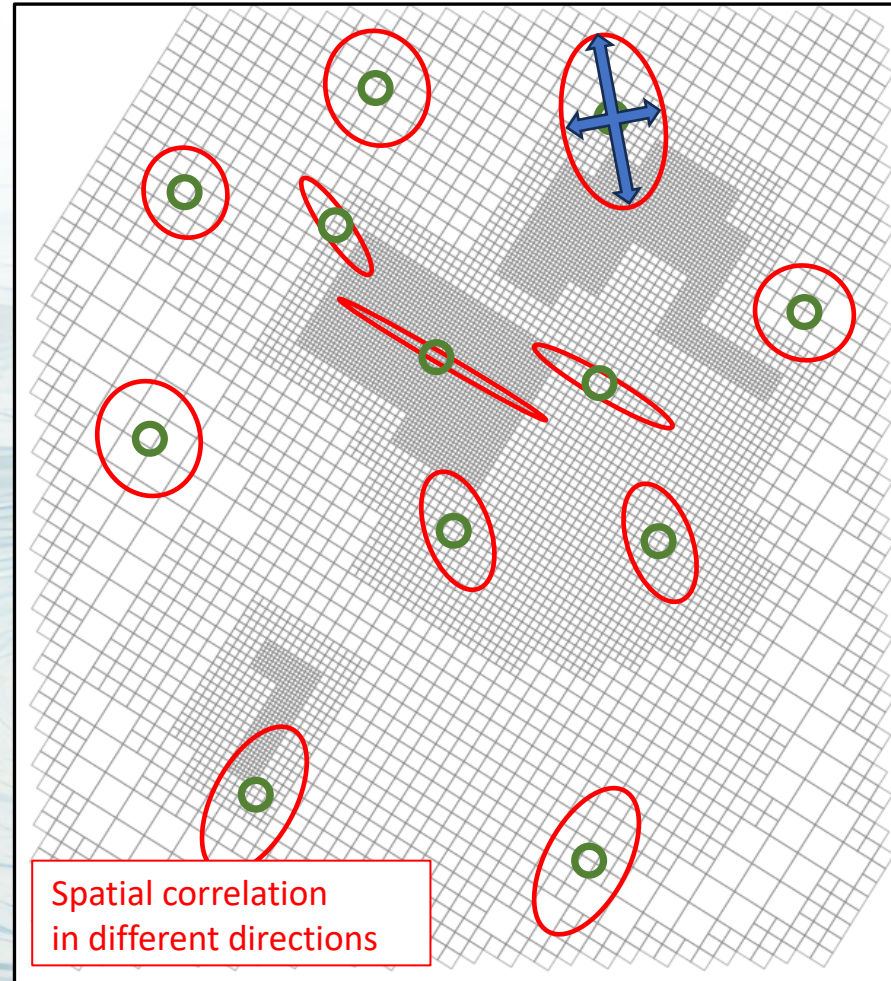


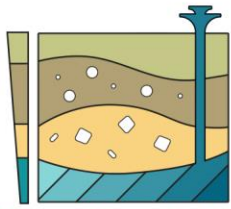
Delimitazione aree di cattura dei pozzi

Definizione degli INPUT



K	<input type="text" value="2.29e-4"/>
Q	<input type="text" value="0.01"/>
i	<input type="text" value="0.003"/>
b	<input type="text" value="50"/>





LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

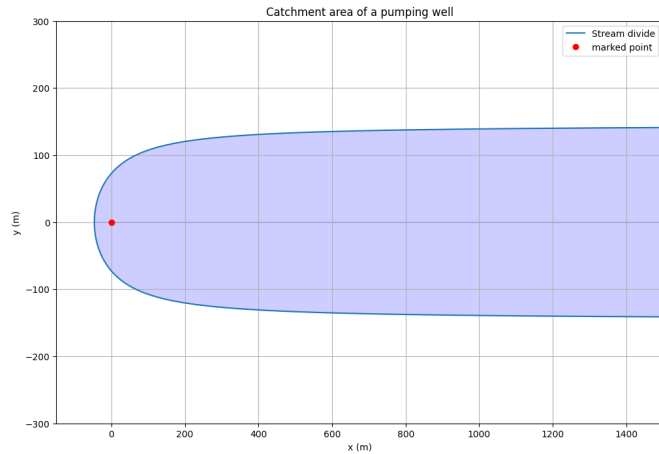
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

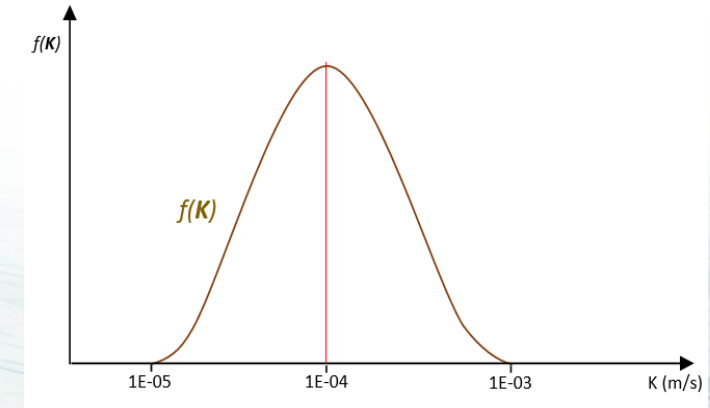


Delimitazione aree di cattura dei pozzi

Definizione degli INPUT



K più probabile: $2.3E-3$ m/s
in un range possibile tra
 $6.1E-4$ e $1.01E-2$ m²/s



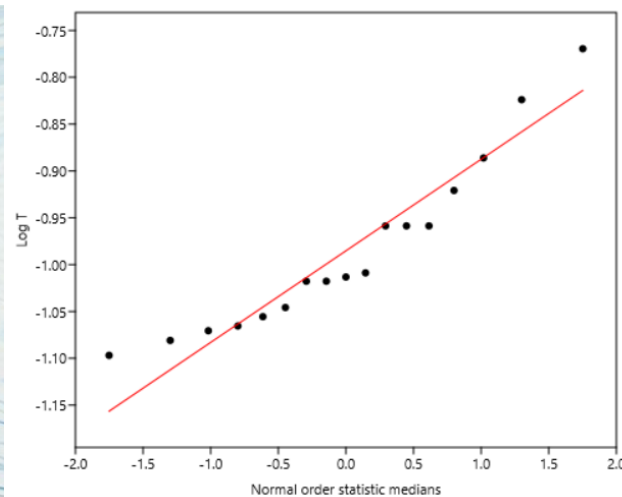
y_max: 145.51
x_0: -46.32

K

Q

i

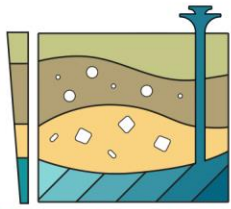
b



Transmissivity (m²/s; Log-transformed)

N	17	Median	0.097
Min	0.011	25 prcntil	0.087
Max	0.17	75 prcntil	0.115
Sum	1.799	Skewness	1.439484
Mean	0.1058235	Kurtosis	1.756973
Std. error	0.006009328	Geom. mean	0.1034609
Variance	0.0006139044	Coeff. var	23.4136
Stand. dev	0.02477709		

**Most probable T value: $1E-1$ m²/s in a possible range from
 $1.1E-2$ to $1.15E-1$ m²/s**



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

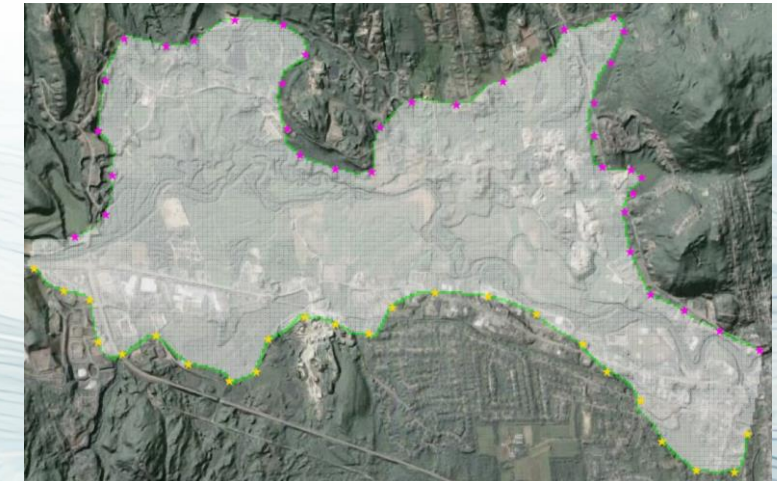
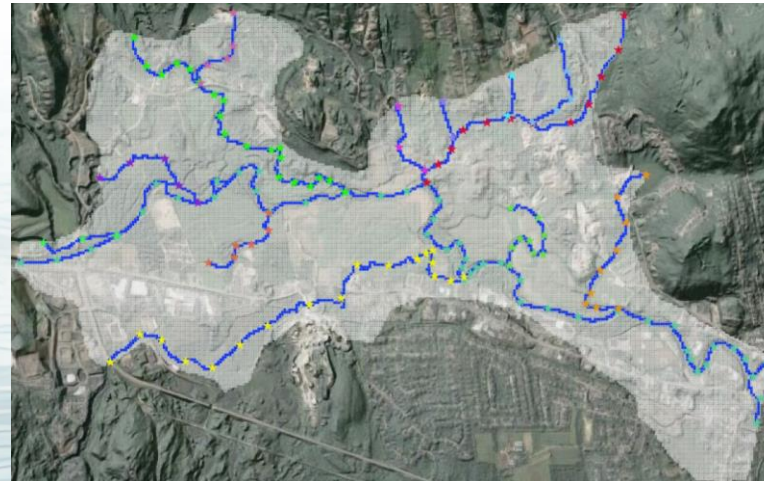
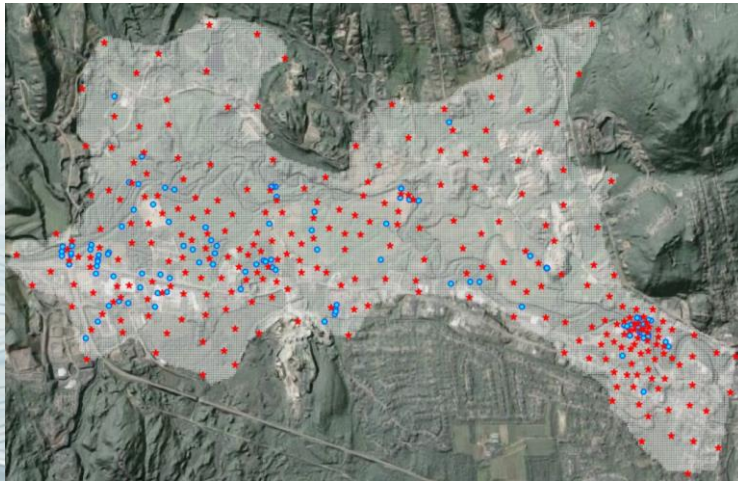
organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**



Delimitazione aree di cattura dei pozzi

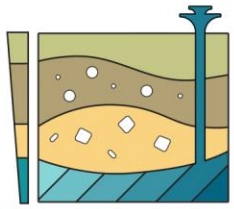
Osservazioni e assimilazione dell'informazione



Data assimilation tramite **PEST** (Doherty, 2015)
associata a **200 realizzazioni equiprobabili ed
ugualmente calibrate**
(range di K, conduttanza del fiume, conduttanza
GHB, Ricarica, Porosità, spessore acquifero...)



[Doherty, J., Rumbaugh, J. and Muffels, C., \(2021\). Probabilistic Contributing Area Analysis. A GMDSI Worked Example Report. National Centre for Groundwater Research and Training, Flinders University, South Australia. ISBN: 978-1-925562-57-6; DOI: <https://doi.org/10.25957/m47c-ra29>](#)



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

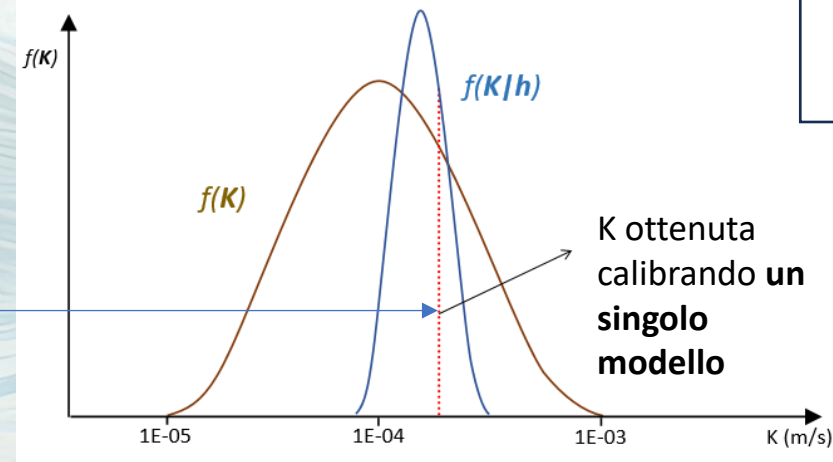
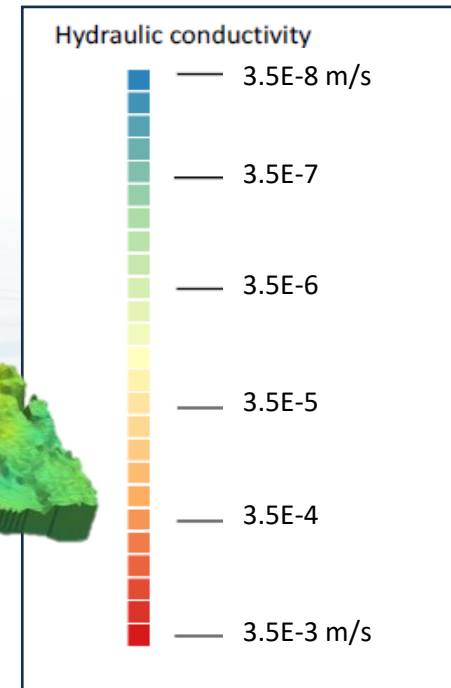
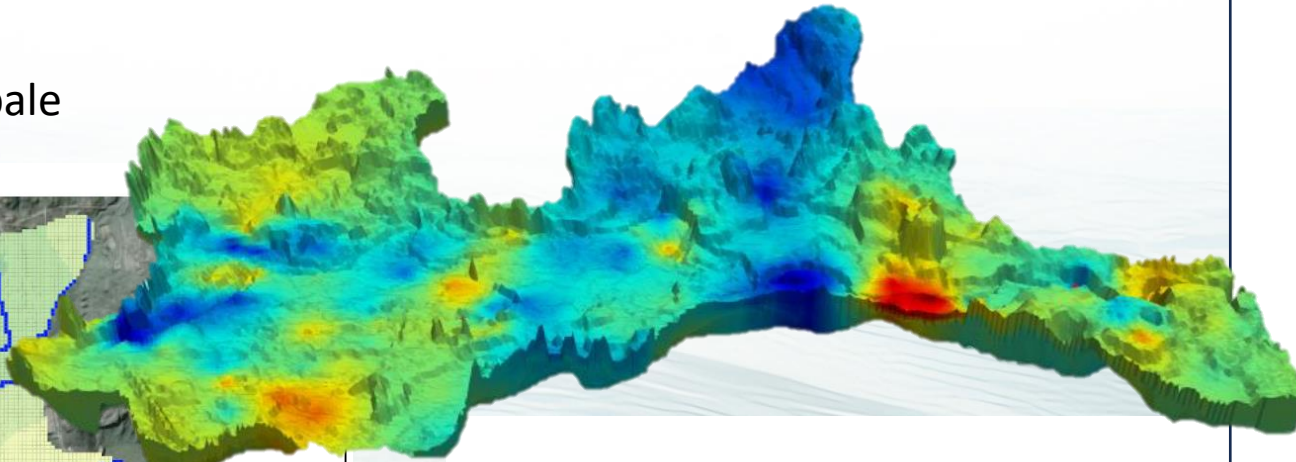
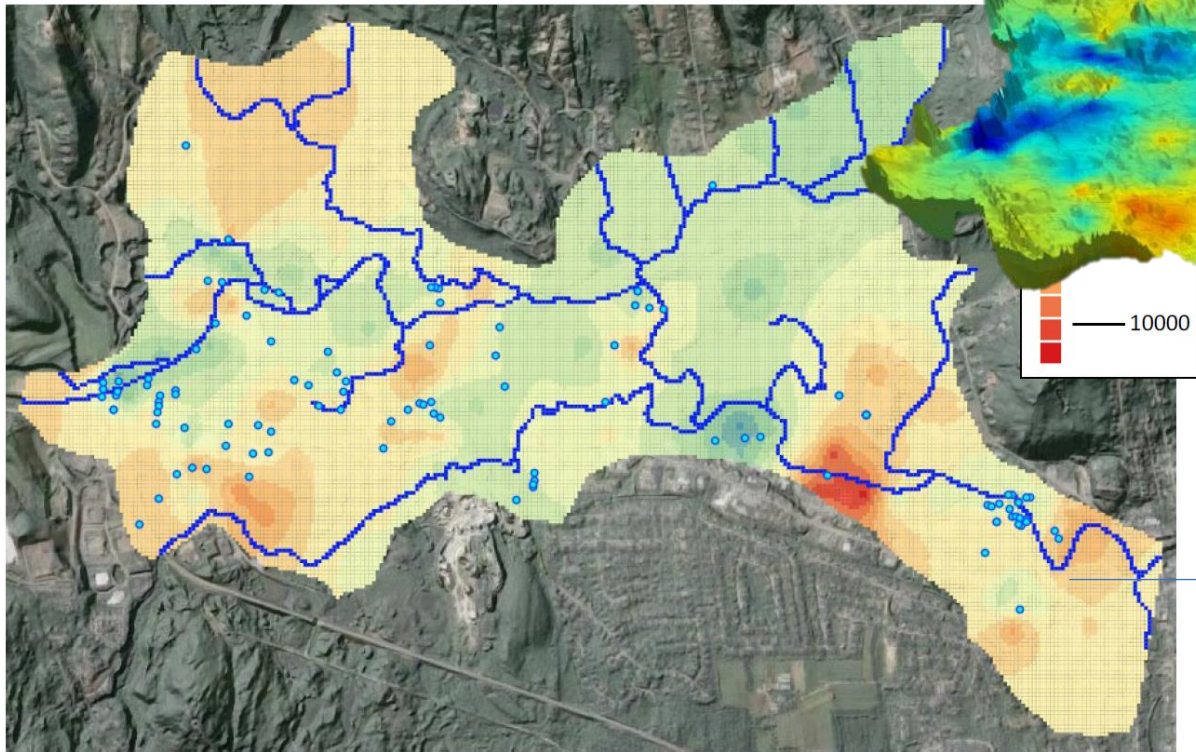
**ACQUE
SOTTERRANEE**

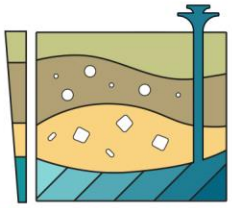
ORDINE
geologi
MARCHE

Delimitazione aree di cattura dei pozzi

Osservazioni e assimilazione dell'informazione

Osservazioni: 124 pozzi e piezometri, 45
sezioni su corso d'acqua drenante principale
(Milford, New Hampshire)





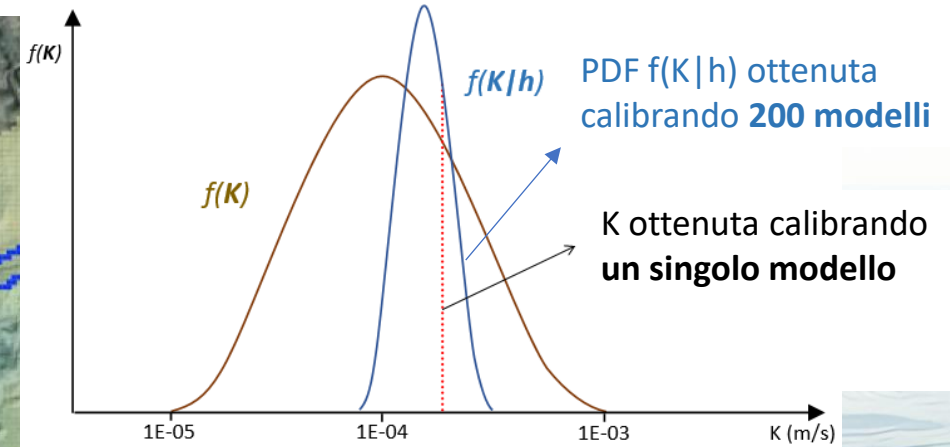
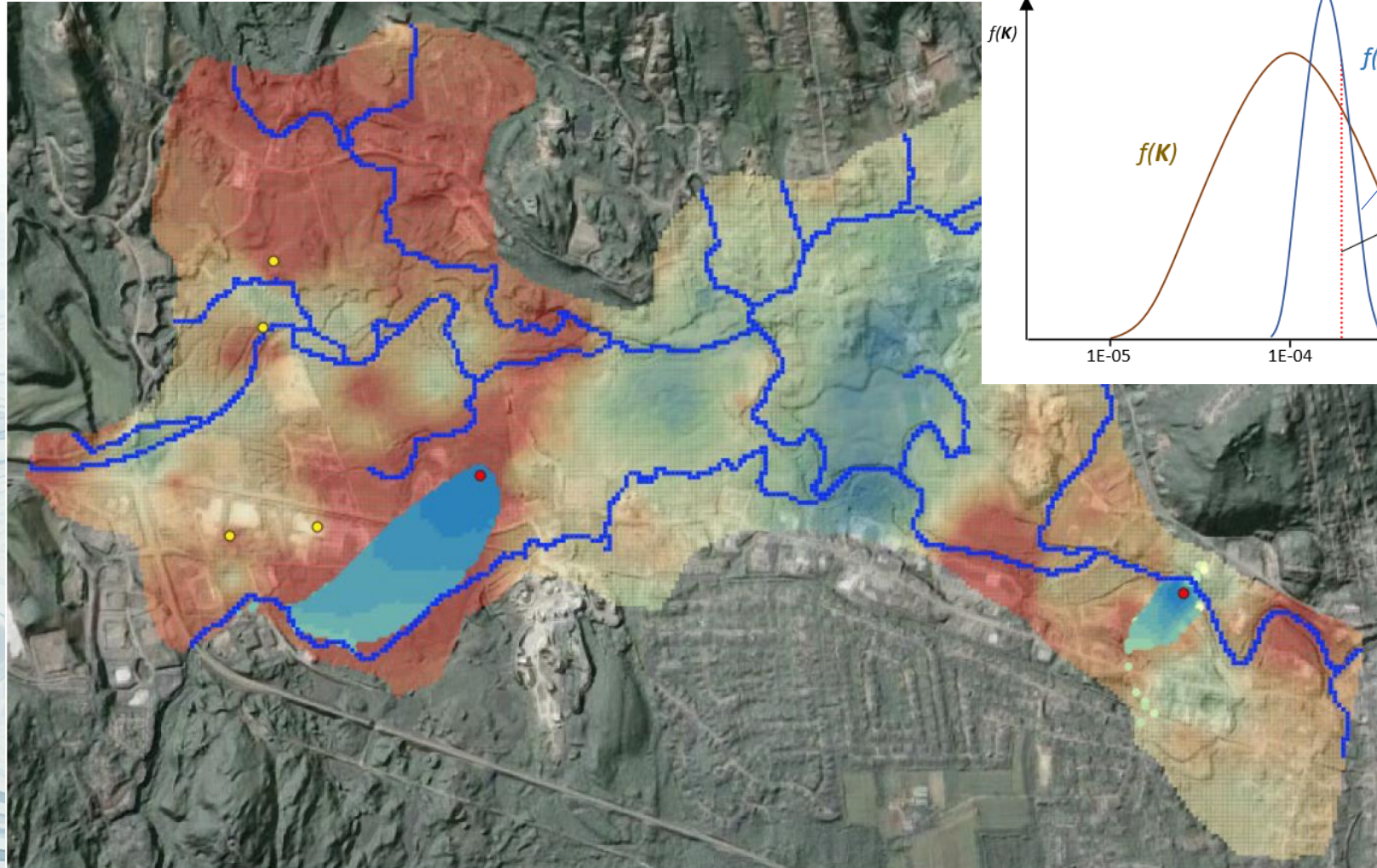
LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

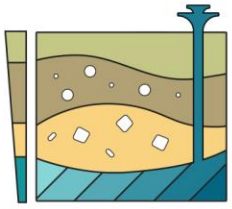
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE





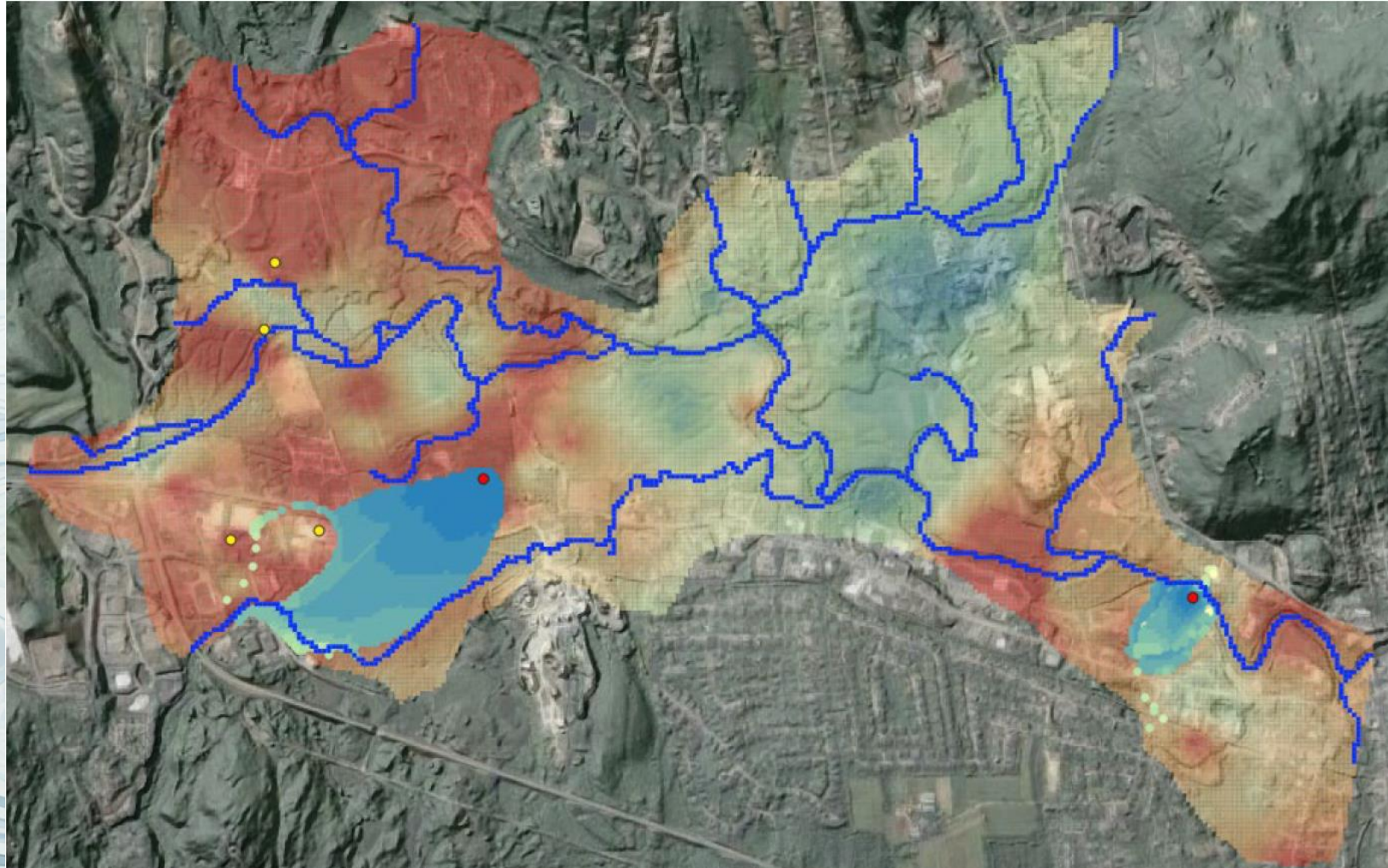
LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

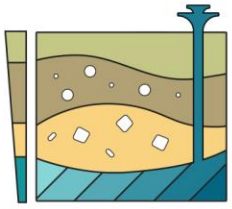
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE





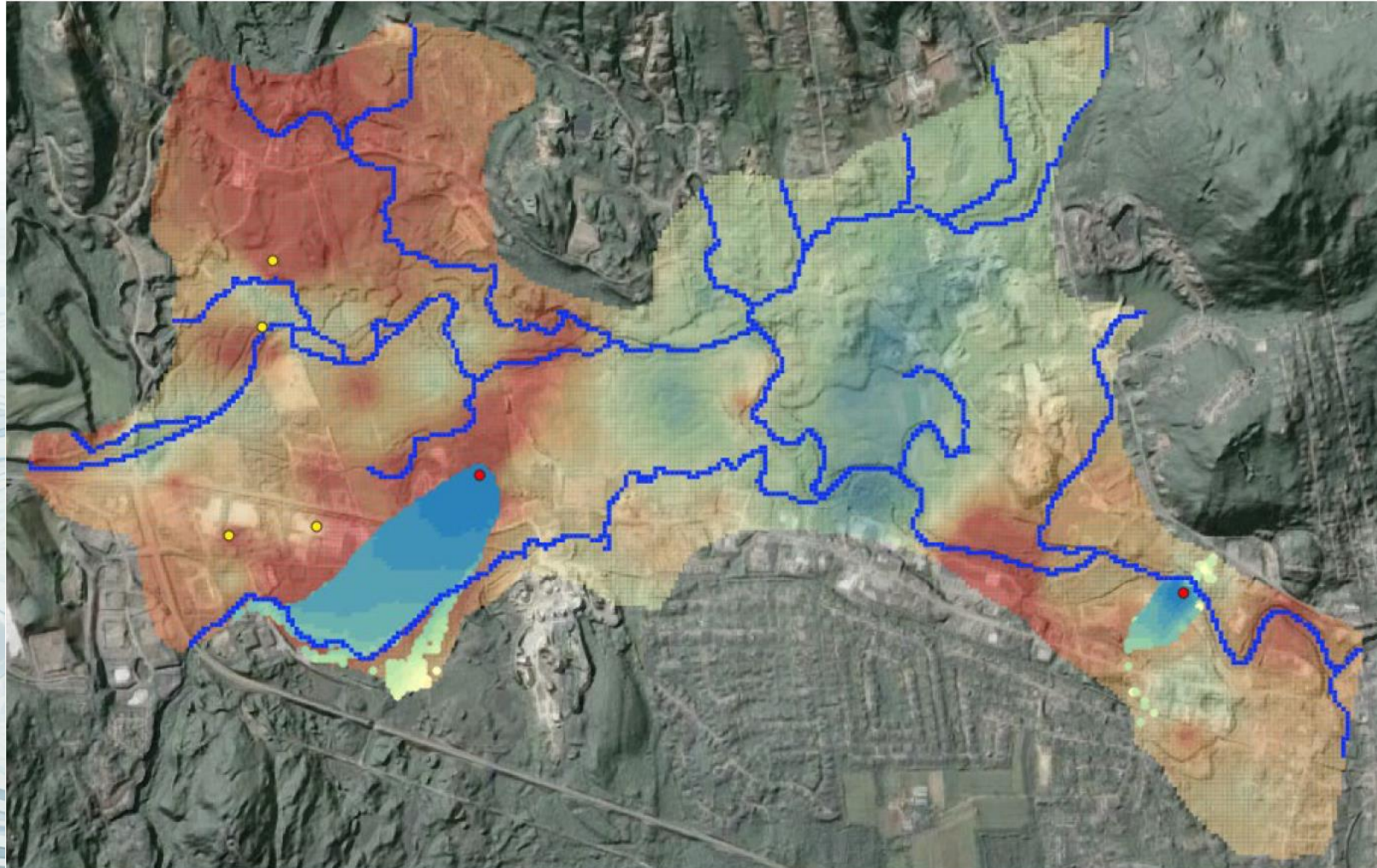
LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

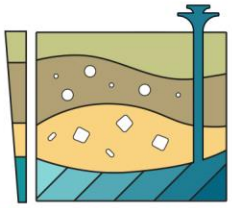
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE





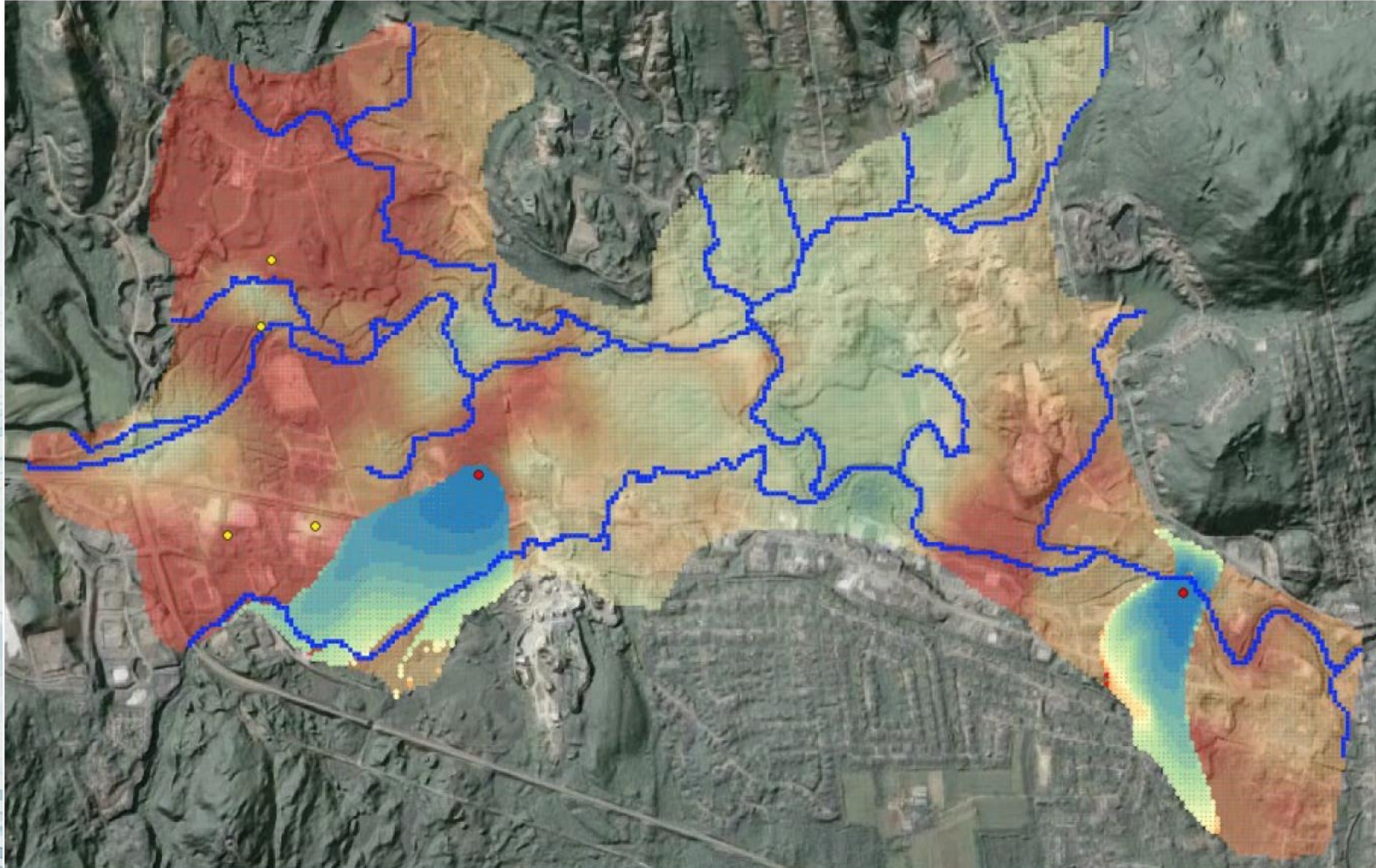
LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

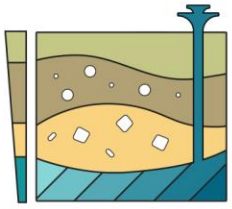
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE





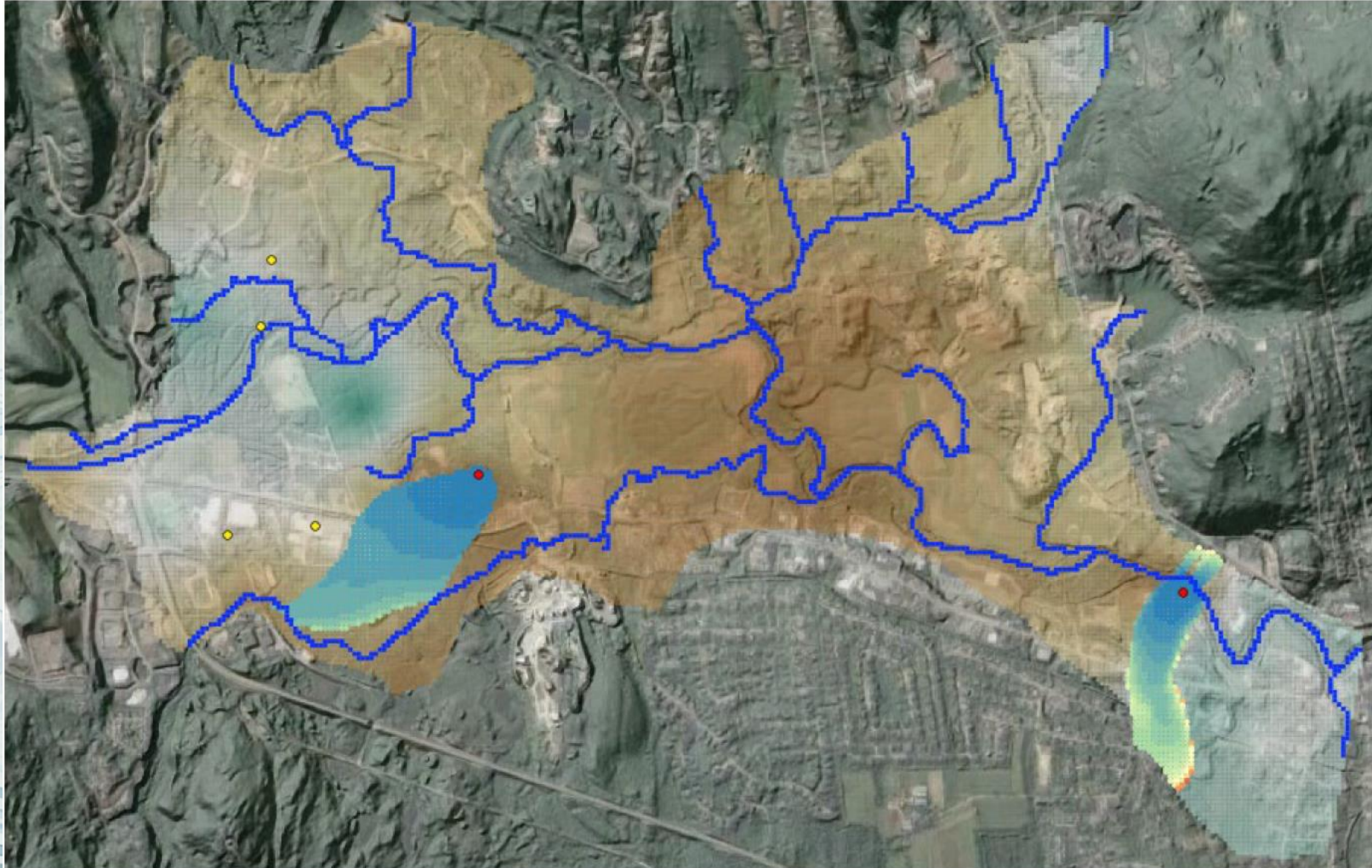
LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

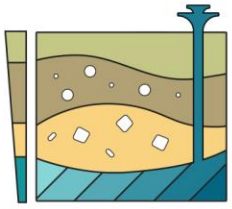
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

**ORDINE
geologi
MARCHE**





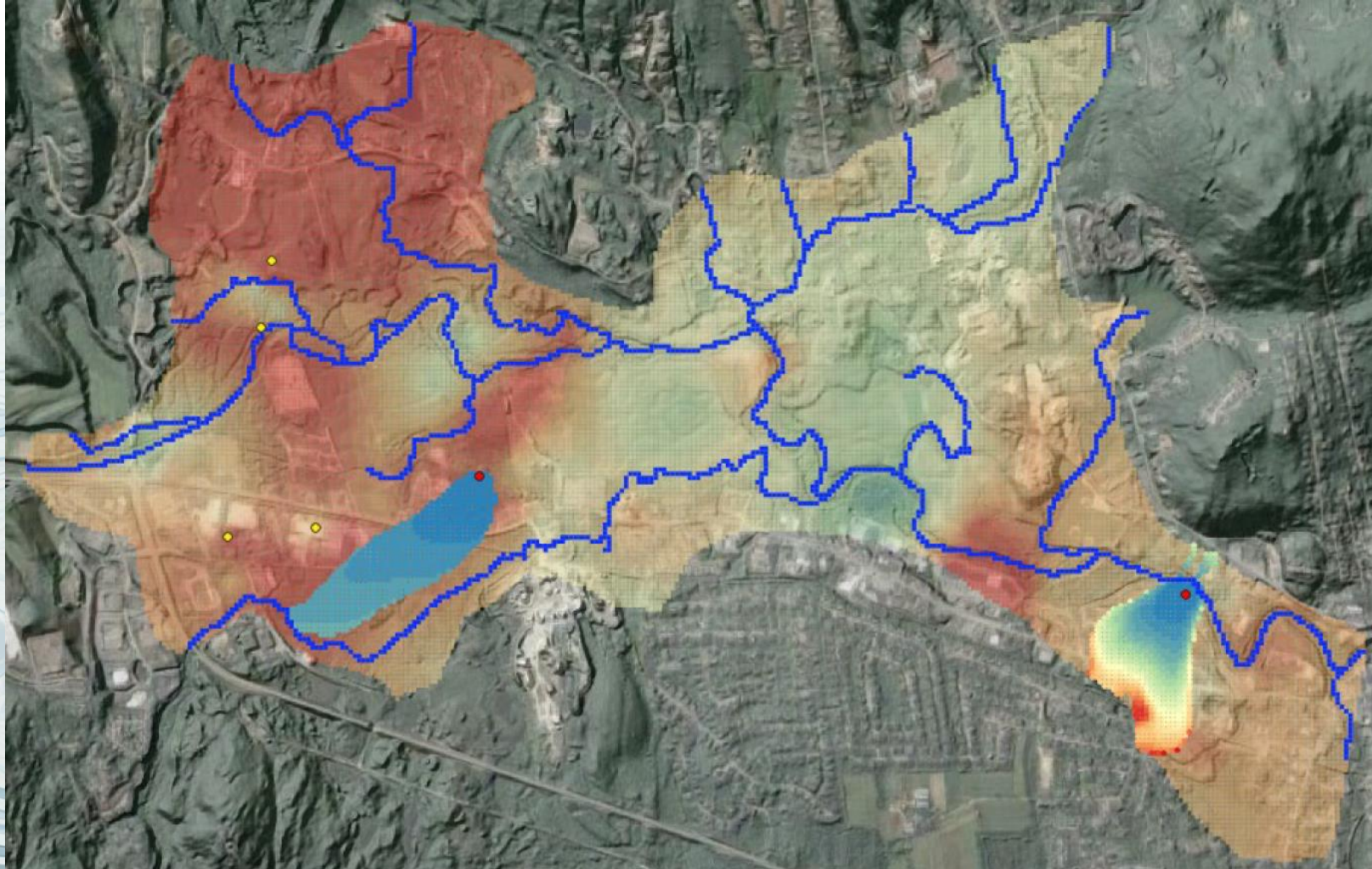
LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

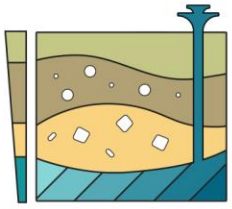
L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE



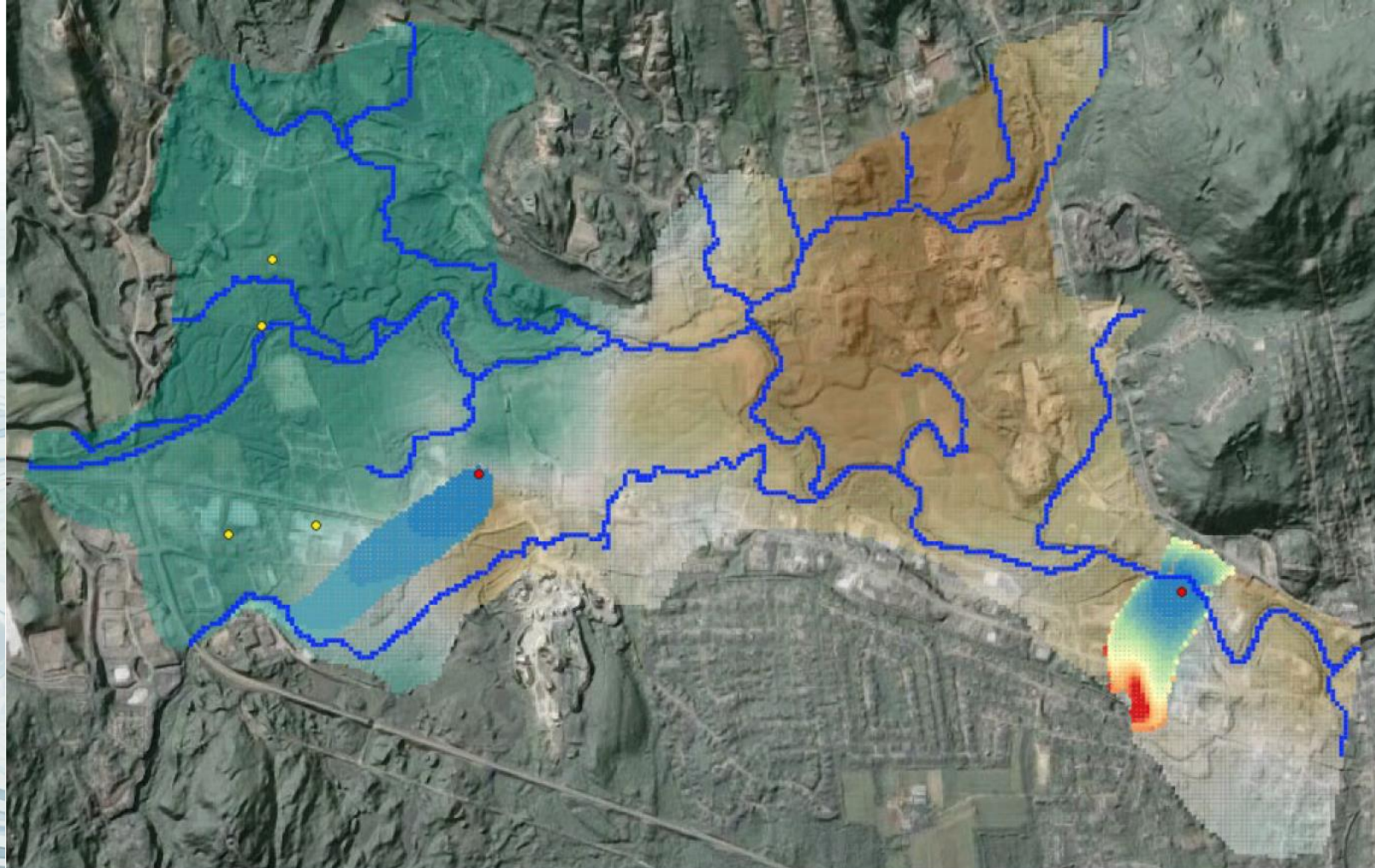


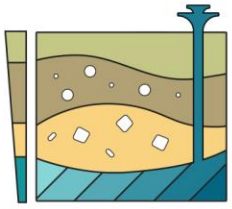
LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**





LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

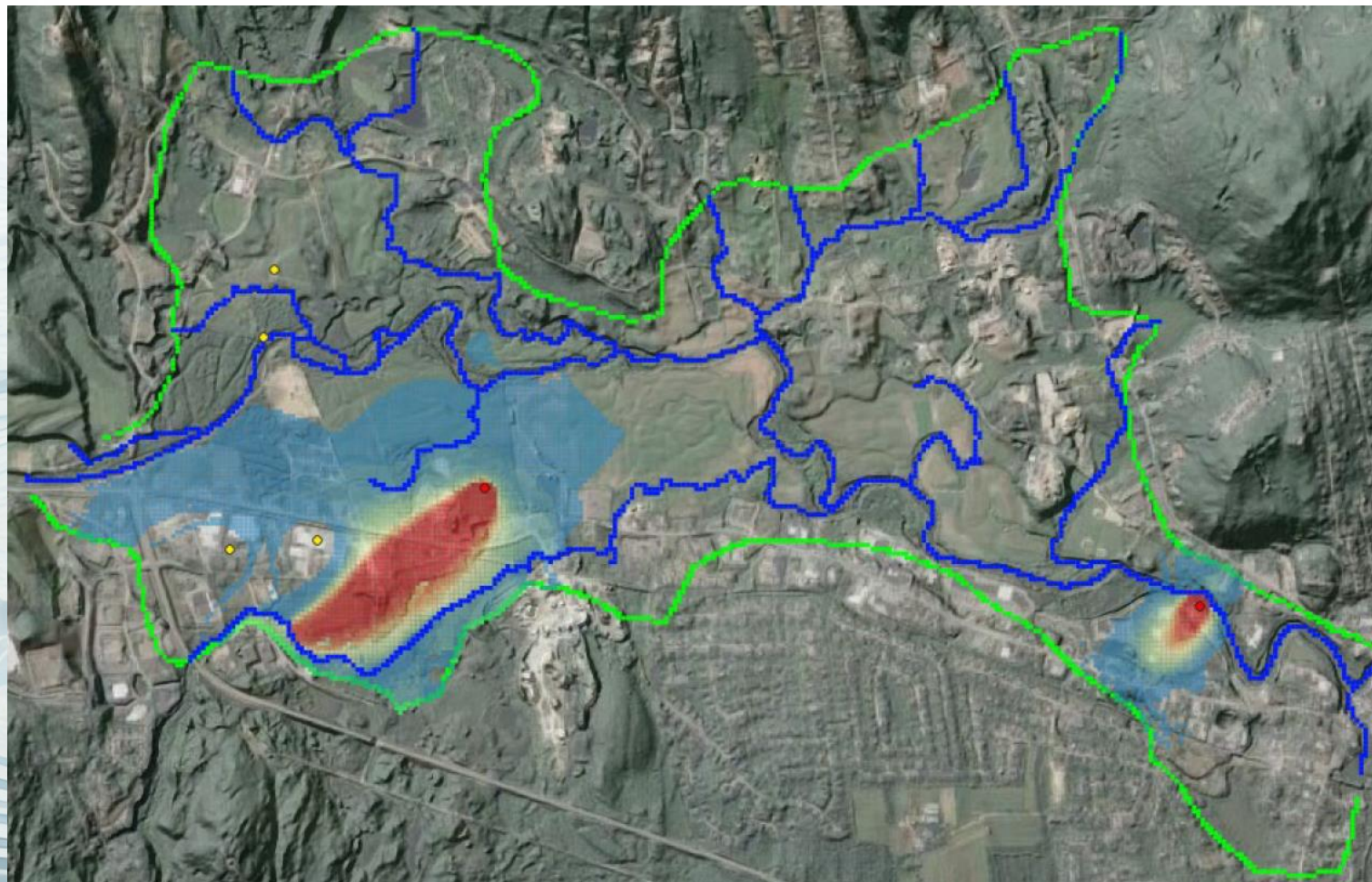
organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

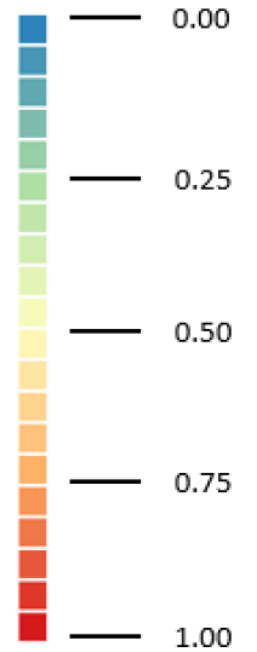
ORDINE
geologi
MARCHE

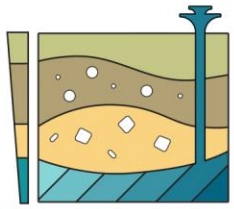
Delimitazione aree di cattura dei pozzi

La previsione chiesta al modello



Contribution probability





LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

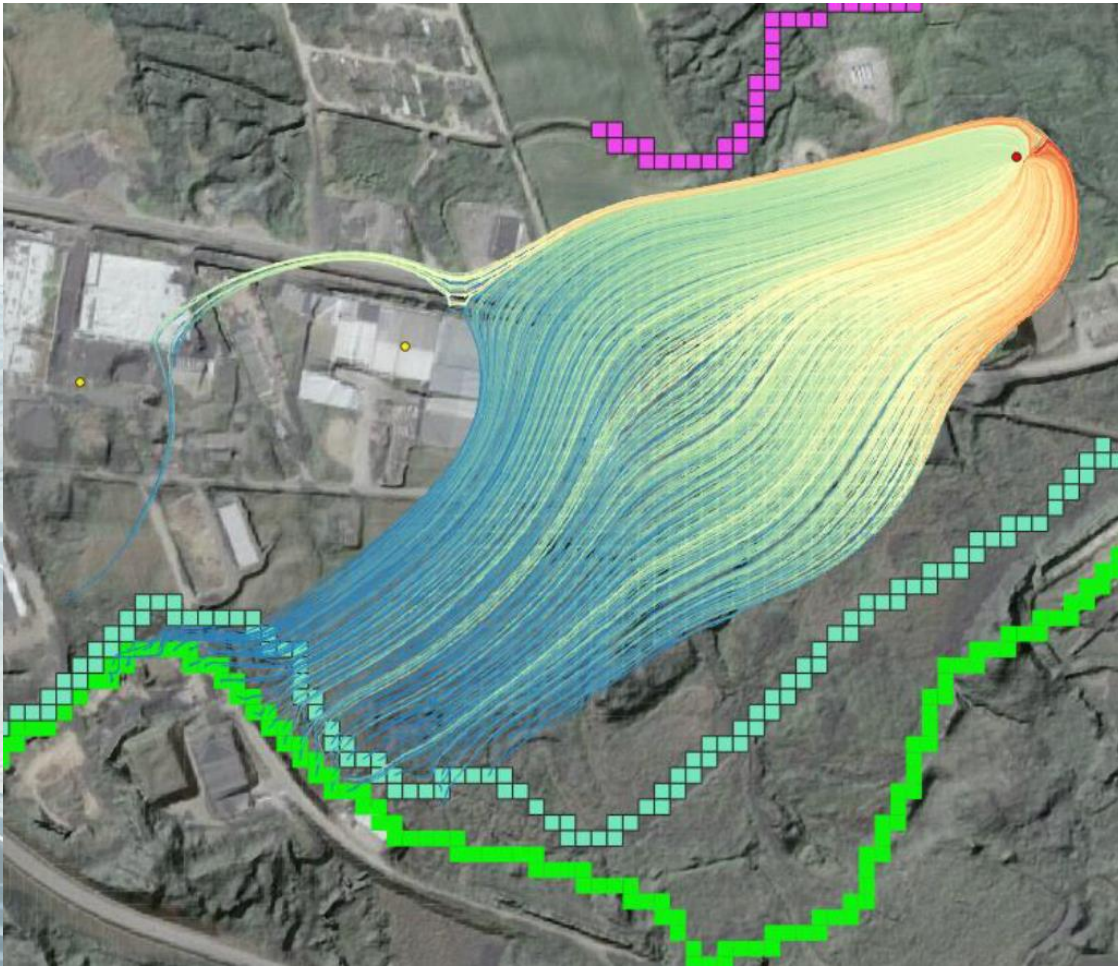
**ACQUE
SOTTERRANEE**

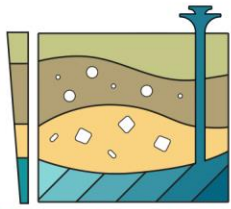
ORDINE
geologi
MARCHE

Delimitazione aree di cattura dei pozzi

La previsione chiesta al modello

Tempo di residenza (fino a max 400 giorni)





LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

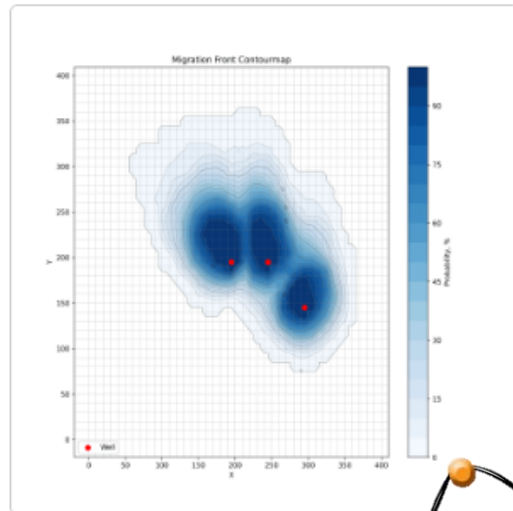


Delimitazione aree di cattura dei pozzi

Serve un modello numerico?

Construction of probabilistic contours of sanitary protection zones

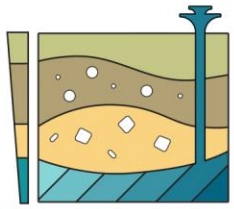
A numerical-analytical probabilistic approach to modeling migration and constructing capture zones makes it possible to optimize the size of sanitary protection zones and, with great reliability, reflects the real picture of migration, in comparison with analytical and conventional numerical-analytical models.



Go to

https://github.com/SizNi/geol_mod

Parameter name	Minimum value	Maximum value	Dimension
Filtration coefficient	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="40"/>	m/day
Groundwater flow gradient	<input type="text" value="0.0001"/>	<input type="text" value="0.005"/>	
Direction of groundwater flow	<input type="text" value="270"/>	<input type="text" value="350"/>	degrees from 0 to 360
Aquifer thickness	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="70"/>	m
Porosity of water-bearing rocks	<input type="text" value="0.2"/>	<input type="text" value="0.4"/>	dimensionless
Type of distribution of parameters in the interval	<input type="text" value="Random"/>		



LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

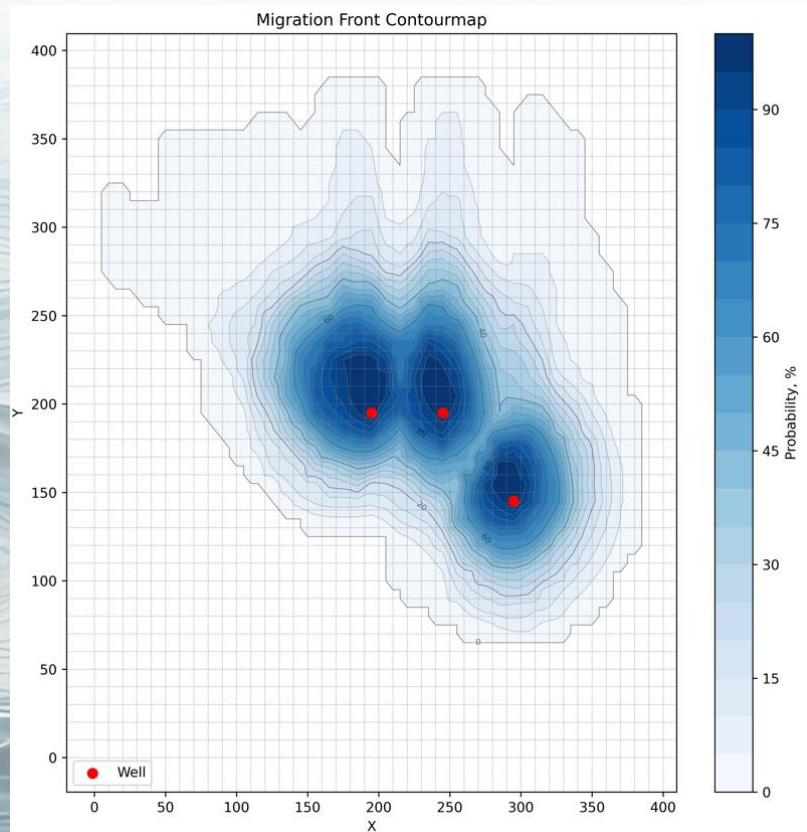
organizzato da



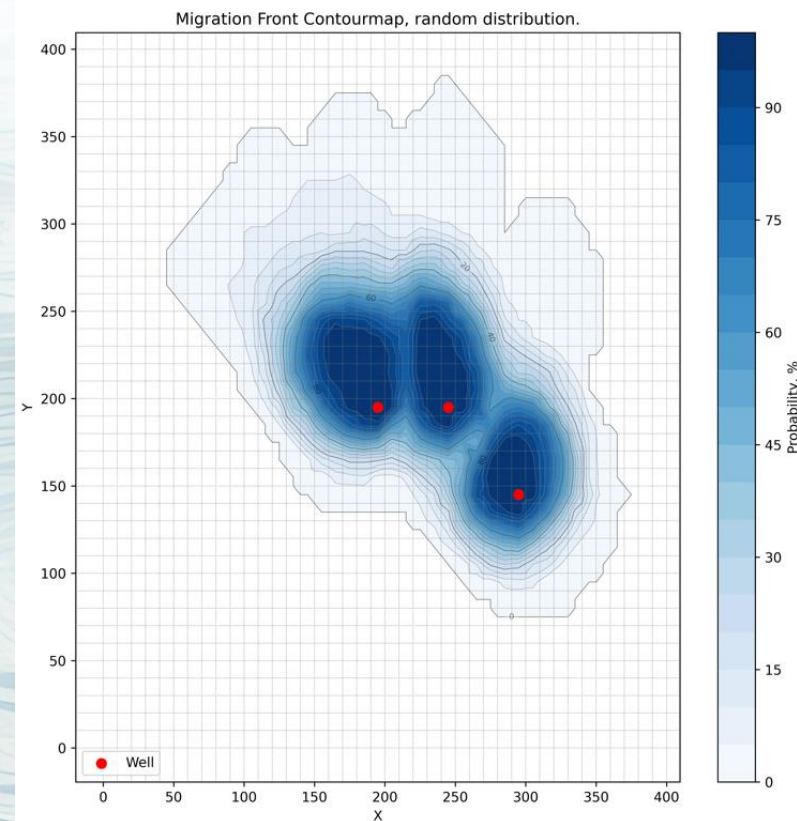
Delimitazione aree di cattura dei pozzi

Serve un modello numerico?

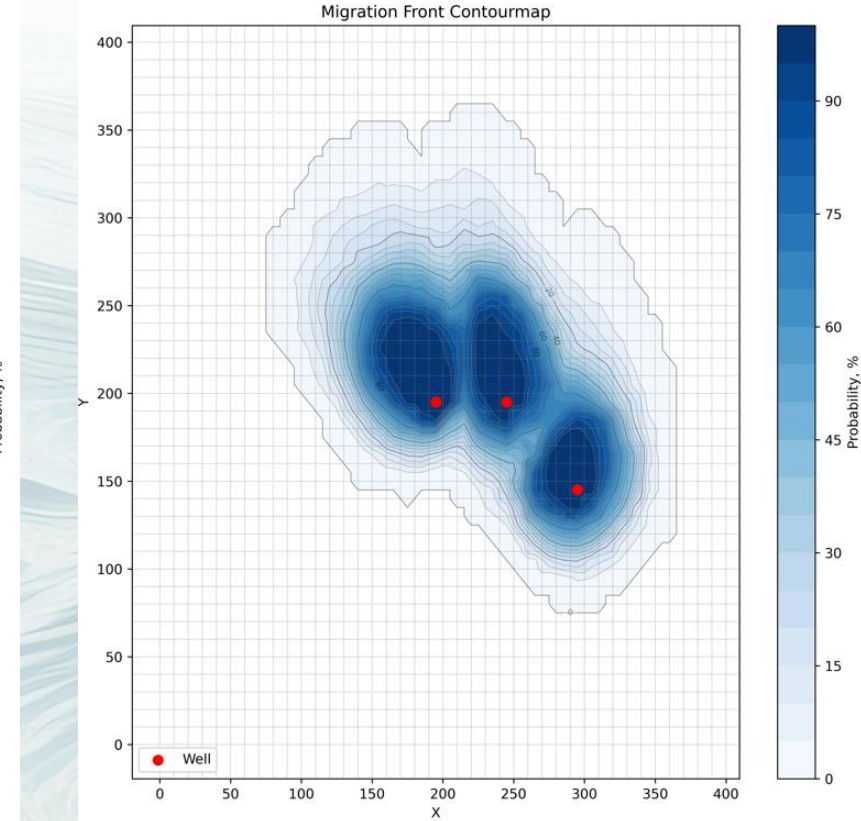
Distribuzione dei parametri Normale

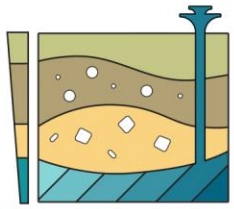


Distribuzione dei parametri Random



Distribuzione dei parametri Log-Normale





LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

organizzato da

**ACQUE
SOTTERRANEE**

ORDINE
geologi
MARCHE

Utilità o meno dei modelli numerici

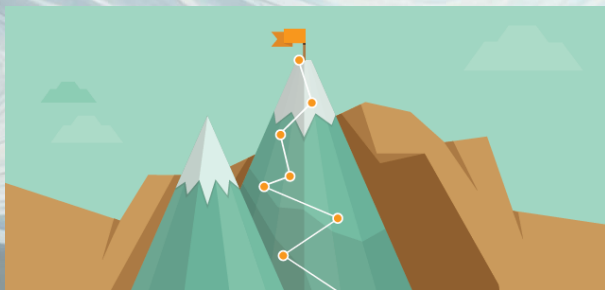
Ma se modello numerico deve essere...

Semplicità strategica

Un modello **non può replicare la realtà** complessa.

La sua costruzione deve essere concentrata SOLO sui dettagli che contano nel contesto specifico legato al problema da risolvere

Project-related strategies



Data assimilaton

Trasferire tutte le informazioni possibili **dai dati alla previsione**.

Parametrizzazione complessa per rendere il modello 'fluida' e NON ostacolare il flusso delle informazioni: i parametri che «non tornano» possono mettere in evidenza le incongruenze del modello concettuale.

Flusso di informazione

The "process" must provide a means for information to FLOW from where it resides

to where it is needed.



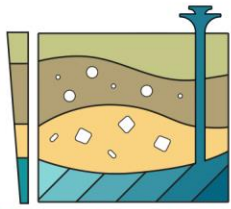
Quantificazione dell'Incertezza

Un elevato numero di parametri rappresentati stocasticamente consente di rilevare l'inadeguatezza delle informazioni e trasferirla all'incertezza previsionale.

Se l'incertezza non può essere ridotta, è necessario tornare sul campo.

Analisi Data Worth, MC, IES...





LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DEI POZZI PER ACQUA

L'acquisizione dei dati geologici, geofisici, idraulici e la modellazione

Grazie!

Francesca Lotti

f.lotti@hydrosymple.com



School of
hydrogeological
modelling &
Project-related
strategies

<https://hydrosymple.com>



Prossimi corsi:

organizzato da



Field Hydrogeology Course

*The first "run" of a numerical model
is actually a walk... in the field!*

Onsite sessions: Viterbo, October 21st-24th, 2024

Online sessions: October 15th, October 31st, 2024

Ottobre 2024



Aree di Salvaguardia

Contesto normativo, teoria e modalità di delimitazione

Novembre 2024



Blended Course 2025

Introduction to Applied Groundwater Flow Modelling

with
GW Vistas

March 10th - May 8th, 2025

Marzo 2025

