

Lakes: Il Contributo di B+Labnet al progetto ISEO



Marco Pilotti

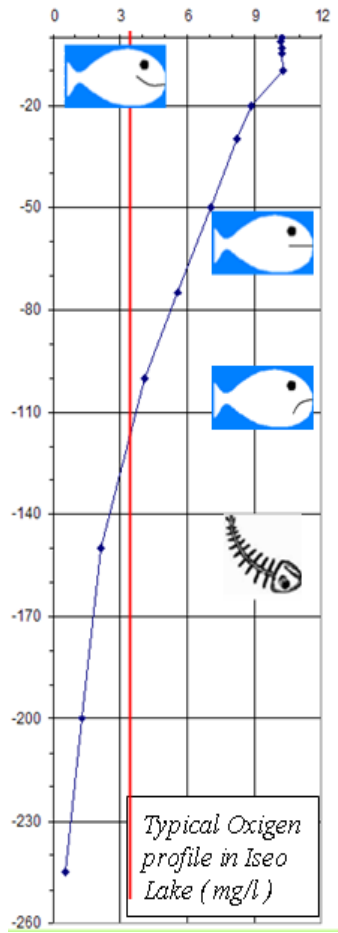
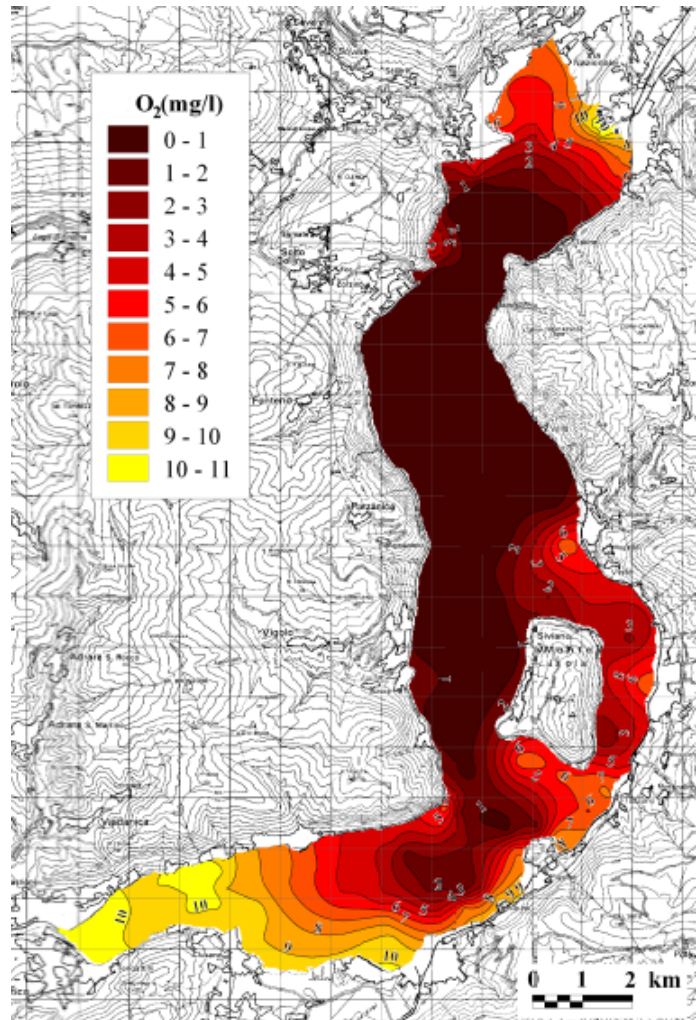
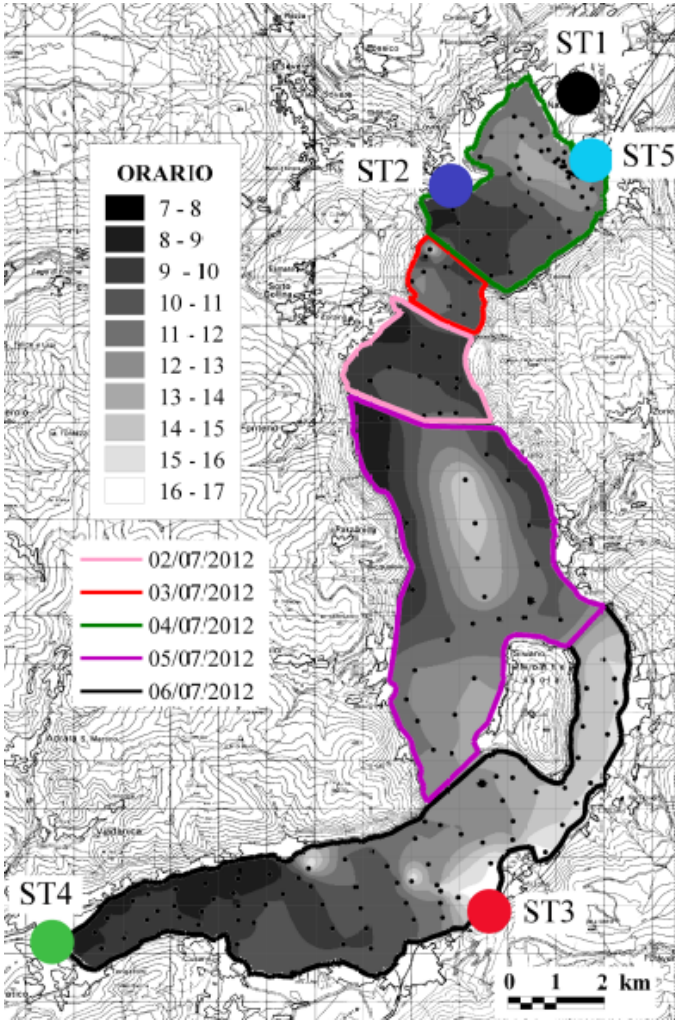
Professore di Idraulica



Università degli Studi di Brescia, via Branze 43, 25123 Brescia, Italy

Website: www.ing.unibs.it/hydraulics

Lago d'Iseo: la situazione attuale



Lago d'Iseo: la situazione passata

GIULIANO BONOMI e MARCO GERLETTI

IL LAGO D'ISEO:

PRIMO QUADRO LIMNOLOGICO GENERALE

(TERMICA, CHIMICA, PLANCTON E BENTON PROFONDO)

Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 22: 149-175. 1967.

Prof. m	Temp. °C		mg O ₂ /l		O ₂ % sat.		pH		Cond. µS 18 °C		µg P(PO ₄ '')/l	
	V	XI	V	XI	V	XI	V	XI	V	XI	V	XI
0	13,1	10,6	11,9	10,1	120	95	8,46	8,15	260	238	1	0
5	11,1	10,6	12,2	10,2	118	96	8,40	—	258	—	0	—
10	9,4	10,6	12,0	10,3	111	98	8,30	—	263	—	0	—
20	8,3	10,5	10,9	10,4	98	99	8,11	8,21	268	239	0	1
30	7,5	8,7	10,6	8,3	93	75	8,01	8,00	268	258	0	1
60	6,0	6,0	10,0	9,3	85	79	7,93	8,02	268	271	3	6
100	5,85	5,8	9,7	9,1	82	77	7,91	8,08	269	269	6	4
150	5,75	5,7	9,5	9,0	80	76	7,92	8,08	271	272	1	8
200	5,75	5,75	9,1	8,5	77	72	7,82	8,04	272	273	3	12
245-7	5,75	5,75	8,2	7,8	69	67	7,88	7,98	278	279	30	15

NOTA CONCLUSIVA.

1

Possiamo invece chiederci, con una punta di realismo, se, nel quadro della generale eutrofizzazione dei nostri laghi prealpini, il Lago d'Iseo mostri qualche sintomo in questo senso. In realtà alcuni indizi sono da considerarsi con interesse: l'elevato contenuto in nitrati, la non elevata ossigenazione delle acque ipolimniche, la abbondantissima fauna macrobentonica profonda.

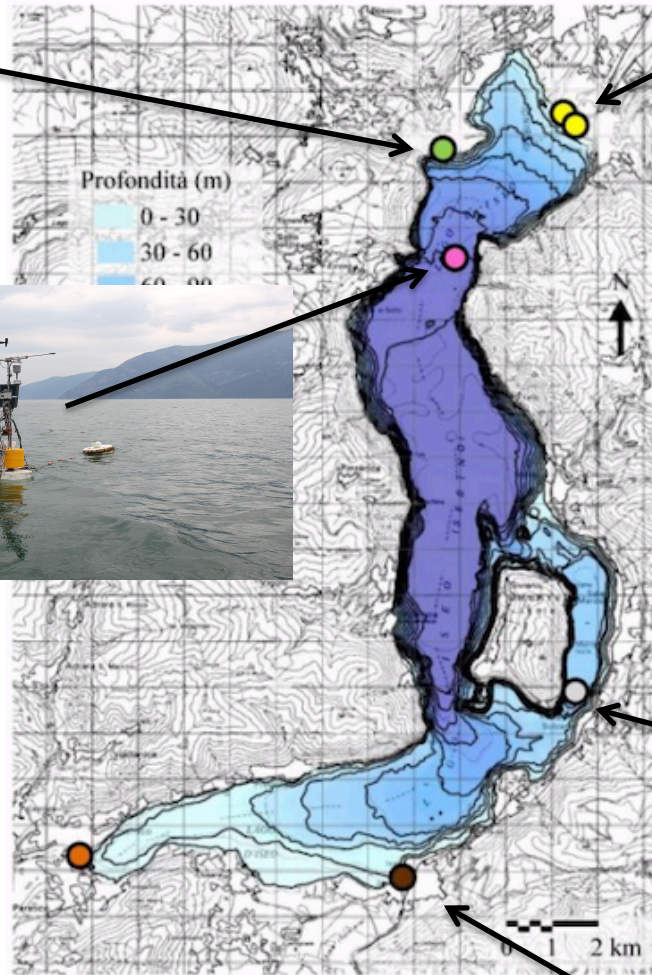
2

Per i primi due, soltanto serie chimiche pluriennali raccolte ad hoc potranno evidenziare una progressione nell'aumento dell'azoto nitrico e nel deficit ipolimnetico di ossigeno; ma saranno da delucidarsi prima, necessariamente, le modalità della circolazione delle acque nel lago. La grande quantità della fauna bentonica della zona profonda, la più elevata, come già fatto notare, fra quelle dei nostri laghi prealpini, è forse il sintomo più preoccupante di un apporto alloctono che deve necessariamente essere notevole. Anche la struttura verticale di insediamento degli oligocheti, con prevalenza di *T. tubifex* alle grandi profondità, può essere considerata in parallelo con quanto sta verificandosi nel Lago Maggiore nel quale soltanto ora, mentre il lago è in fase di incipiente eutrofizzazione, sta invadendo i fondali di grande profondità.

3

È quindi ragionevole attendersi che il Lago d'Iseo presenti in un futuro relativamente prossimo le ormai classiche modificazioni chimiche e biologiche che si sono verificate in altri laghi; è da sperare che si possa su questo lago, quanto prima, svolgere una serie di ricerche che permettano anche di documentarne l'evoluzione trofica, fornendo nel contempo le indicazioni utili a pianificare una difesa delle caratteristiche naturali di questo lago.

Il monitoraggio e l'attività di misura



- Iseo (dati in real-time)
- Castro (dati in real-time)
- Peschiera (dati in real-time)
- Trentapassi (dati in real-time)
- River logger - affluenti
- River logger - effluente



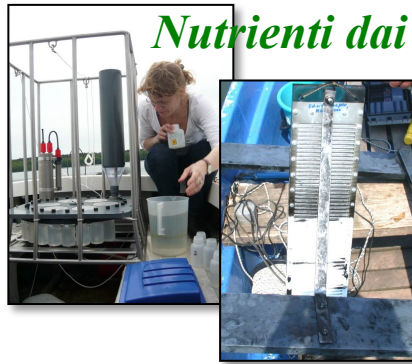
IL PROGETTO ISEO (*Improving Status from Eutrophy to Oligotrophy*)

• *Finalità Principale: identificare il ruolo dei diversi carichi interni e esterni nel processo di eutrofizzazione*

Nutrienti dagli immissari



Nutrienti dai sedimenti del fondo



Nutrienti dagli sfioratori



Modellazione Idrodinamica ed Ecologica



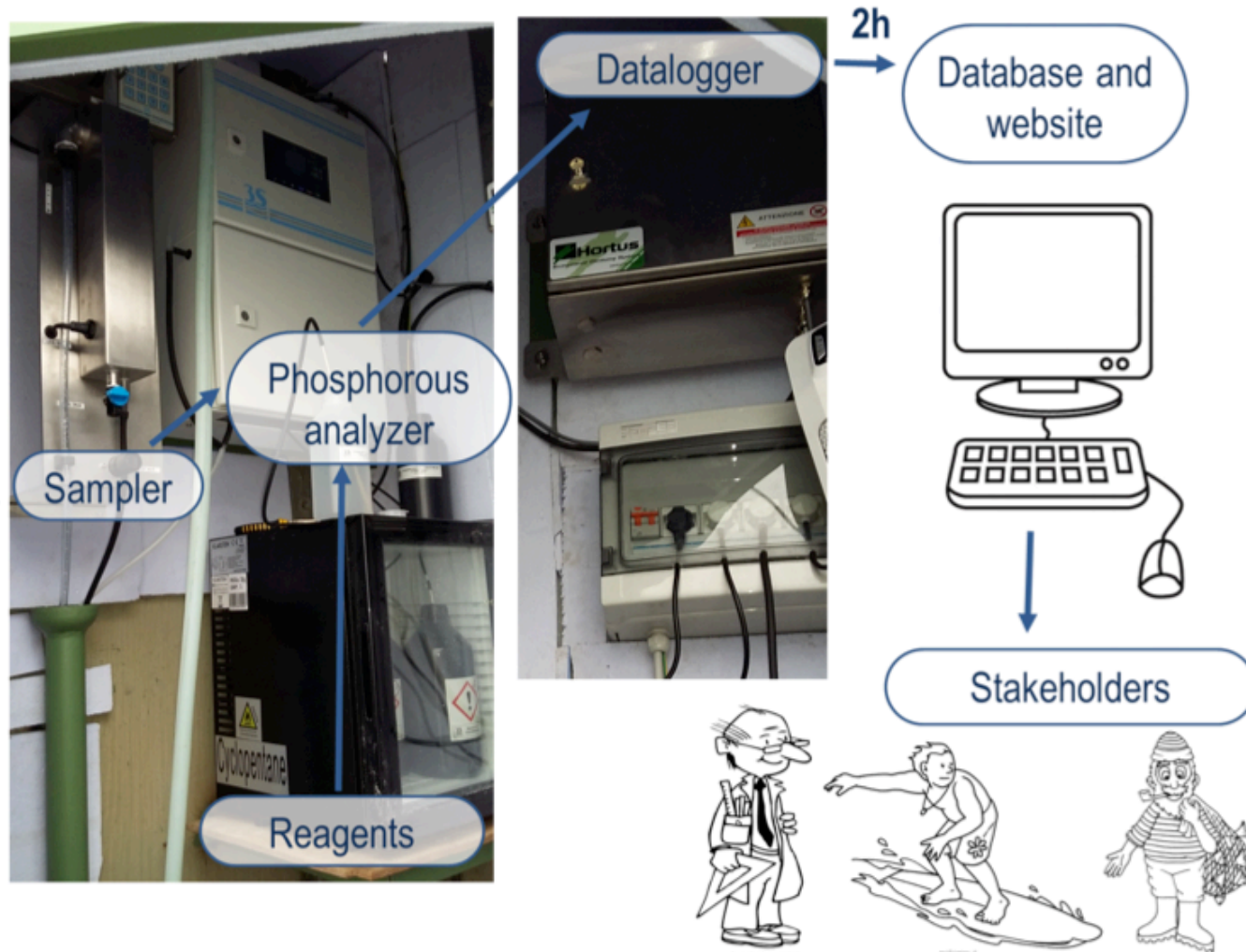
Ruolo delle zone buffer a macrofite



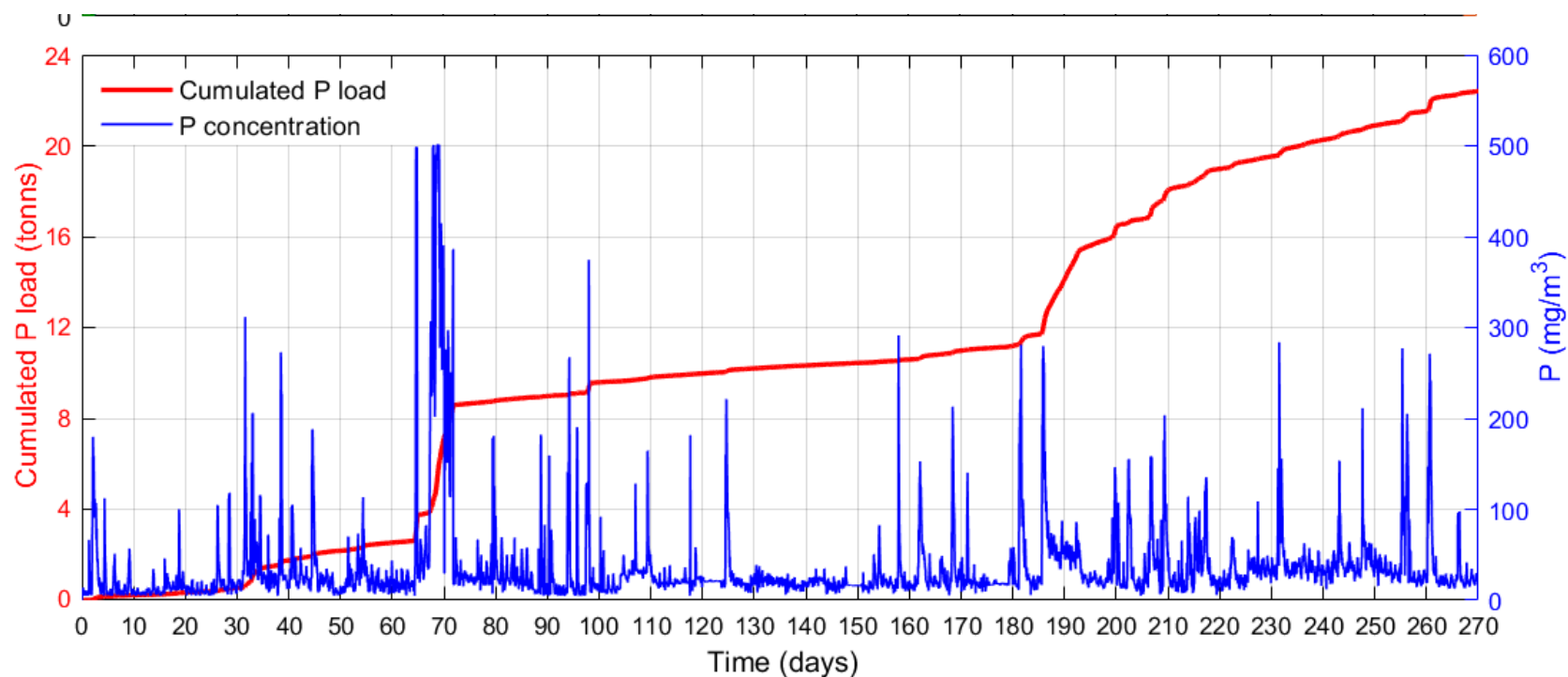
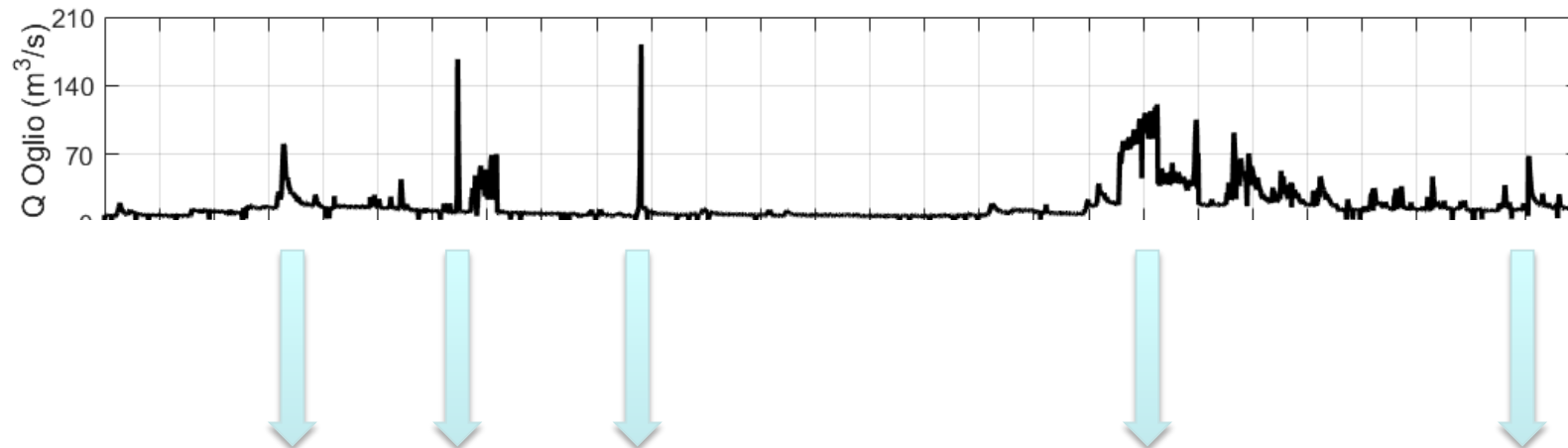
Il monitoraggio: Quali sono i carichi in ingresso dalla Valle Camonica ?



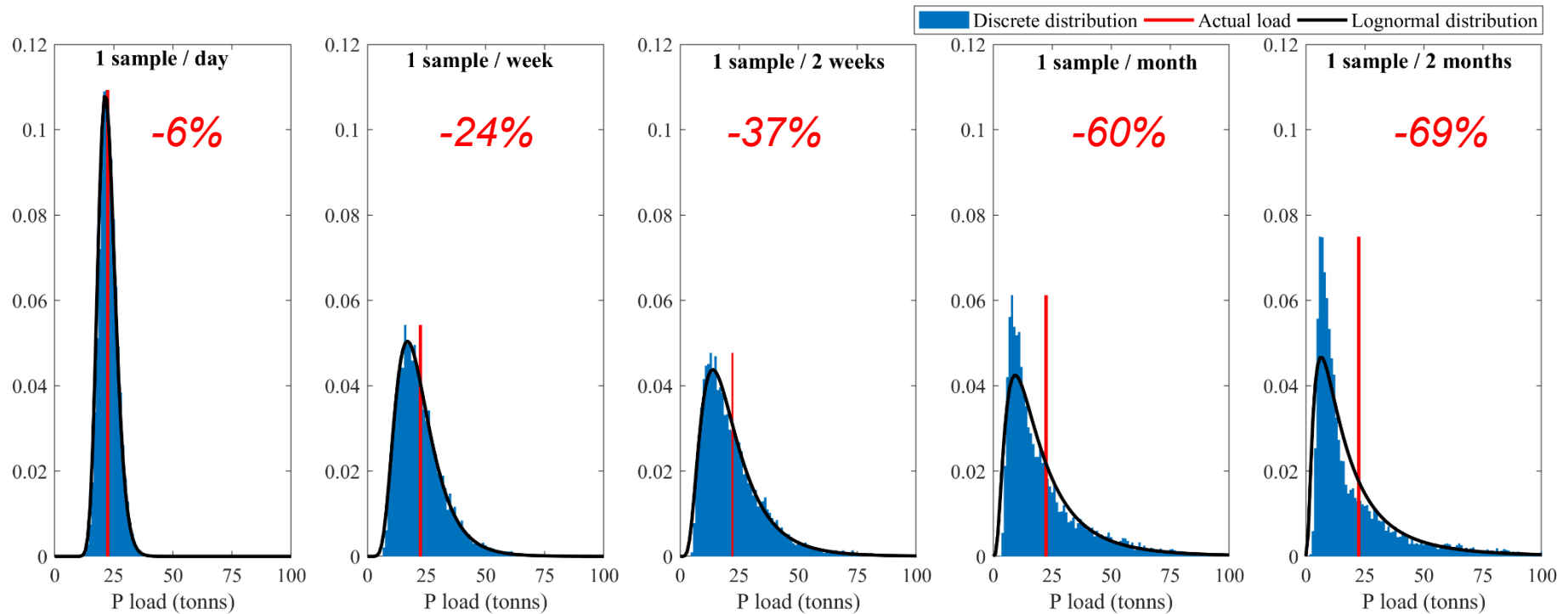
Il monitoraggio: Quali sono i carichi in ingresso dalla Valle Camonica ?



Il monitoraggio: Quali sono i carichi in ingresso dalla Valle Camonica ?

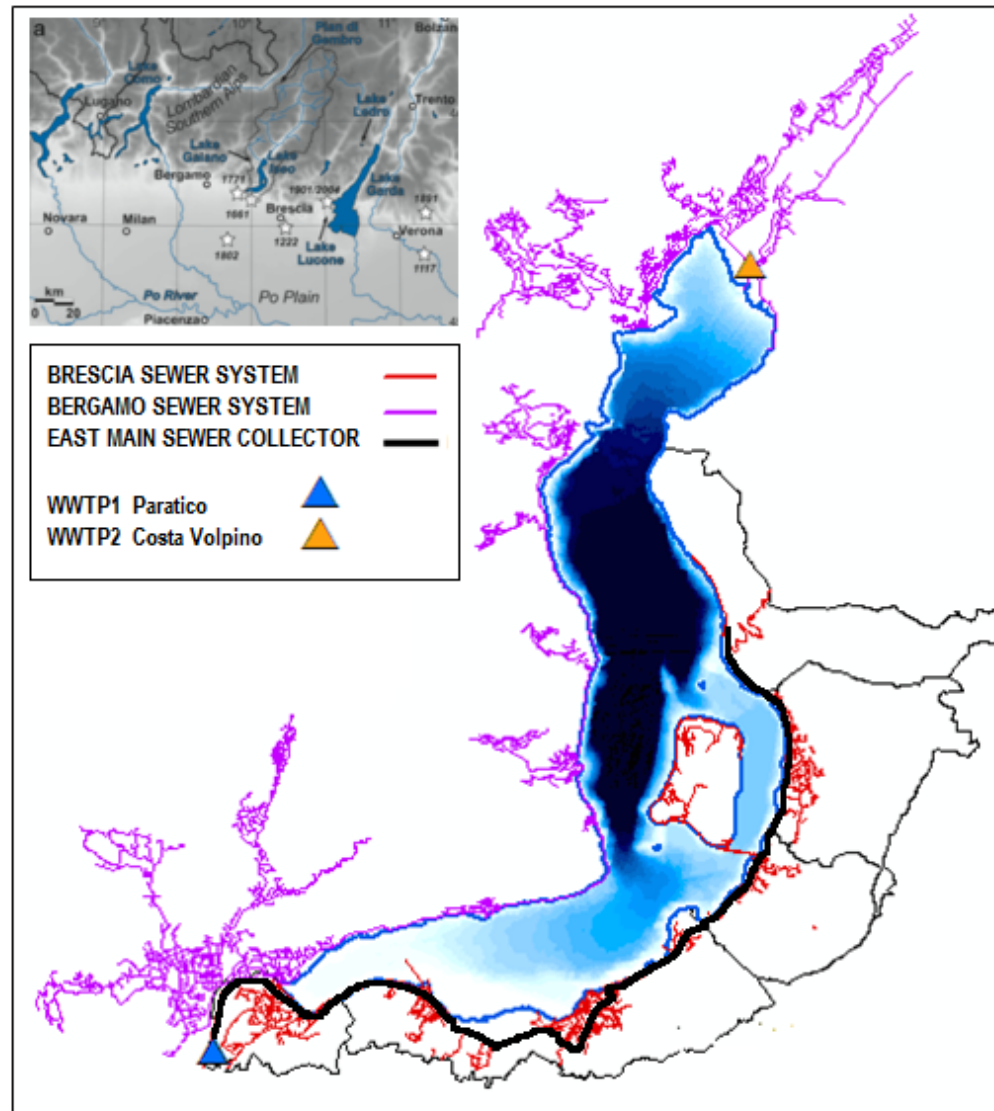


Il monitoraggio: quanto sono sbagliate le stime dei carichi al lago ?

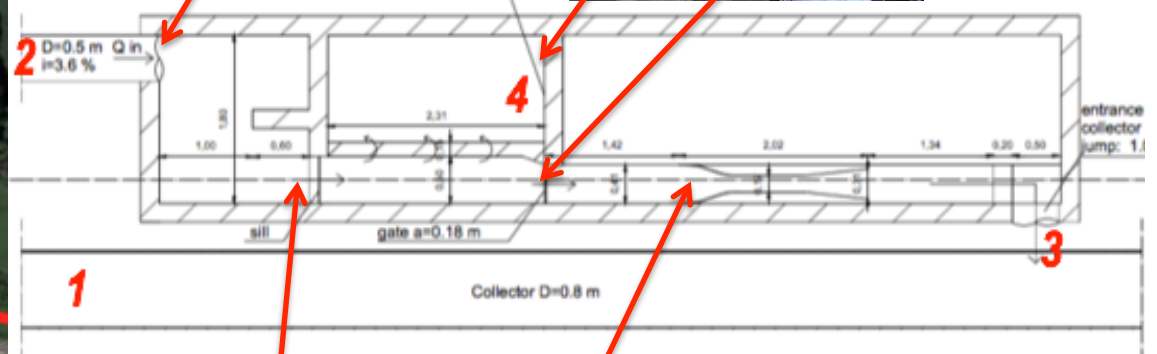
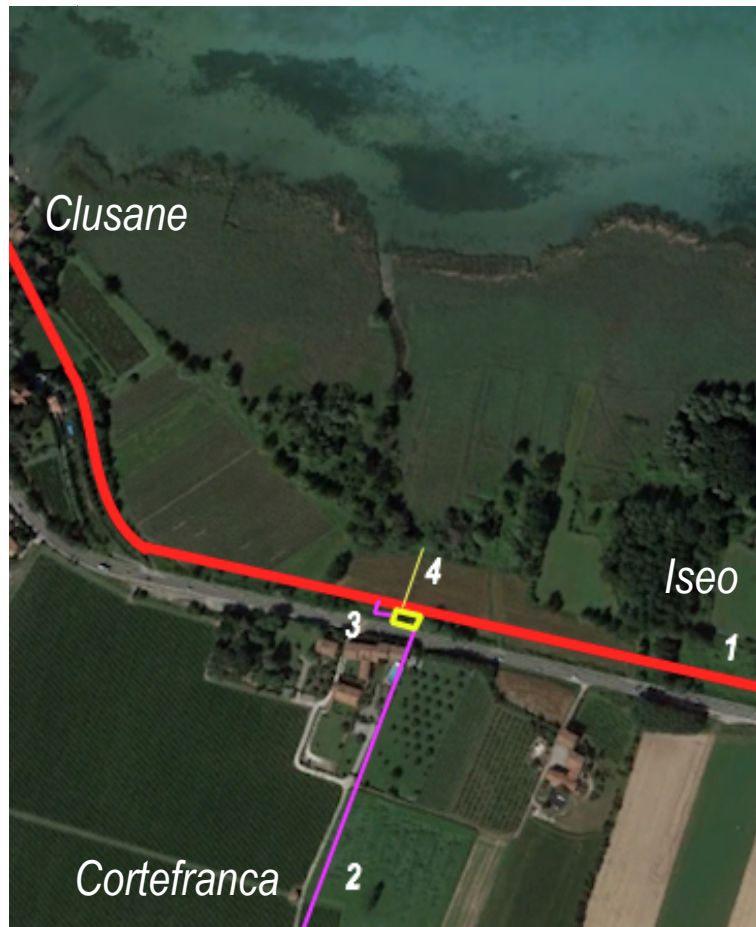


Effetto della frequenza di campionamento sulla precisione della stima del carico a lago

La Modellistica della rete di collettamento dei reflui

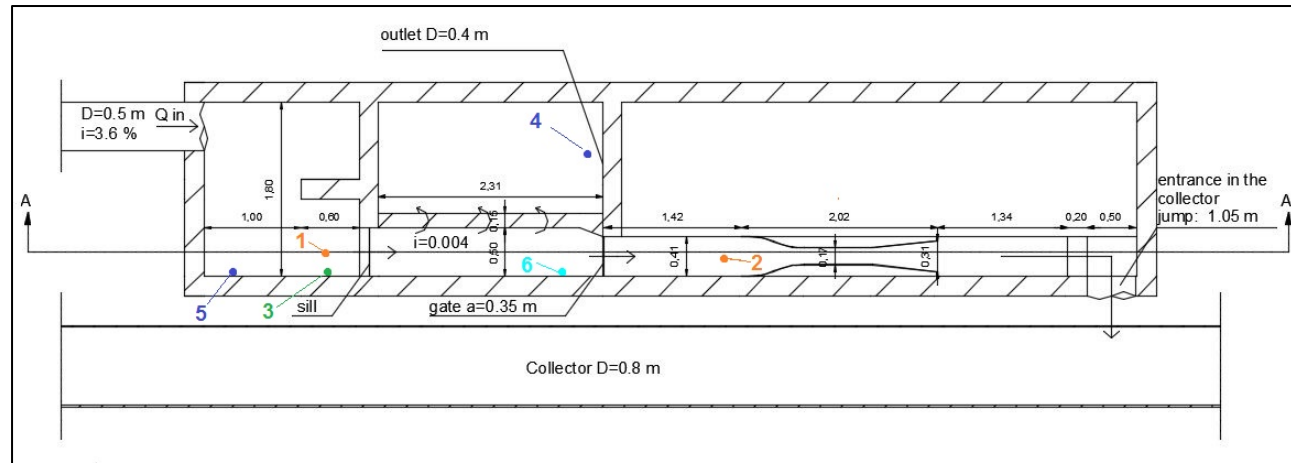


La Modellistica della rete di collettamento dei reflui



Monitoraggio dello sfioratore di Clusane

2 sensori ad ultrasuoni per la misura del livello



1 misuratore di portata area-velocity con sensore ultrasuoni a correlazione per la verifica della scala delle portate



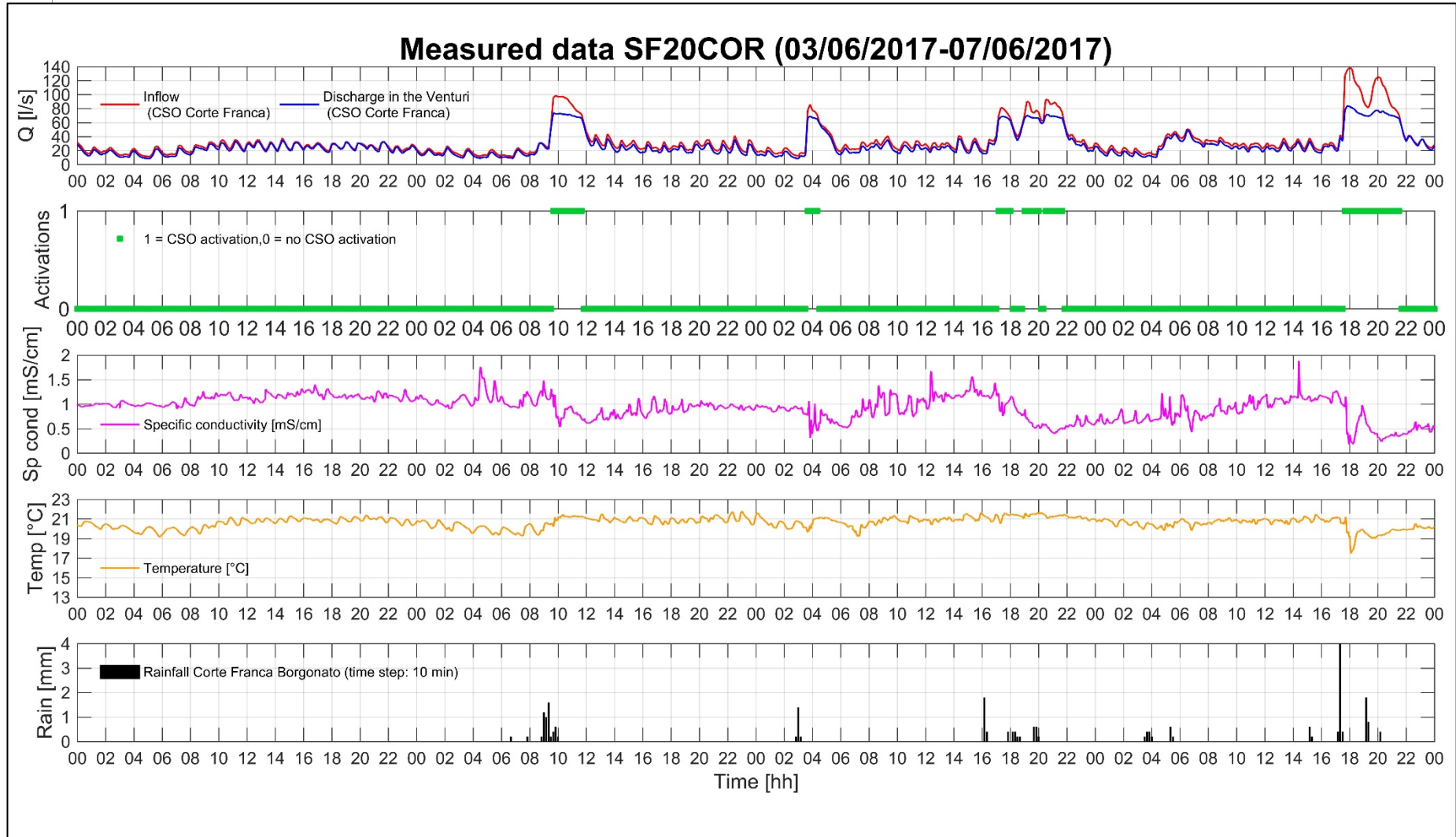
1 autocampionatore e una sonda di conducibilità e temperatura



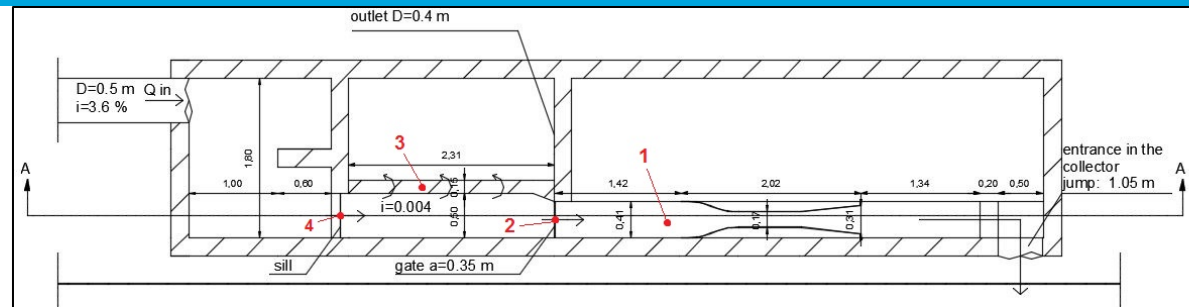
1 sensore di traccimazione CSV



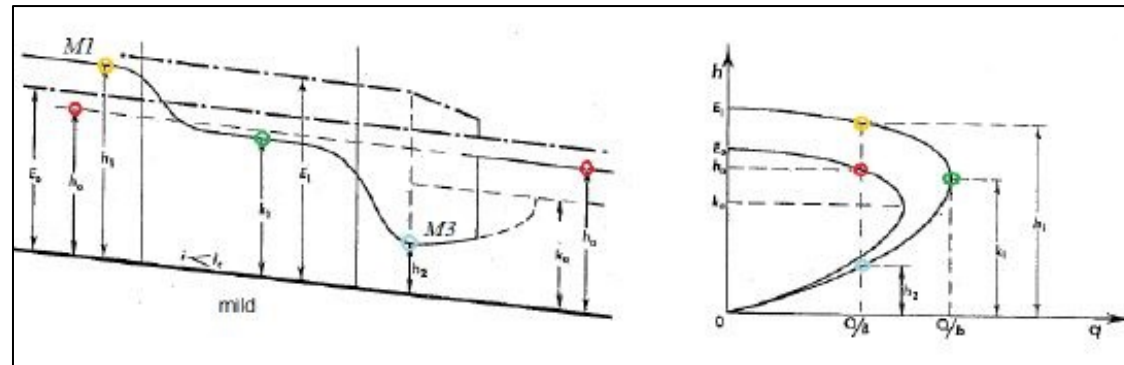
Attività di misura allo sfioratore



Modellazione dello sfioratore laterale



1



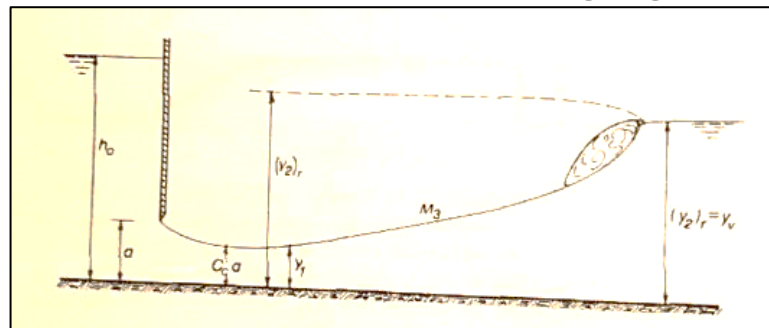
$$k = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot B^2}}$$

$$E_k = \frac{3}{2} \cdot k$$

$$E_k = h_m + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot A(h_m)^2}$$

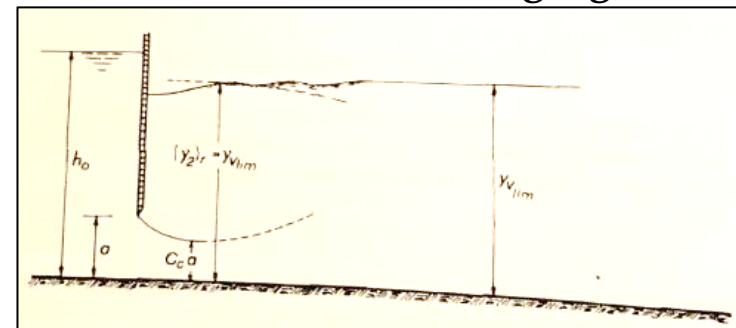
2

Paratoia con efflusso non rigurgitato



$$h_0 + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot (h_0 \cdot b)} = C_c \cdot a + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot (C_c \cdot a \cdot b)}$$

Paratoia con efflusso rigurgitato



$$h_0 + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot (h_0 \cdot b)} = h_v + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot (h_v \cdot b)} + 0.5 \frac{\left(\frac{Q}{a \cdot C_c \cdot b} - \frac{Q}{h_v \cdot b}\right)^2}{2 \cdot g}$$

Modellazione dello sfioratore laterale

2 *Correzione del coefficiente di contrazione C_c per efflusso rigurgitato sotto paratoia (Belaud et Al., 2009).*

$$C_c \cong \frac{1 - \sqrt{1 - (2 \cdot (0.194 \cdot a_r^2 - 0.499 \cdot a_r + 0.308) + a_r)}}{2 \cdot (0.194 \cdot a_r^2 - 0.499 \cdot a_r + 0.308) + a_r}$$

3 *Integrazione numerica del profilo lungo lo sfioratore (Energia costante):*



$$\frac{dh}{ds} = -\frac{\sqrt{2g(\bar{E} - h)}}{gB(3h - 2\bar{E})} \frac{dQ}{ds}$$

$$\frac{dQ}{ds} = -Q_0 = -\mu\sqrt{2g}(h - h_s)^{3/2}$$

4 *Stramazzo Bazin:*



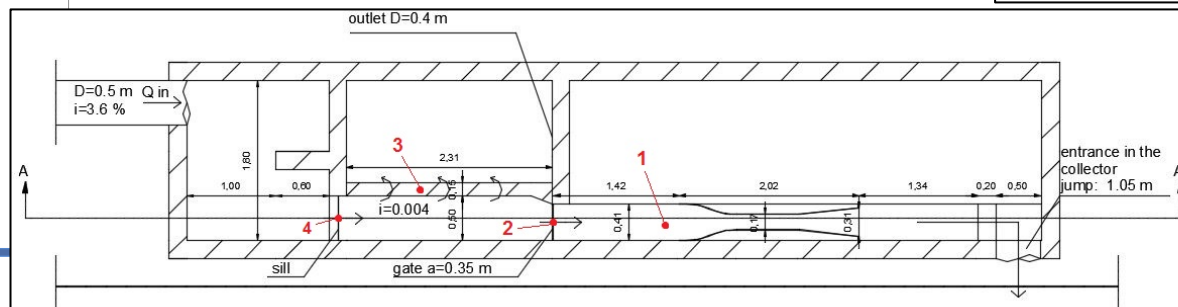
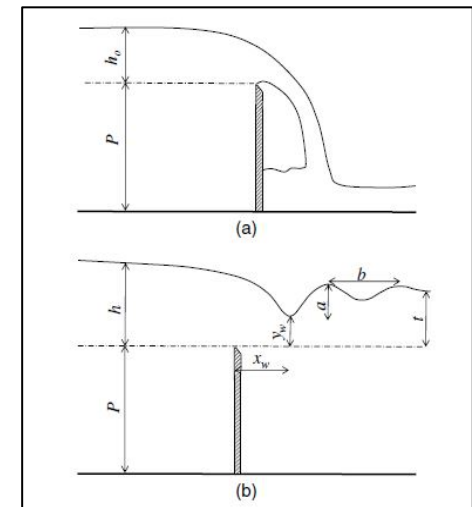
Efflusso libero

$$Q_f = \frac{2}{3} \cdot C_c \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \left[\left(h_0 + \frac{v_0^2}{2 \cdot g} \right)^{3/2} - \left(\frac{v_0^2}{2 \cdot g} \right)^{3/2} \right]$$



Efflusso rigurgitato

$$Q_s = \left(1 - \left(\frac{t}{h} \right)^{1.5} \right)^{0.385} \cdot Q_f$$



Validazione modello matematico dello sfioratore

Livello di valle (venturimetro) misurato



Portata di valle



Modello del funzionamento dello sfioratore



Calcolo portata a monte dello stramazzo Bazin



*Confronto tra il livello misurato e il livello
calcolato dal modello in corrispondenza di
una portata di valle misurata*

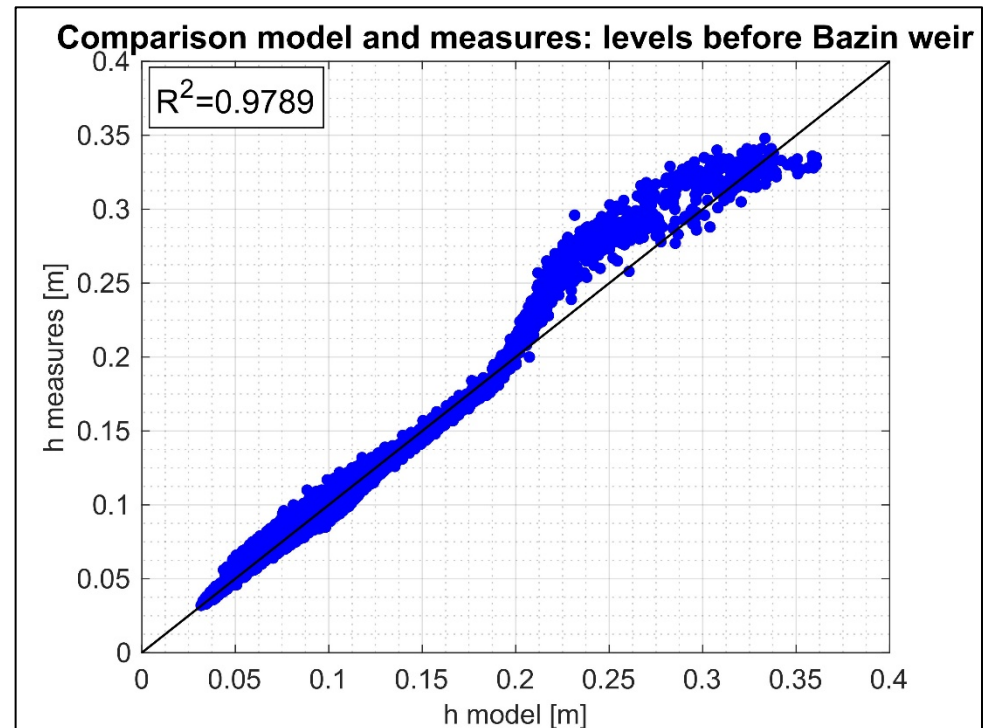


Coefficiente di correlazione lineare:

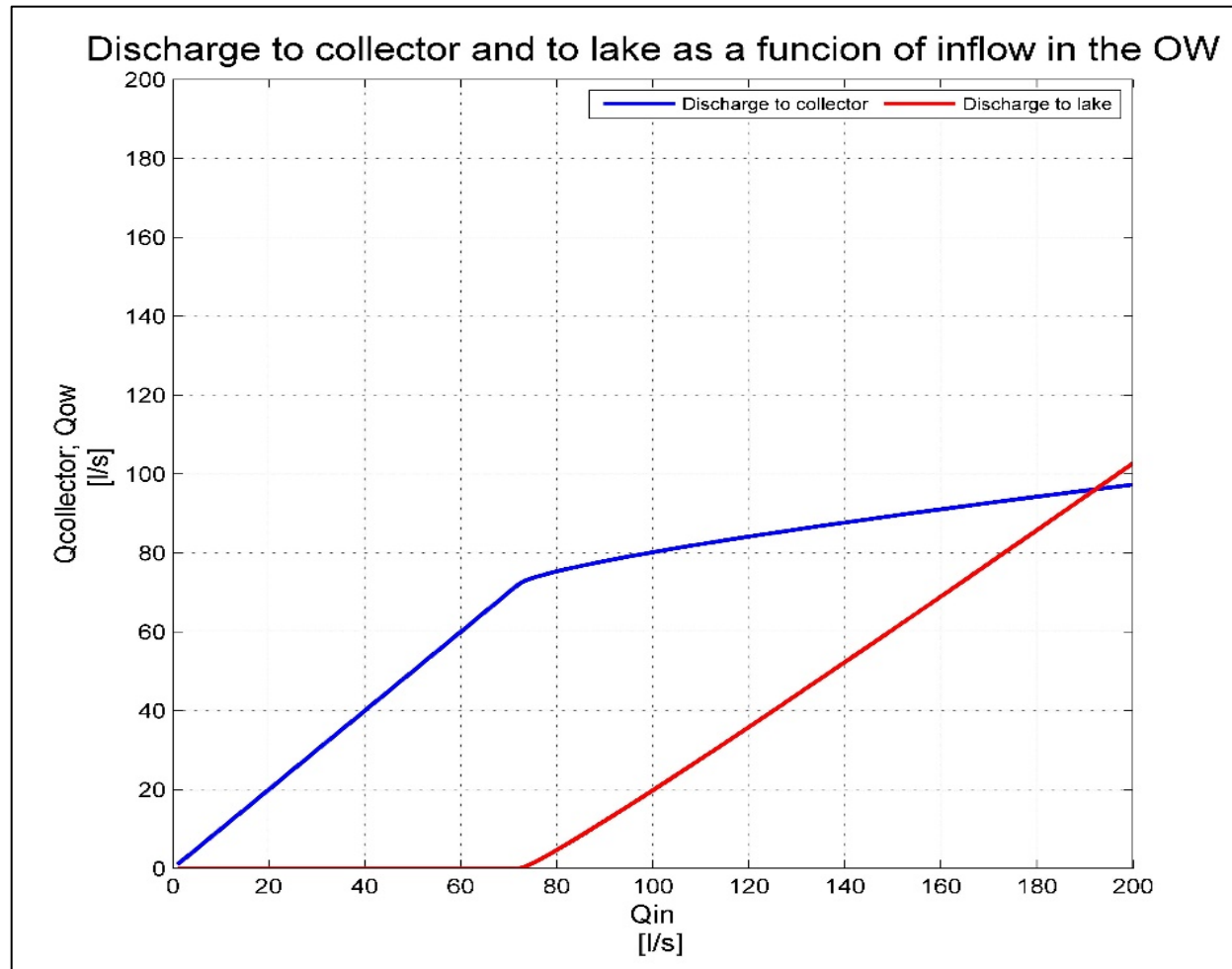
$$R^2=0.9789$$

Scostamento medio: 0.0039 m

Errore relativo medio: 4%

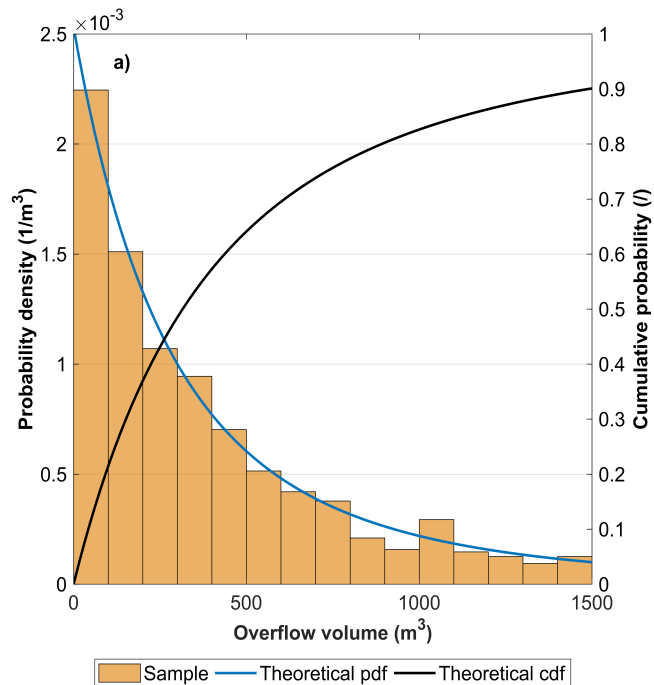


portata sfiorata a lago e portata avviata al depuratore



Alcuni risultati di medio-lungo periodo sui volumi sfiorati

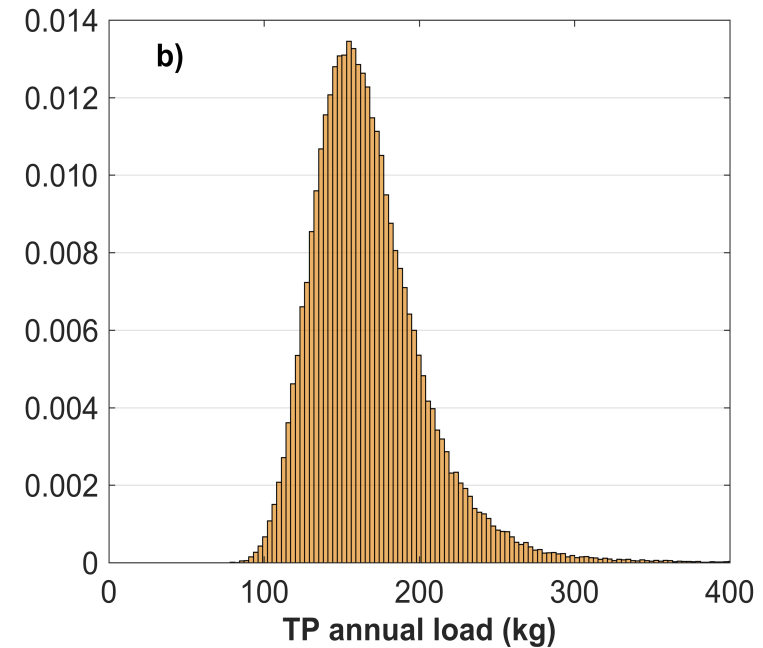
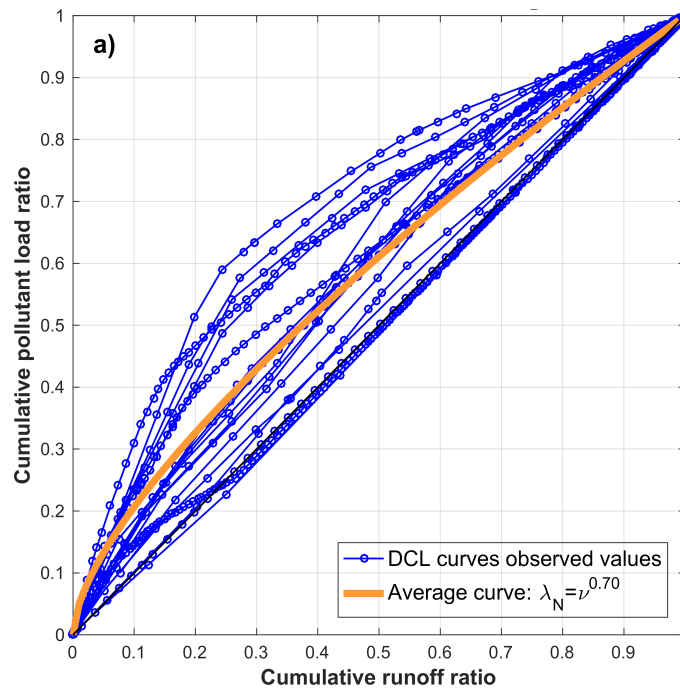
Lo sfioratore di Clusane (Badaline)



- 2 anni di monitoraggio + 10 anni di simulazione modellistica
- mediamente, 95 eventi anno (Q_{soglia} 10l/s, 3 ore separazione)
- Volume annuo mediamente sfiorato: 60000 mc.

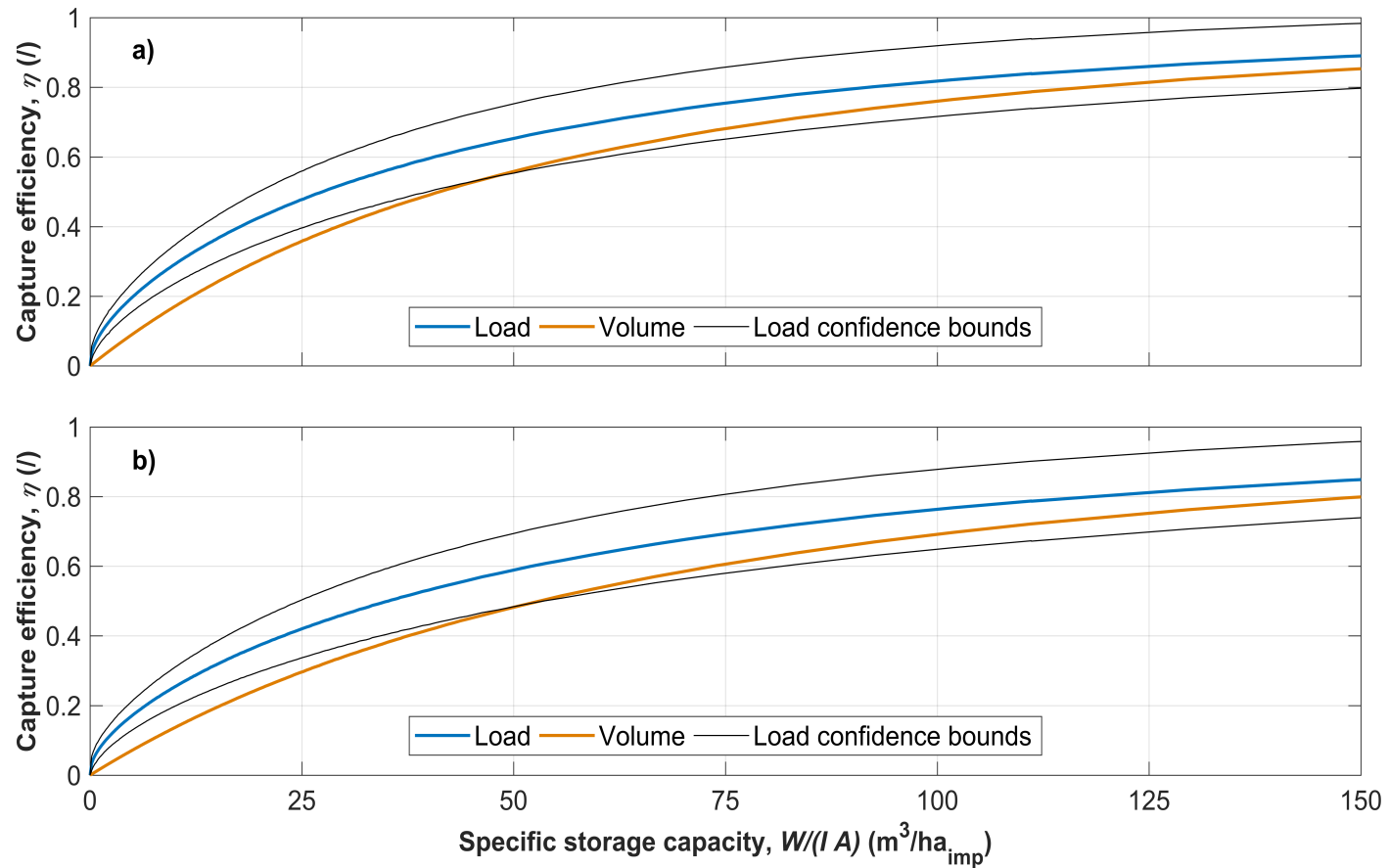
Barone, L., **Pilotti, M.**, Valerio, G., Balistrocchi, M., **Milanesi, L.**, Chapra, S. and Nizzoli, D. (2019) Analysis of the residual nutrient load from a combined sewer system in a watershed of a deep Italian lake. *Journal of Hydrology*.

Alcuni risultati di medio-lungo periodo sulle masse sfiorate



- *Misura della qualità delle acque durante 18 eventi di sfioro: (TN, TP, COD, BOD5, TSS, passo 20 minuti)*
- *Quantificazione del “first flush”*
- *Carico medio annuo residuo di nutrienti dallo sfioratore: 1050 kg TN, 170 kg TP.*
- *% sfiorata rispetto al carico totale: 17% TP, 30% TN.*

Si può fare qualcosa ?



- *Dimensionamento di una vasca di prima pioggia in grado di contenere gli effetti dello sversamento*

Grazie per l'attenzione
