



Università degli Studi di Padova

Analisi della recessione di due sorgenti carsiche nel Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi

Corso di laurea in Scienze Geologiche

Ettore Fiorentino

Matricola N° 1217175

Relatore: Prof. Leonardo Piccinini



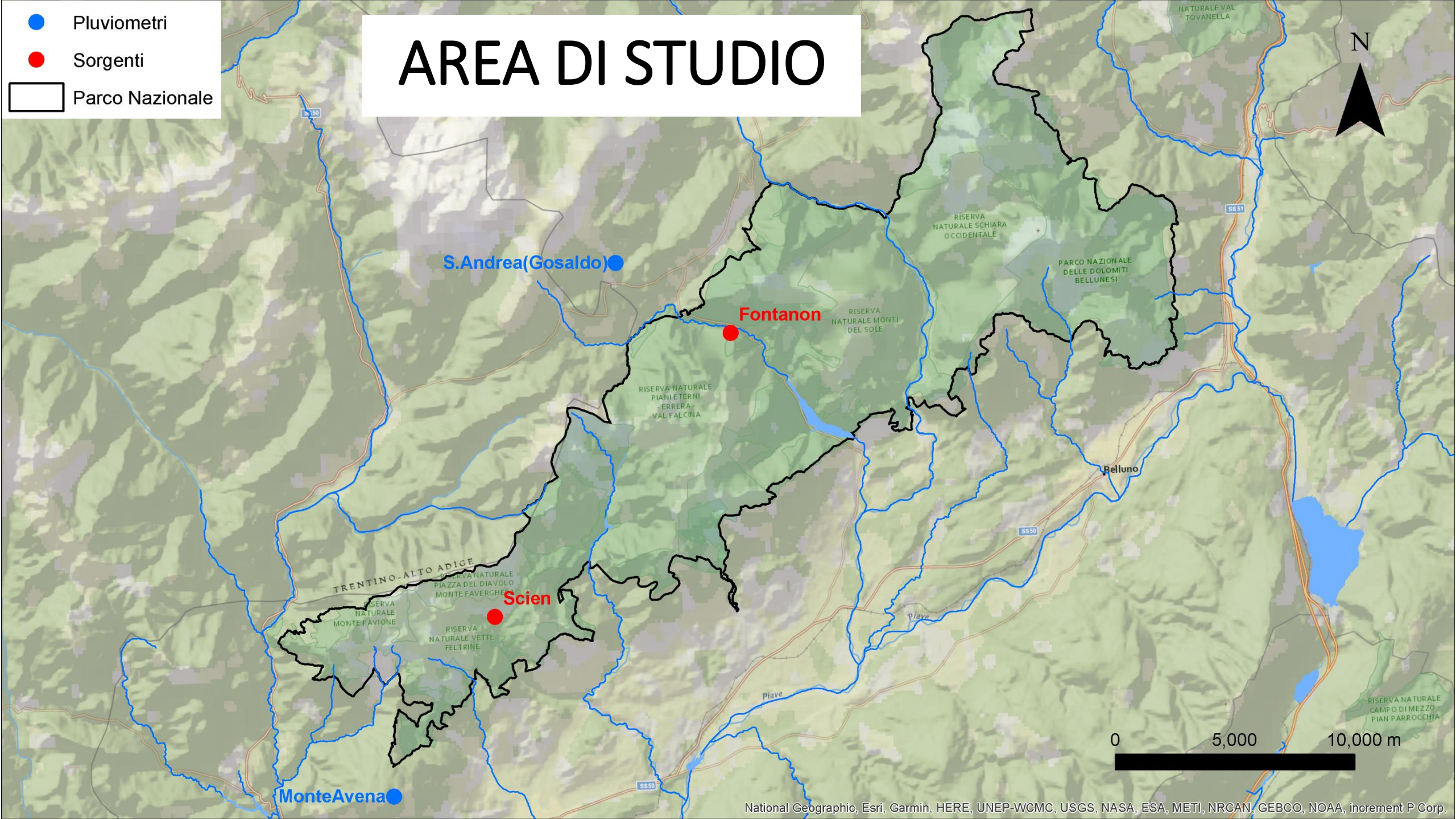
DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

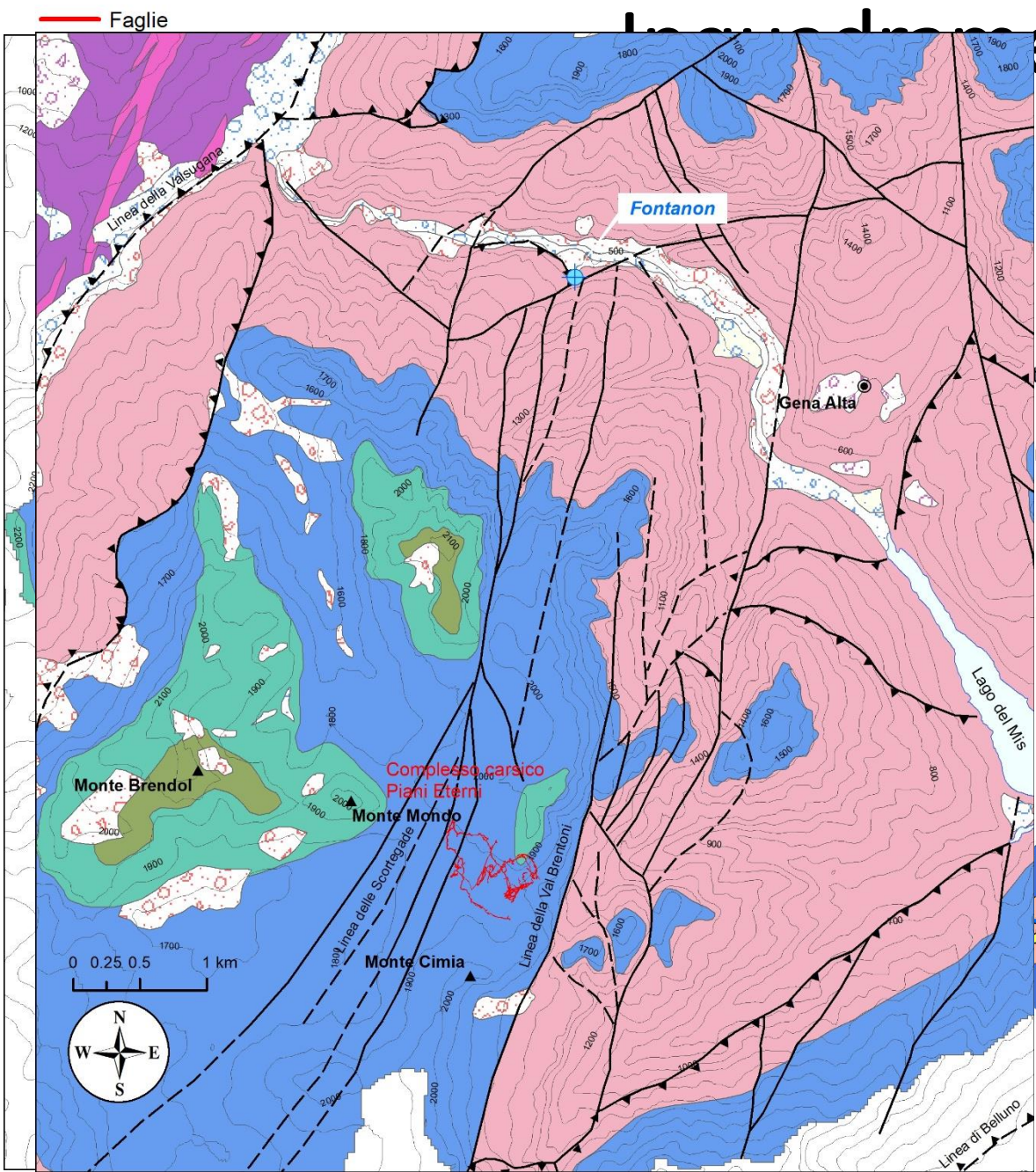
OBBIETTIVI DEL LAVORO

- Interpretazione delle curve di recessione/esaurimento di sorgenti carsiche con l'utilizzo di modelli analitici alternativi al modello di Maillet: Tison, Drogue e Kovacs
- Individuazione periodi di esaurimento delle sorgenti carsiche Scien e Fontanon nei periodi di monitoraggio 2006-2008 e 2020-2021
- Fittaggio dei dati sperimentali in ambiente excel
- Confronto dei modelli analitici utilizzati

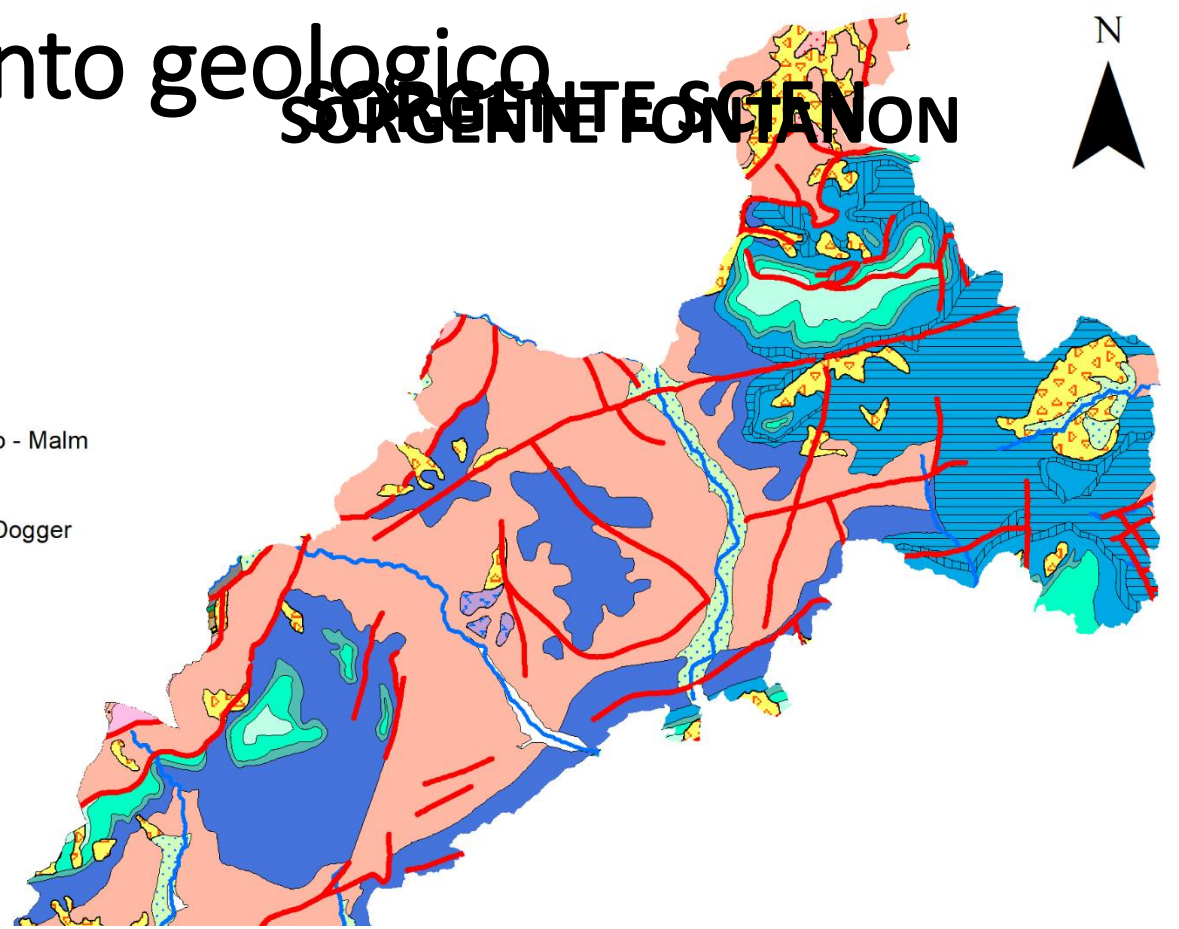
AREA DI STUDIO

- Pluviometri
- Sorgenti
- ▭ Parco Nazionale





Spazio geologico SORGENTINE FONTANON



Legenda

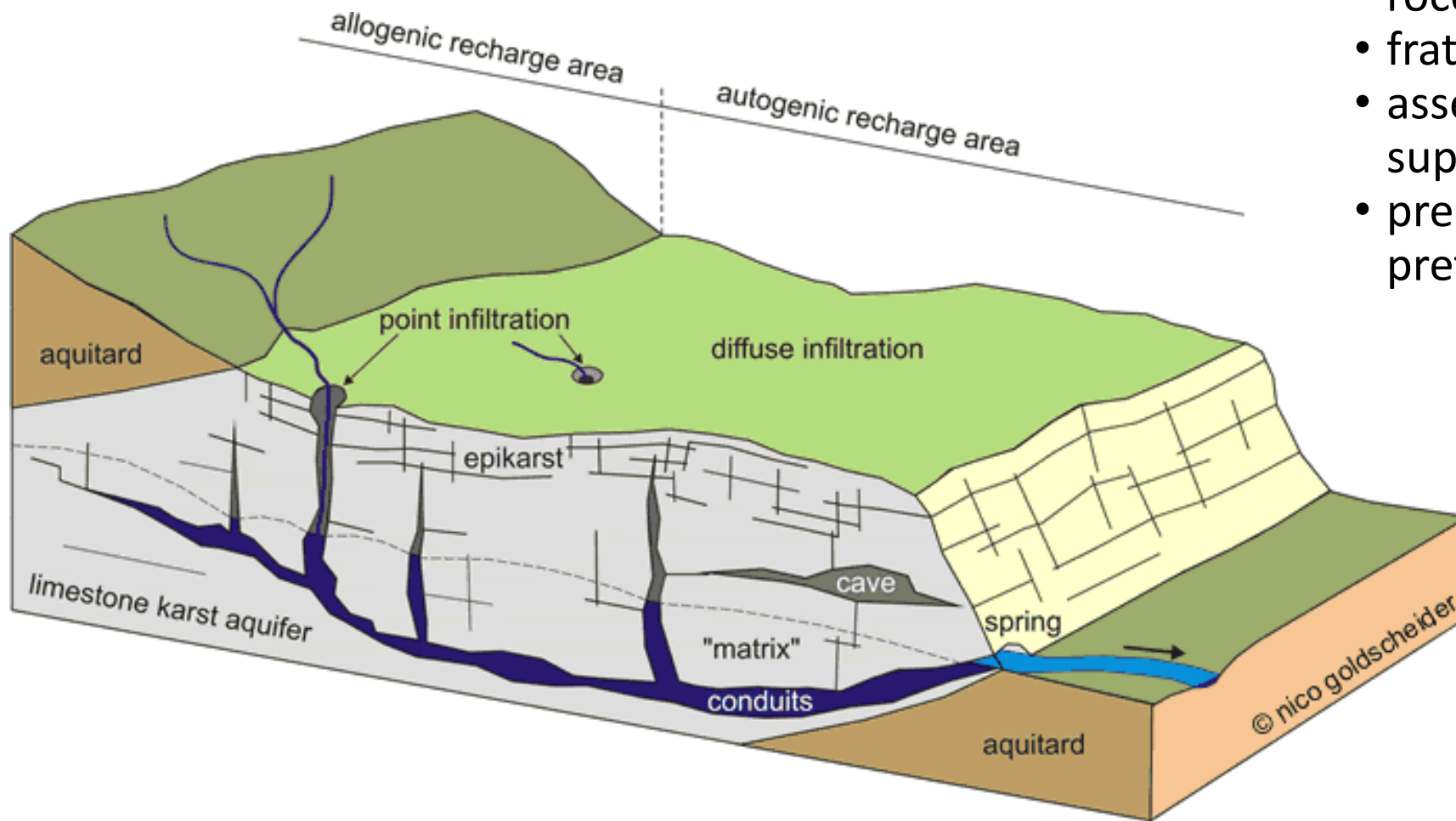
Litologie del substrato e del quaternario

- Rocce metamorfiche scistose/massive: basamento metamorfico (Cambriano-Ordoviciano pp.)
- Rocce prevalentemente dolomitiche: Dolomia Principale (Norco - Retico)
- Rocce calcaree: gruppo dei Calcari Grigi (Giurassico)
- Rocce calcaree, calcareo marnose e selcifere: Rosso ammonitico Inf., Fm. di Fonzaso, Rosso ammonitico Sup., Maiolica (Giurassico Medio - Cretaceo Sup.)
- Rocce calcareo marnose: Fm della Scaglia Rossa (Cretaceo Sup.)

- Depositi gravitativi di versante, comprese frane
- Depositi alluvionali, comprese conoidi
- Depositi glaciali

- ### Simboli strutturali
- Faglia certa
 - Faglia presunta
 - Sovrascorrimento certo
 - Sovrascorrimento presunto

CARSISMO E CIRCOLAZIONE CARSICA



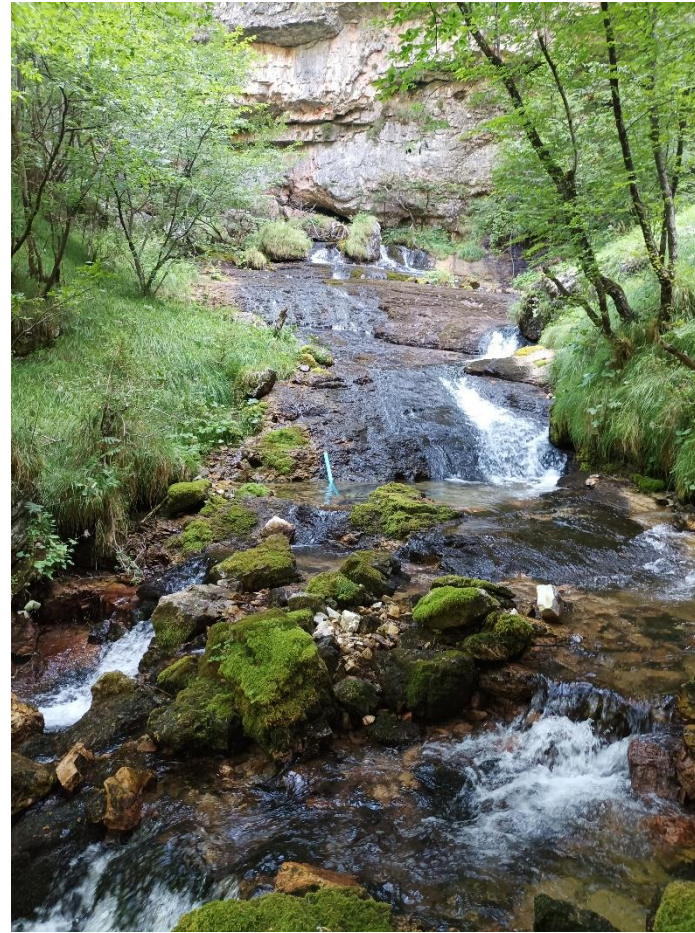
- rocce carbonatiche
- fratturazione rocce
- assenza di reticolo idrografico superficiale
- presenza di punti di infiltrazione preferenziale, inghiottitoi e doline

MONITORAGGIO IN CONTINUO

SORGENTE SCIEN



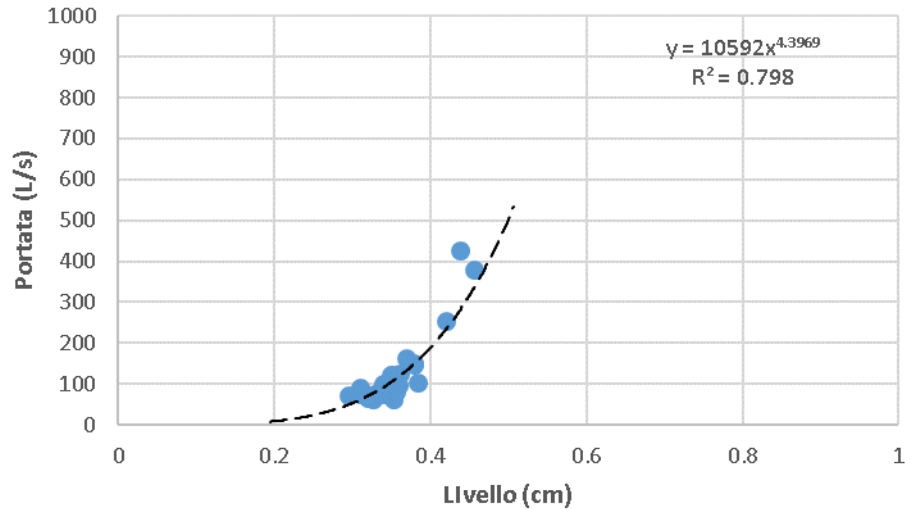
SORGENTE FONTANON



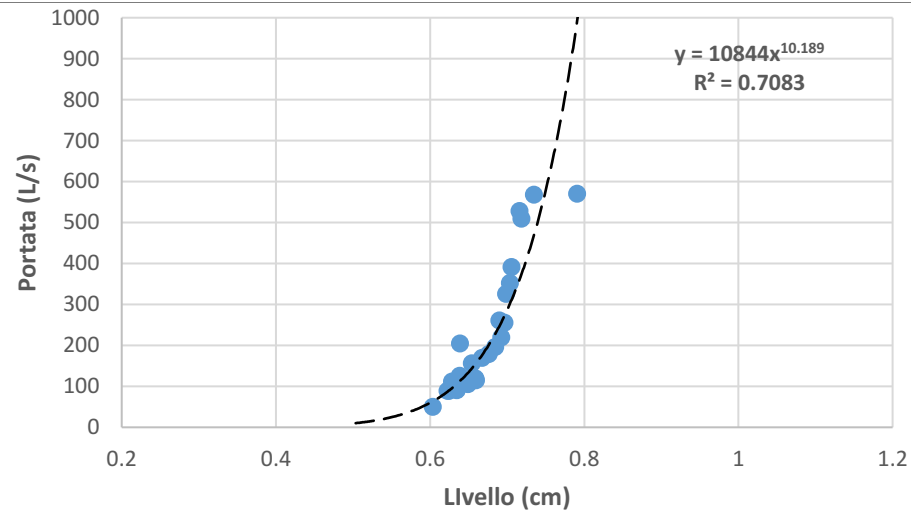
SENSORE PIEZORESISTIVO



SORGENTE DI SCIEN



SORGENTE DI FONTANON



SCALA DI DEFLUSSO

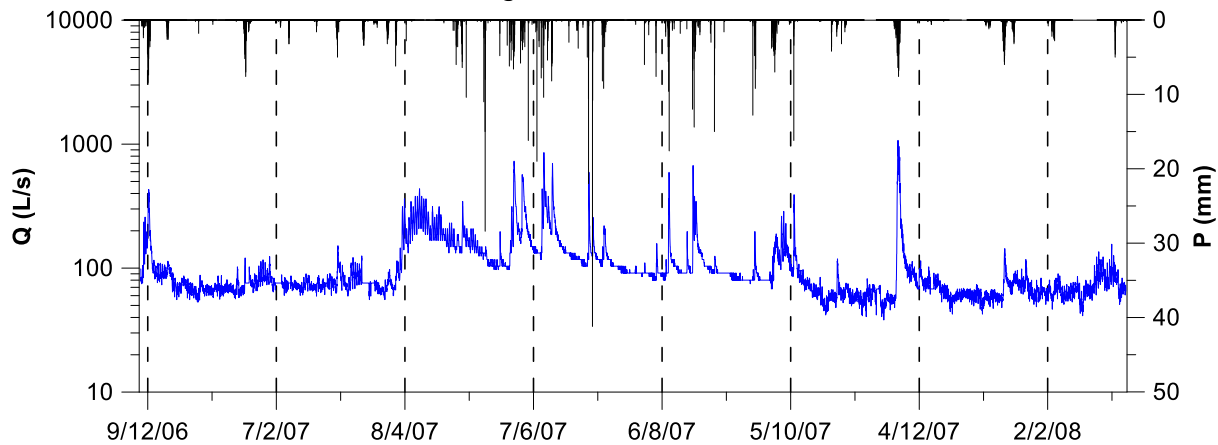
Relazione sperimentale tra la portata (Q) defluente in una certa sezione idrica ed il relativo livello idrometrico (h).

$$Q = a \cdot h^b$$

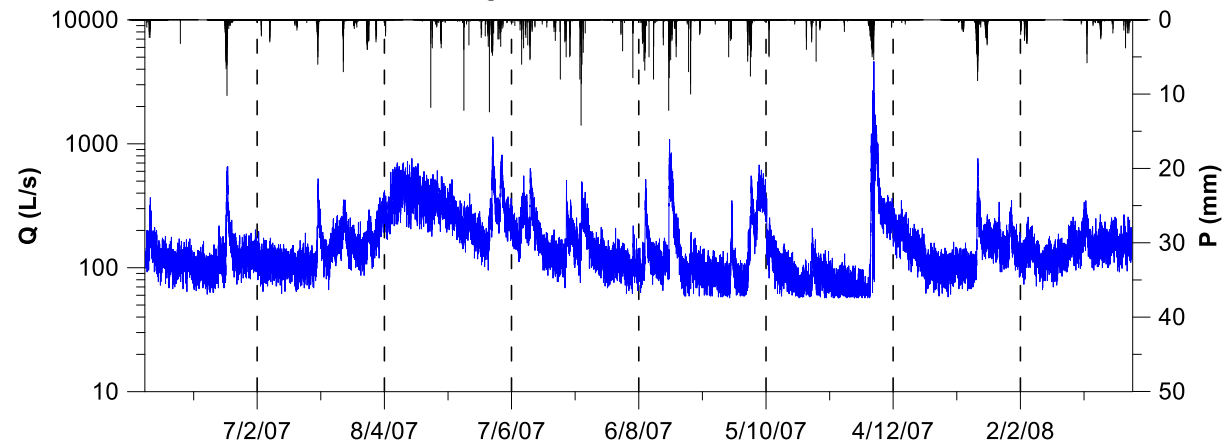
dove a e b sono coefficienti sperimentali.

IDROGRAMMI SORGIVI

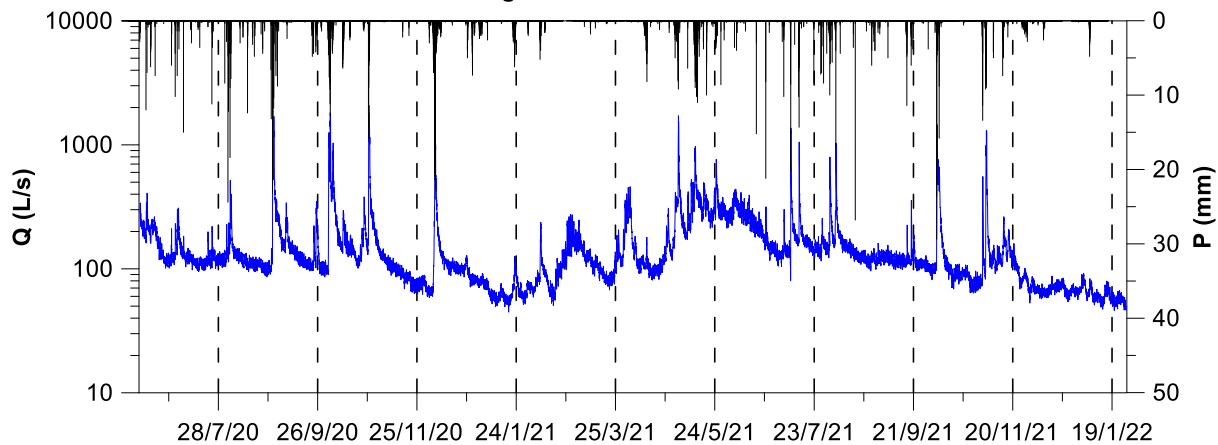
Sorgente Scien 2006-2008



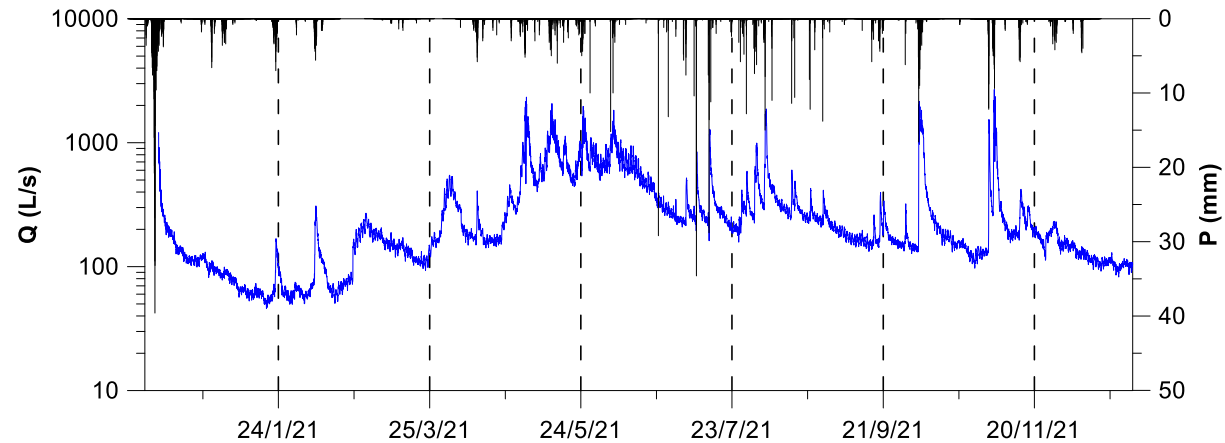
Sorgente Fontanon 2006-2008



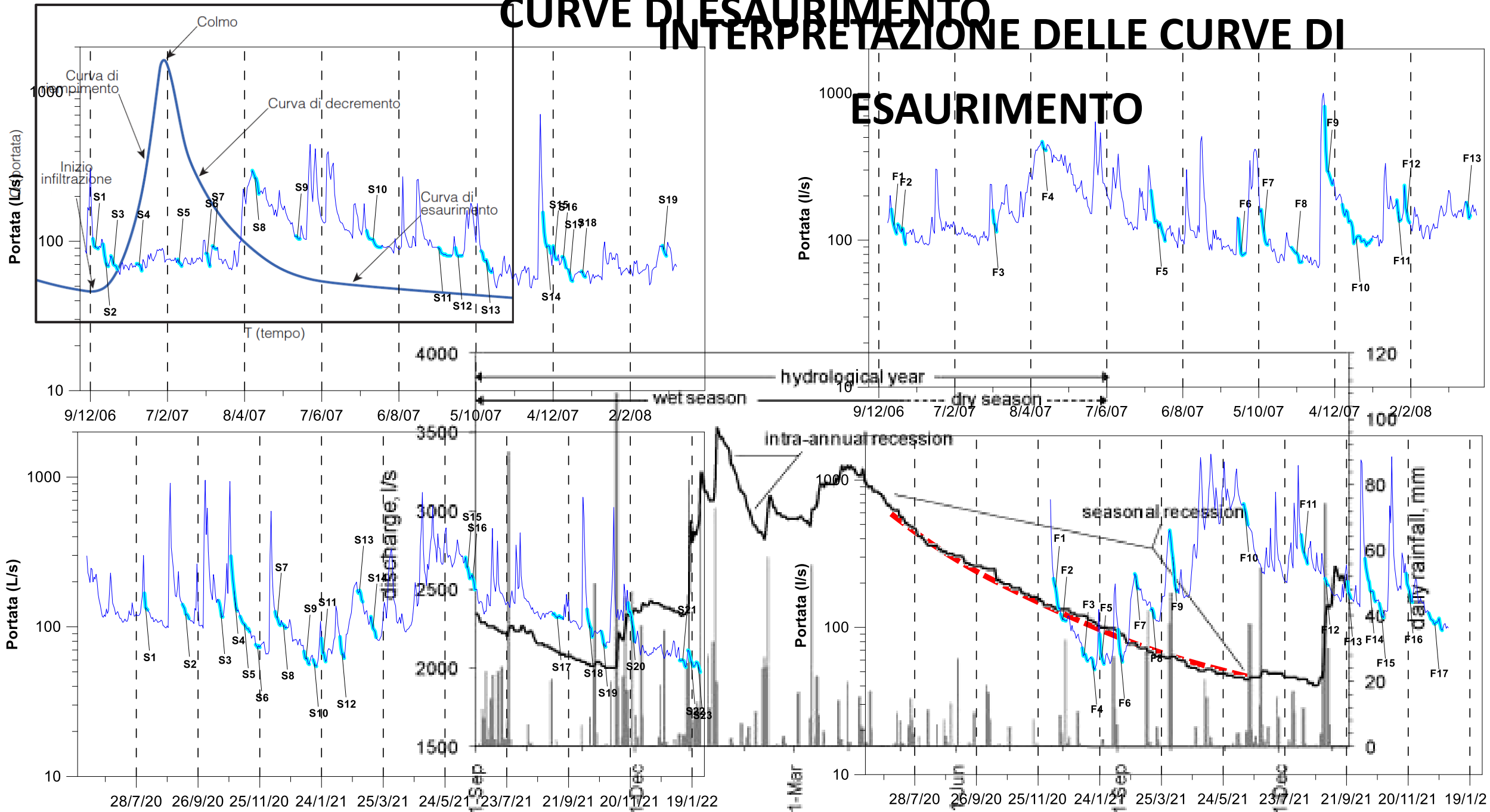
Sorgente Scien 2020-2022



Sorgente Fontanon 2020-2021



CURVE DI ESAURIMENTO INTERPRETAZIONE DELLE CURVE DI ESAURIMENTO

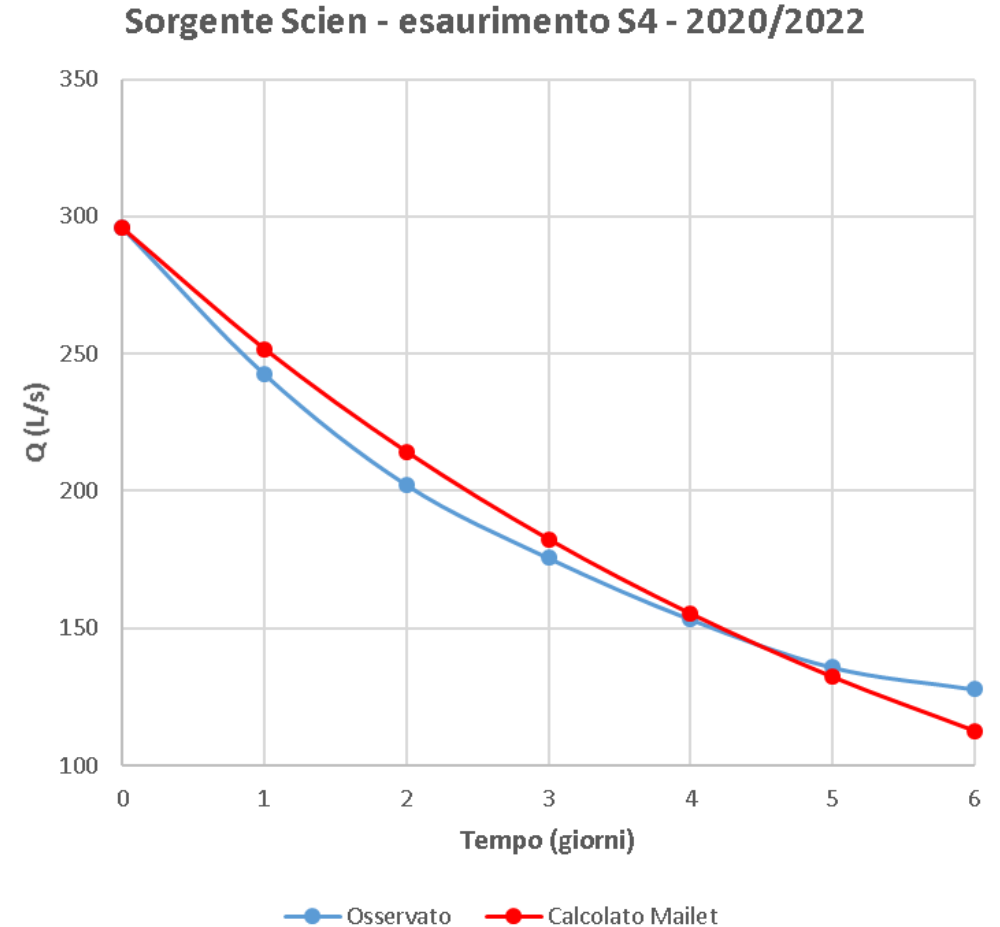


MAILLET (1905)

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$$

- Q_t è la portata al momento t (in L/s)
- Q_0 è la portata all'inizio dell'esaurimento (in L/s)
- t è il tempo trascorso dall'inizio dell'esaurimento
- α è il coefficiente di esaurimento della sorgente (1/giorni) che governa la velocità di svuotamento del sistema

α è valore caratteristico della sorgente e dipende dalle proprietà idrogeologiche dell'acquifero: conducibilità idraulica (K) e immagazzinamento (S) e dalle dimensioni del bacino di alimentazione

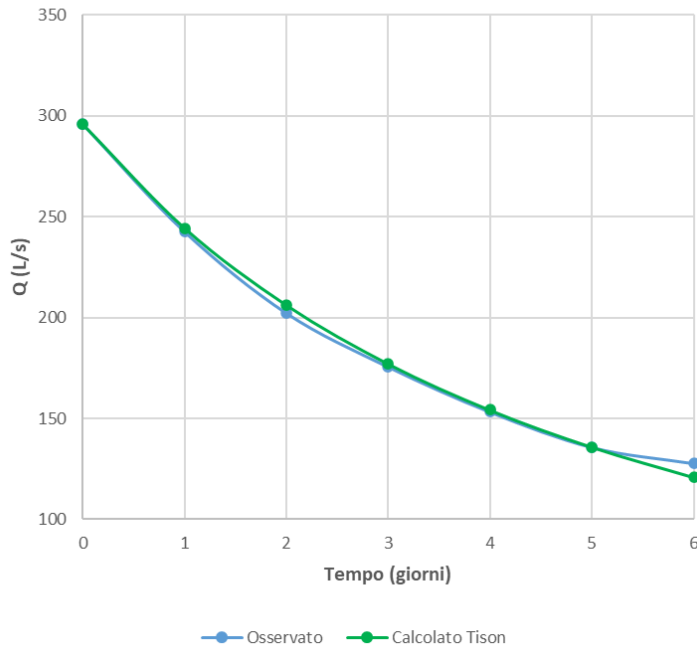


TISON (1960) & DROGUE (1972)

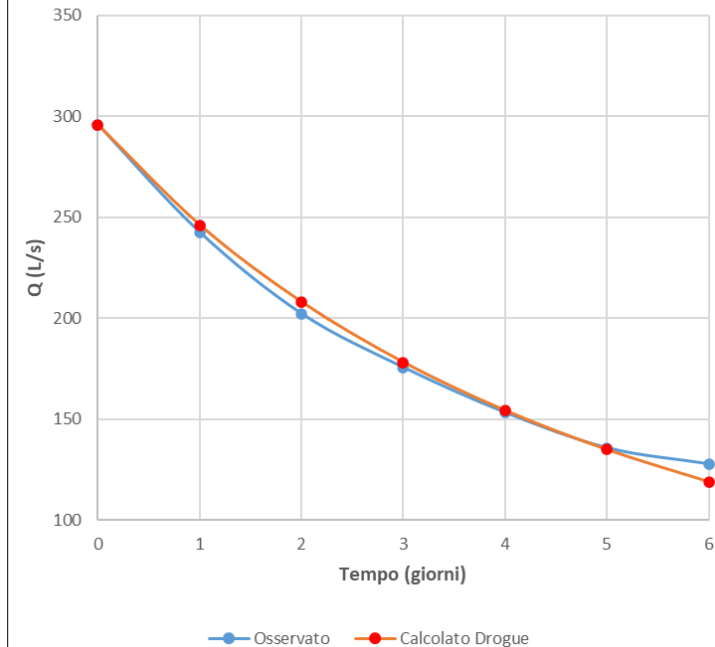
$$Q_t = \frac{Q_0}{(1 + \alpha t)^n}$$

- Q_t è la portata al momento t (in L/s)
- Q_0 è la portata all'inizio dell'esaurimento (in L/s)
- t è il tempo trascorso dall'inizio dell'esaurimento
- α è il coefficiente di esaurimento della sorgente (1/giorni)
- n è un esponente pari a 2 per Tison ed a 3/2 per Drogue

Sorgente Scien - esaurimento S4 - 2020/2022



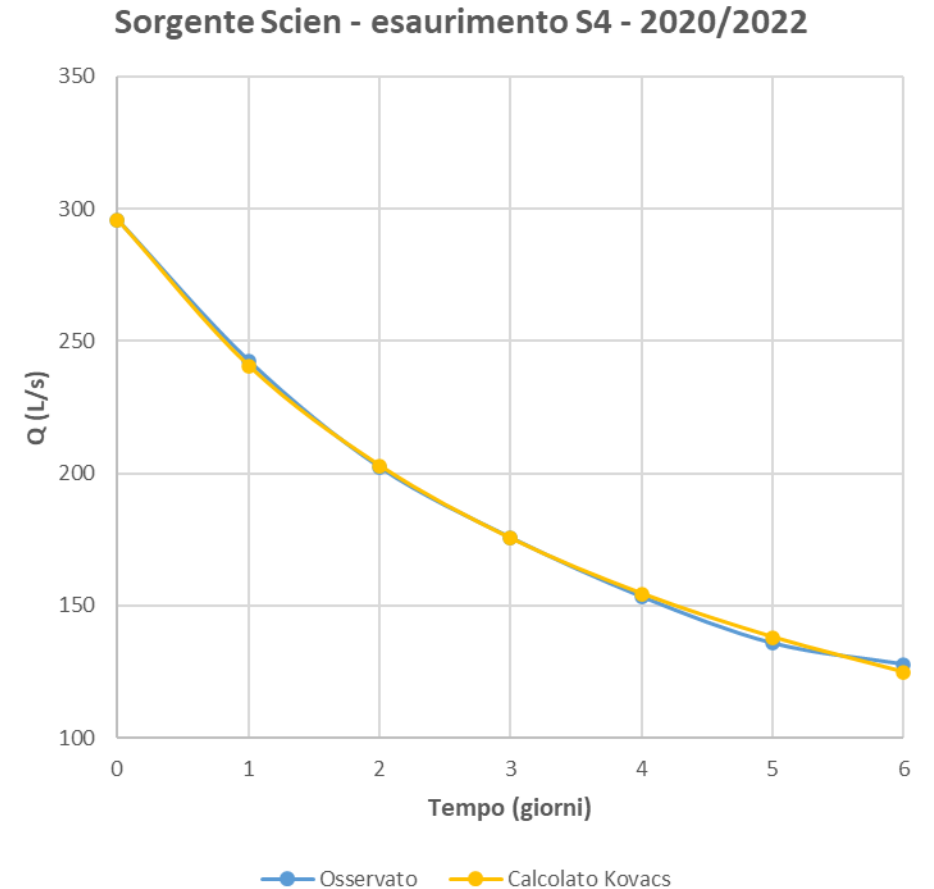
Sorgente Scien - esaurimento S4 - 2020/2022



MODELLO IPERBOLICO DI KOVACS (2003)

$$Q_t = \frac{Q_0}{(1 + \alpha t)^n}$$

- Q_t è la portata al momento t (in L/s)
- Q_0 è la portata all'inizio dell'esaurimento (in L/s)
- t è il tempo trascorso dall'inizio dell'esaurimento
- α è il coefficiente di esaurimento della sorgente (1/giorni)
- n è un esponente variabile compreso tra 0.5 e 5



ELABORAZIONE DEI DATI

Inversione dei dati sperimentali mediante l'algoritmo GRG non lineare in ambiente Excel.

Utilizzo del coefficiente di determinazione (R^2) per la valutazione della bontà del fittaggio.

R^2 è un indicatore statistico che esprime la bontà dell'adattamento della funzione ai dati sperimentali, secondo:

$$R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS}$$

RSS è la devianza residua:

$$RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

TSS è la devianza totale:

$$TSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

y_i valore osservato,

\bar{y} media dei valori osservati

\hat{y}_i valore calcolato.

La bontà dell'adattamento è tanto migliore quanto più l'indice si avvicina ad 1.

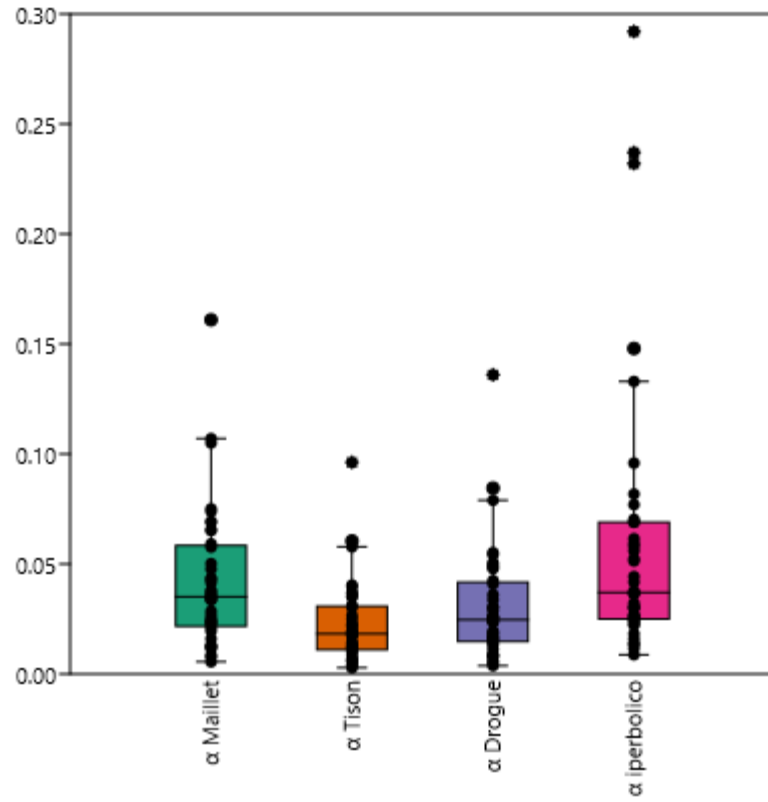
PRESENTAZIONE DATI

Recession 2006-2008	α Maillet	R^2	α Tison	R^2	α Drogue	R^2	α iperbolico	n	R^2
S1	3.51E-02	0.72	1.82E-02	0.73	2.46E-02	0.73	8.13E-02	0.50	0.75
S2	7.51E-02	0.87	4.04E-02	0.87	5.52E-02	0.87	5.93E-02	1.40	0.86
Recession 2006-2008	α Maillet	R^2	α Tison	R^2	α Drogue	R^2	α iperbolico	n	R^2
S4	11181E02	0095	6602E02	0092	8828E02	0093	2.28E-02	0.50	0.98
S5	4214E02	0086	2113E02	0086	2194E02	0086	3.78E-02	0.88	0.88
S6	1327E02	0088	6159E02	0097	8292E02	0097	2.32E-02	0.50	0.87
S7	5136E02	0082	2578E02	0087	3778E02	0087	1.85E-02	0.58	0.88
S8	8445E02	0078	5208E02	0078	7320E02	0079	8.78E-03	0.80	0.80
S9	1162E02	0052	9660E02	0052	1832E02	0052	8.80E-02	0.50	0.82
S10	1245E02	0083	8103E02	0090	1118E02	0090	4.89E-01	0.38	0.98
S11	2156E02	0084	1832E02	0085	1172E02	0086	3.95E-02	0.58	0.89
S12	3236E02	0065	2138E02	0047	3148E02	0048	6.46E-02	0.80	0.92
S13	3357E02	0082	2108E02	0091	2296E02	0091	2.26E-02	0.50	0.95
S14	1130E01	0086	7619E02	0080	9884E02	0080	2.37E-01	0.50	0.82
S15	1583E02	0078	1309E02	0083	1458E02	0083	8.93E-02	0.90	0.99
S16	8258E02	0084	4154E02	0084	6119E02	0083	2.66E-02	0.50	0.88
Max	3435E02	0085	2235E02	0084	3348E02	0084	8.90E-02	0.88	0.88
Min	2251E02	0053	1130E02	0053	1173E02	0053	3.78E-02	0.58	0.82
Media	1317E02	0083	6189E02	0087	9272E02	0087	3.20E-02	0.77	0.88
Max	1.05E-01	0.92	6.05E-02	0.91	8.45E-02	0.91	2.37E-01	5.00	0.94
Min	1.16E-02	0.45	5.83E-03	0.47	7.80E-03	0.48	8.76E-03	0.26	0.53
Media	3.59E-02	0.78	1.90E-02	0.78	2.58E-02	0.78	5.75E-02	1.01	0.79

Recession 2020-2022	α Maillet	R^2	α Tison	R^2	α Drogue	R^2	α iperbolico	n	R^2
S1	1.07E-01	0.67	5.78E-02	0.70	7.90E-02	0.71	2.92E-01	0.50	0.78
S2	3.61E-02	0.98	1.89E-02	0.98	2.55E-02	0.98	7.70E-02	0.55	0.98
Recession 2020-2021	α Maillet	R^2	α Tison	R^2	α Drogue	R^2	α iperbolico	n	R^2
S4	9.68E-02	0.98	9.62E-02	0.97	6.36E-02	0.97	2.33E-02	0.28	1.00
S5	2.53E-02	0.94	1.25E-02	0.95	1.82E-02	0.96	4.51E-02	0.50	0.97
S6	7.80E-02	0.59	2.93E-02	0.50	2.25E-02	0.50	1.99E-02	0.68	0.53
S7	3.52E-02	0.93	3.83E-02	0.93	2.47E-02	0.93	5.56E-02	0.70	0.93
S8	1.28E-01	0.74	8.28E-02	0.75	8.53E-01	0.76	2.27E-01	0.50	0.78
S9	3.37E-01	0.88	8.76E-02	0.88	2.37E-01	0.88	6.90E-02	0.58	0.89
S10	7.48E-02	0.87	3.20E-02	0.88	5.64E-02	0.88	3.54E-02	0.69	0.89
S11	2.38E-02	0.84	3.92E-02	0.83	5.48E-02	0.83	8.31E-02	1.07	0.82
S12	6.93E-02	0.89	3.78E-02	0.88	5.08E-02	0.88	9.39E-02	0.58	0.89
S13	7.98E-02	0.59	9.97E-02	0.58	5.34E-02	0.58	2.39E-02	0.74	0.58
S14	5.67E-02	0.85	2.88E-02	0.98	5.68E-02	0.90	3.26E-02	1.05	1.00
S15	3.52E-02	0.88	3.88E-02	0.85	2.26E-02	0.85	3.29E-02	1.05	0.85
S16	4.69E-02	0.85	2.86E-02	0.70	2.88E-02	0.88	2.53E-02	1.68	0.72
S17	5.59E-02	0.88	2.83E-02	0.62	5.78E-02	0.67	1.26E-02	0.68	0.68
S18	6.53E-02	0.92	3.33E-02	0.95	4.89E-02	0.95	2.18E-02	2.03	0.97
S19	4.72E-02	0.83	2.49E-02	0.88	5.37E-02	0.88	4.23E-02	1.13	0.87
S20	6.88E-02	0.82	3.27E-02	0.88	4.89E-02	0.89	1.85E-02	5.08	0.83
S21	8.57E-03	0.49	4.73E-02	0.45	5.28E-03	0.45	1.39E-02	0.50	0.49
S22	3.48E-02	0.82	9.80E-03	0.84	2.44E-02	0.84	5.81E-03	0.68	0.83
S23	7.24E-02	0.88	1.04E-02	0.88	5.53E-02	0.82	3.05E-03	0.72	0.89
Max	1.61E-01	1.00	9.62E-02	1.00	1.36E-01	1.00	0.29	5.00	1.00
Min	5.56E-03	0.46	2.81E-03	0.45	3.76E-03	0.45	0.01	0.50	0.45
Media	4.66E-02	0.82	2.51E-02	0.81	3.44E-02	0.81	6.39E-02	1.10	0.82

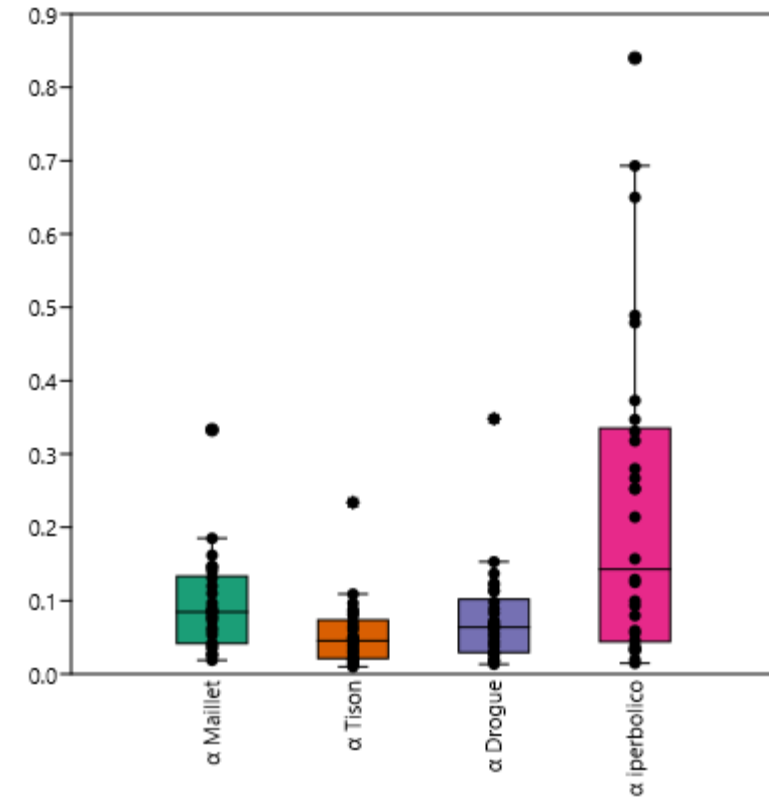
PRESENTAZIONE DATI

SORGENTE SCIEN



R^2 0.80 0.80 0.80 0.80

SORGENTE FONTANON



R^2 0.84 0.87 0.87 0.90

CONCLUSIONI

- L'utilizzo di modelli analitici con un maggior numero di parametri favorisce un fittaggio dei dati sperimentali migliore
- Tuttavia la stima di α presenta una variabilità estrema
- Siccome α dipende dalle caratteristiche idrogeologiche dell'ammasso roccioso che alimenta la sorgente (conducibilità idraulica e immagazzinamento) e dalle dimensioni del suo bacino di alimentazione che non possono variare, risulta preferibile l'utilizzo di modelli analitici meno complessi
- Nel caso delle sorgenti carsiche Scien e Fontanon il modello più idoneo a rappresentare la fase di esaurimento risulta quello di Tison

BIBLIOGRAFIA

- Maillet E. (1905) *Essais d'Hydraulique Souterraine et Fluviale*. Herman, Paris, France.
- Tison G. (1960) *Courbe de tarissement, coefficient d'écoulement et perméabilité du bassin*. Mem. IAHS, Helsinki, 229–243.
- Drogue C. (1972) *Analyse statistique des hydrogrammes de décrues des sources karstiques*. Journal of Hydrology, 15, 49–68.
- Kovács A. (2003) *Geometry and hydraulic parameters of karst aquifers – A hydrodynamic modelling approach*. PhD. thesis, La Faculté des sciences de l'Université de Neuchâtel, Suisse, 131 p.