

Remtech Esonda 20 settembre 2023

*Analisi previsionale dell'interrimento per la
gestione degli invasi*

Annamaria De Vincenzo

Università della Basilicata

annamaria.devincenzo@unibas.it

La sedimentazione degli invasi

- ☐ Riduzione nel tempo della capacità utile a causa del fenomeno dell'interrimento
- ☐ Impatto sulla capacità di soddisfare le richieste idriche, soprattutto in presenza di cambiamenti climatici
- ☐ La previsione della riduzione nel tempo della capacità utile come fattore essenziale per la gestione ottimale dei sedimenti e della risorsa idrica

La previsione dei volumi di interrimento: il modello proposto da Molino et al (2023)

Molino, B., De Vincenzo, A., Minó, A. , Ambrosone, L. Long-Term Water Management Model for Preserving Sustainable Useful Capacity of Reservoirs. *Water Resour Manage* 37, 1879–1894 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11269-023-03460-w>

Le equazioni di base del modello

Attraverso un bilancio di massa e un bilancio di energia si ottiene

$$\frac{dV_s}{dt} = \frac{V_\infty - V_s}{\tau(t)}$$

V_s volume di sedimento depositato al tempo t

V_∞ massimo volume possibile di sedimenti (capacità utile iniziale dell'invaso)

$V = V_s - V_\infty$ volume "libero" dal sedimento

$\tau(t)$ funzione delle caratteristiche del bacino

Le equazioni di base del modello

Assumendo legge di potenza per $\tau(t)$

$$\tau(t) = \frac{\tau_0}{\sigma} \left(\frac{t}{\tau_0} \right)^{1-\sigma}$$

e integrando, si ottiene

$$V_s = V_\infty \left\{ 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\tau_0} \right)^\sigma \right] \right\}$$

**Equazione di base
del modello**

V_s volume di sedimento al tempo t

V_∞ capacità utile iniziale dell'invaso= capacità utile iniziale

τ_0 , σ parametri del modello

Taratura dei parametri σ e τ_0 del modello

- Mediante fitting in funzione dei rilievi batimetrici disponibili
- Procedura di fitting diversa a seconda del numero di rilievi batimetrici disponibili

Taratura dei parametri σ e τ_0 del modello

Caso di **numero elevato di rilievi batimetrici**:

Fitting non lineare in funzione dei rilievi batimetrici disponibili

Taratura dei parametri σ e τ_0 del modello

Caso di **numero limitato di rilievi batimetrici**

- **Fitting lineare** in funzione della variabile

$$Z = -\ln \left(1 - \frac{V_s}{V_\infty} \right)$$

che trasforma la legge di potenza del modello in

$$\ln Z = \sigma \ln t - \sigma \ln \tau_0$$

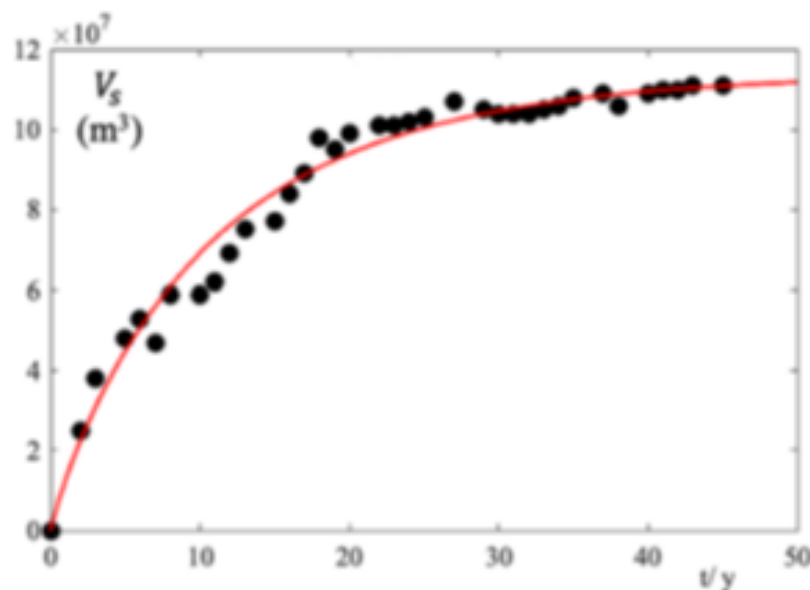
Applicazione del modello: casi studio

- Welbedacht dam (Caledon River, South Africa)
- Diga del Camastra (Fiume Basento, Italia)
- Vaigai dam (Vaigai River, India)
- Chimhanda dam (Mazowe River basin, Zimbabwe)

Fitting non lineare: diga di Welbedacht



Fitting non lineare: Welbedacht dam



$$V_{\infty} = 1.14 \cdot 10^8 \text{ m}^3$$

$$\sigma = 0.90 \pm 0.08$$

$$\tau_0 = 10.8 \pm 0.7 \text{ anni}$$

$$R^2 = 0.980$$

$$t_{1/2} = 7 \pm 1 \text{ anni}$$

1973

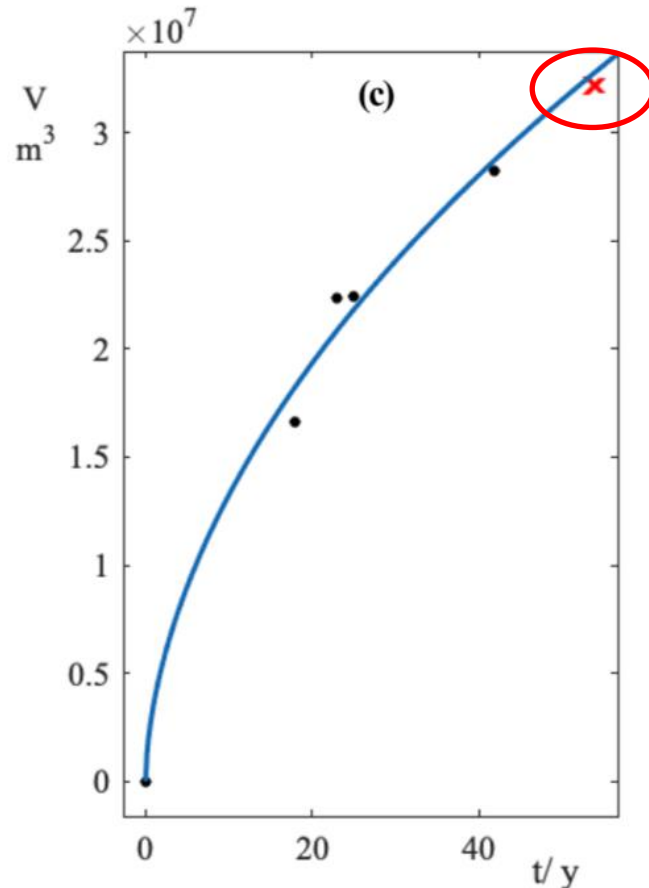
tempo riempimento 27 anni

Anno: 1973; Ente gestore: Department of Water Affairs; Tipo di diga: calcestruzzo gravità; Uso: potabile

Fitting lineare: Vaigai dam



Fitting lineare: Vaigai dam



Rilievo satellitare 2012

$$V_{\infty} = 1.95 \cdot 10^8 \text{ m}^3$$

$$\sigma = 0.58$$

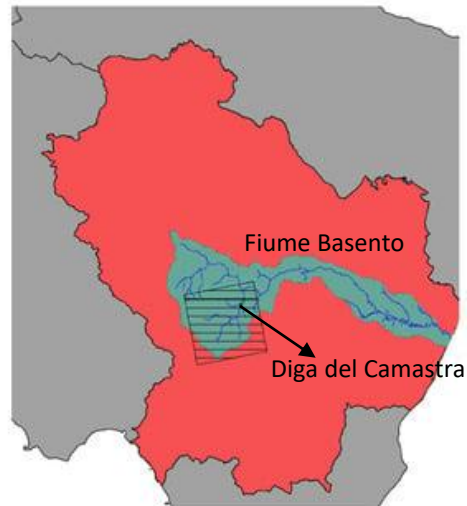
$$\tau_0 = 1003$$

$$V_s (2012, \text{curva}) = 3.3 \cdot 10^7 \text{ m}^3$$

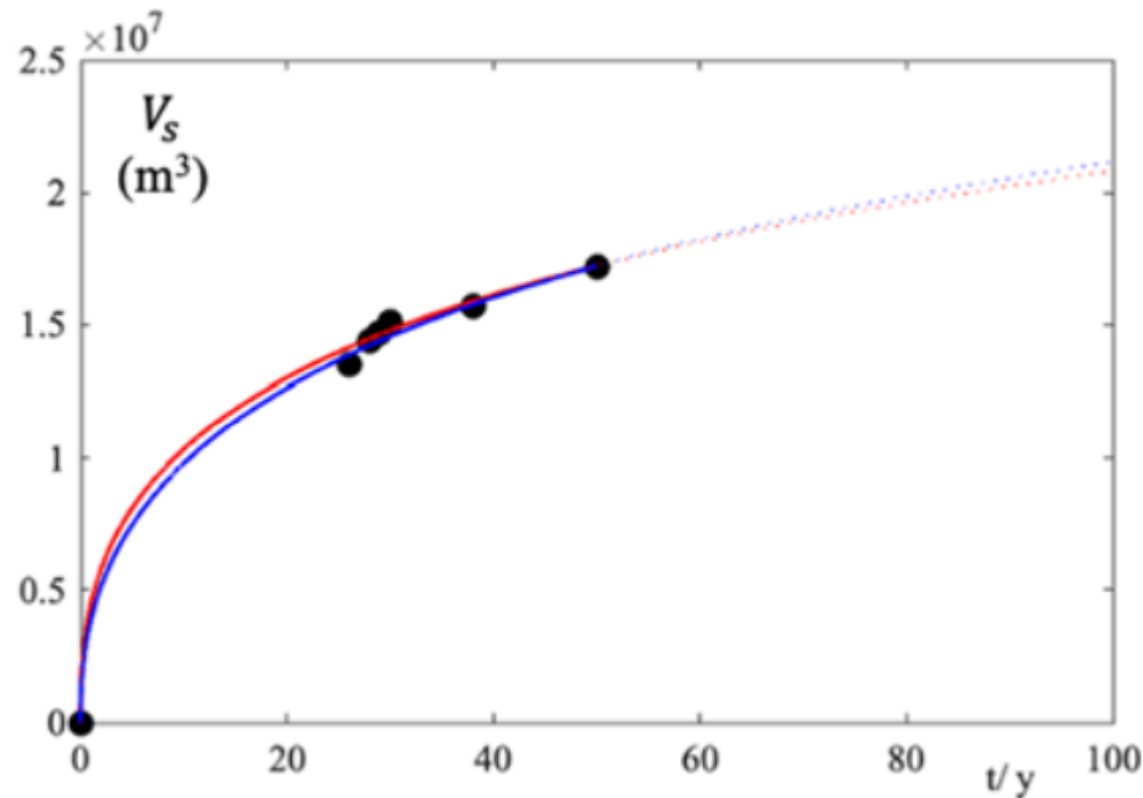
$$V_s (2012, \text{ril. satel.}) = 3.2 \cdot 10^7 \text{ m}^3$$

Anno: 1958; Ente gestore: Tamil Nadu Generation and Distribution Corp. L_{im}.; Tipo di diga: a gravità; Uso: idroelettrico

Caso studio della diga del Camastra



Confronto fitting lineare e non lineare: diga del Camastra



$$V_{\infty} = 35.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$\sigma = 0.4 \pm 0.1$$

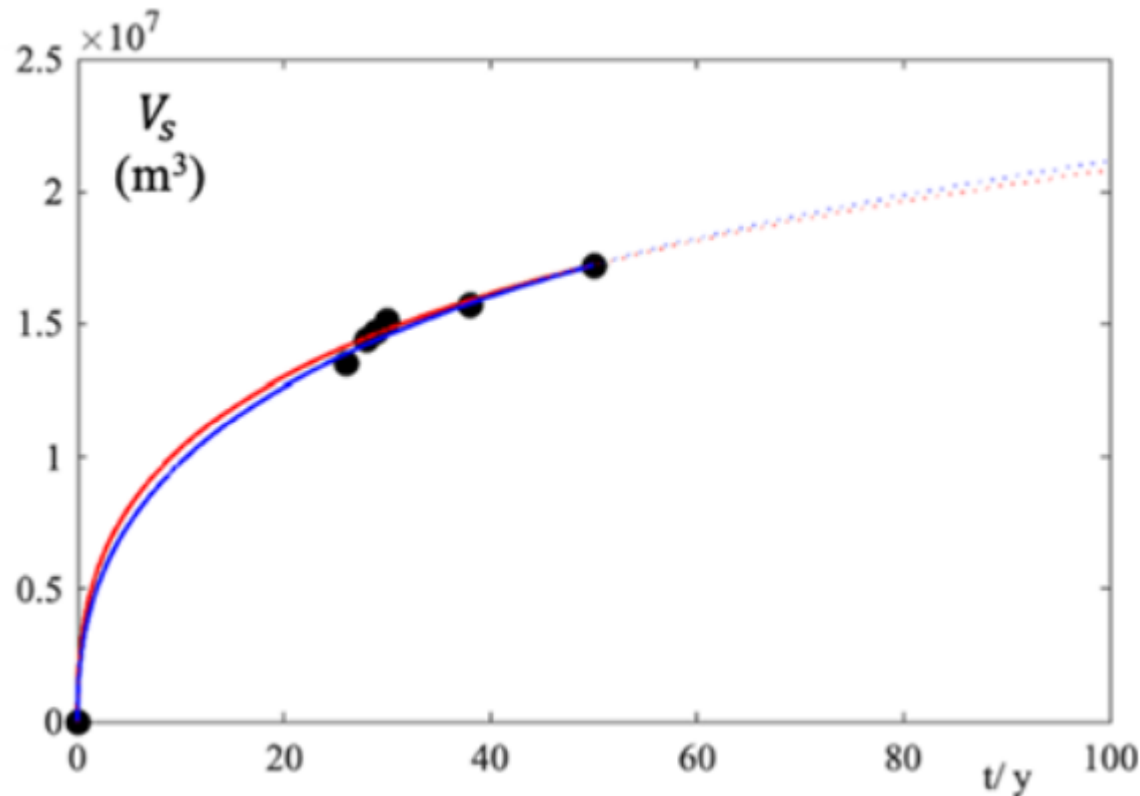
$$\tau_0 = (1.3 \pm 0.6) \cdot 10^2 \text{ anni}$$

$$t_{1/2} = 50 \text{ anni}$$

— lineare
— non lineare

Anno: 1968; Ente gestore: EIPLI (Ente per lo sviluppo dell'Irrigazione e la trasformazione fondiaria in Puglia, Irpinia e Basilicata) ; Tipo di diga: in terra zonata ; Uso: potabile (Potenza), Irriguo, industriale

Confronto fitting lineare e non lineare: diga del Camastra



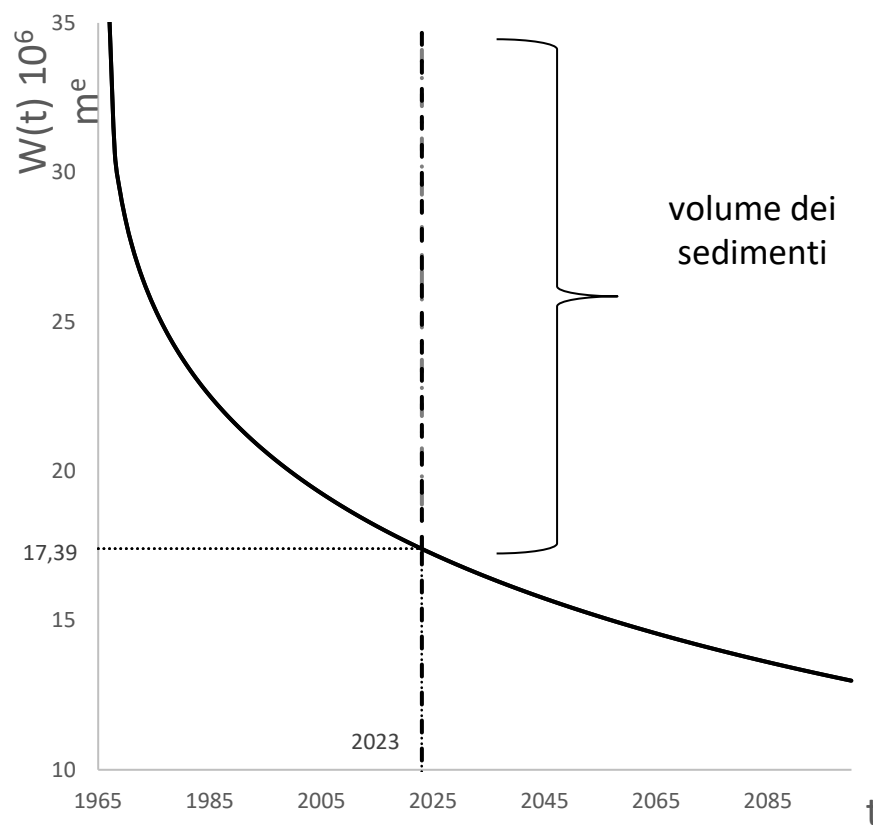
dati interpolati: fino a 2015

V_s (2017, curva) = $(17 \pm 0.5) \cdot 10^6 \text{m}^3$

V_s (2017, ril. batim.) = $18 \cdot 10^6 \text{m}^3$

— lineare
— non lineare

Il modello in forma grafica come strumento di gestione



Caso studio: diga del Camastra

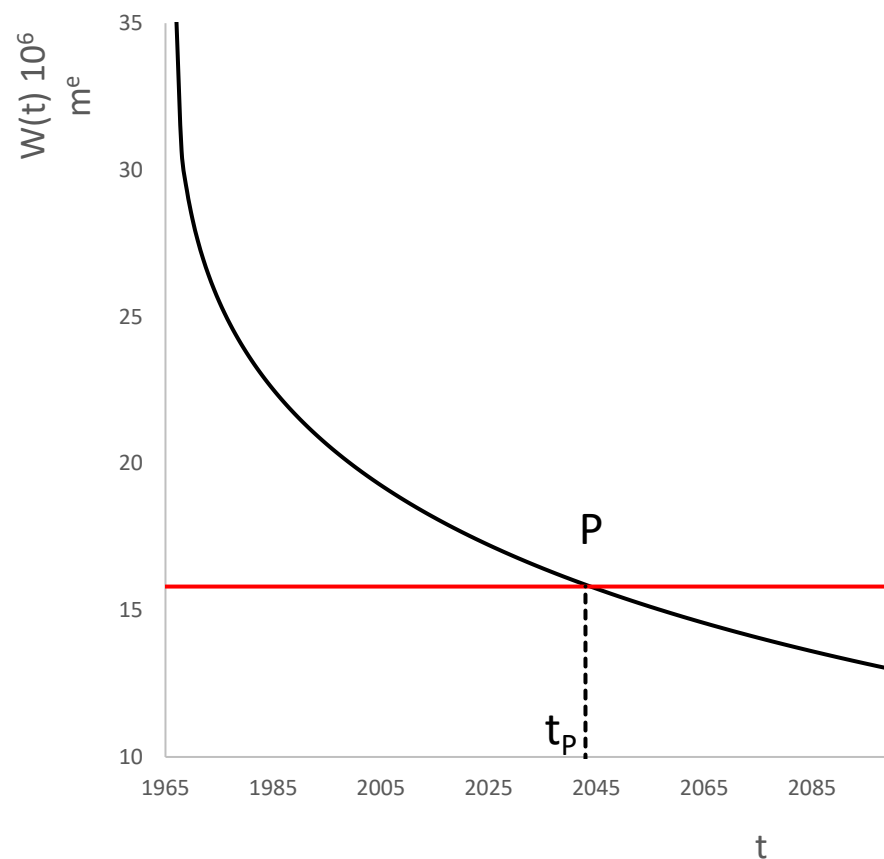
$W(t)$ = capacità utile al tempo t

$$W(t) = W_{\text{iniziale}} - V_s(t)$$

$V_s(t)$ volume sedimenti al tempo t
da modello proposto

$$W_{\text{iniziale}} = V_{\infty} = 35.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

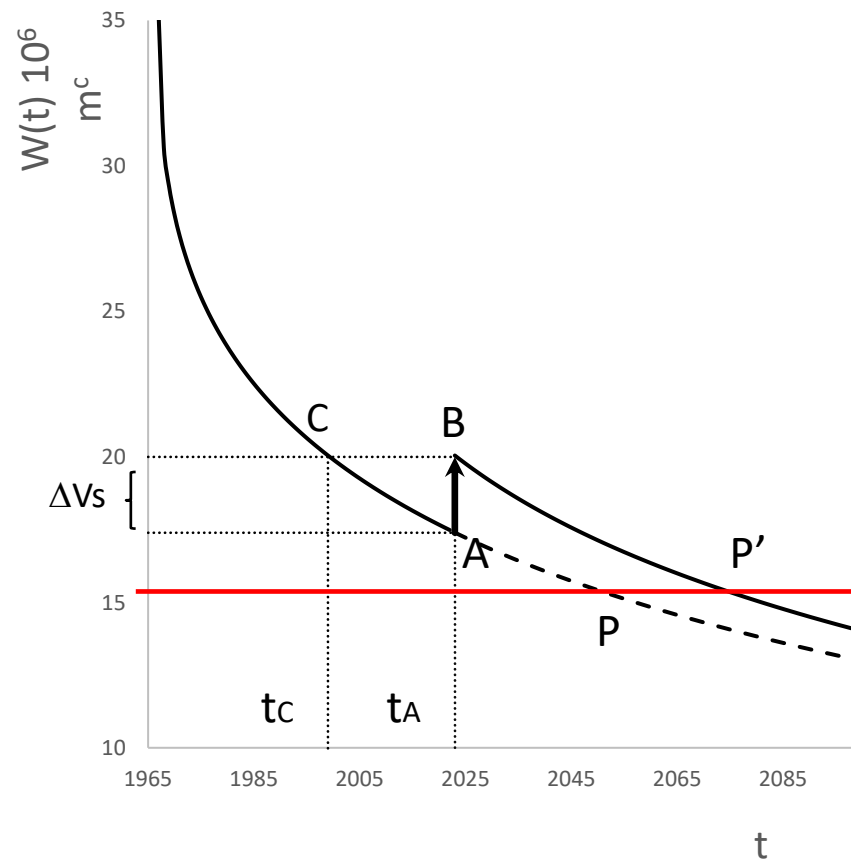
Il modello in forma grafica come strumento di gestione della risorsa idrica



— $W(t)$ da modello proposto

— Capacità Utile Sostenibile (CUS)

Il modello in forma grafica come strumento di gestione dei sedimenti



$W(t)$ capacità utile al tempo t

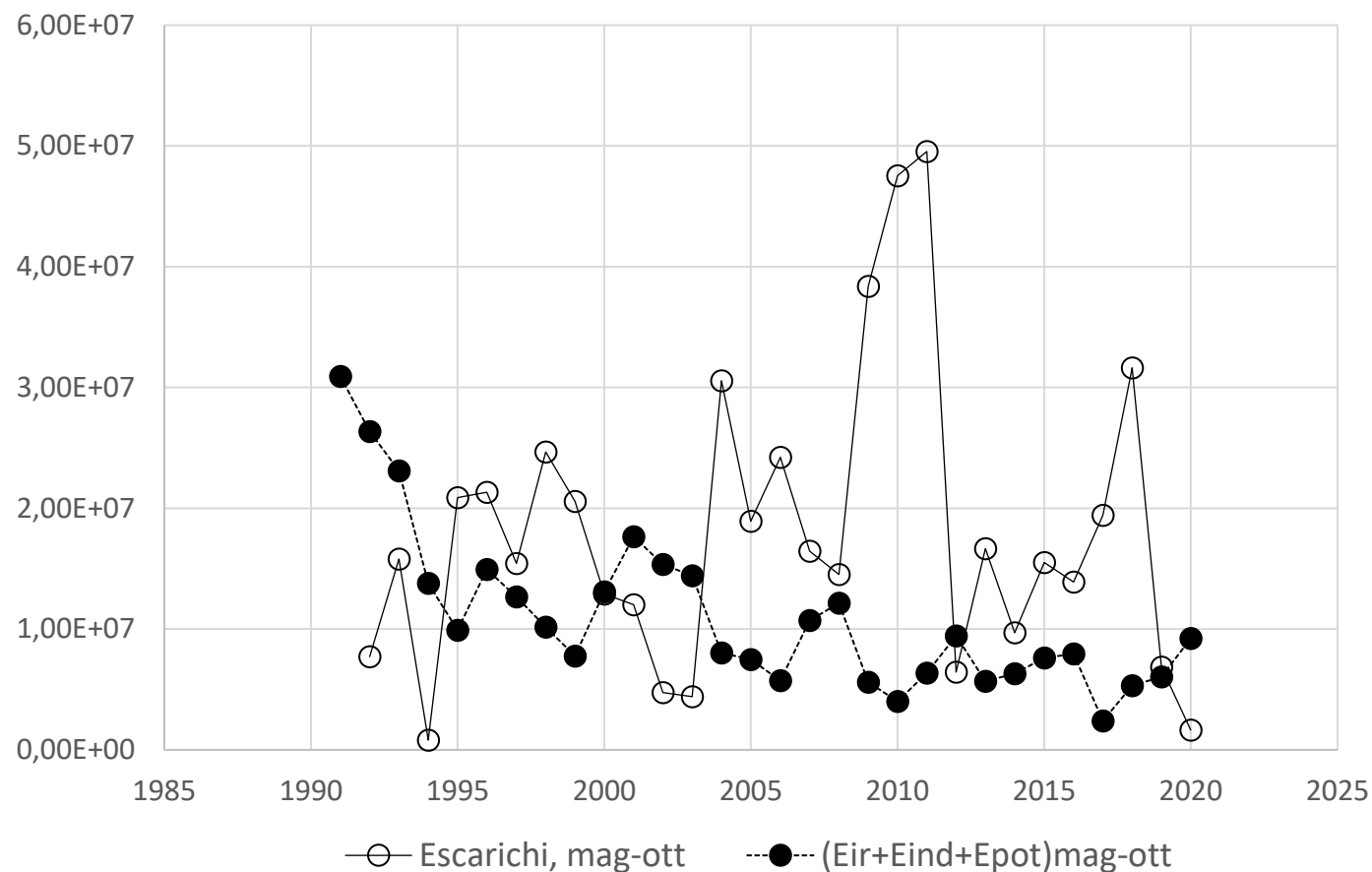
$$W(t) = W_{1967} - V_s(t)$$

$$W_{1967} = V_{\infty} = 35.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

ΔV_s volume di sedimenti da rimuovere

— CSU

La CUS in funzione delle erogazioni: il caso del Camastra



Conclusioni

Il modello proposto descrive l'evoluzione temporale dei volumi di sedimentazione attraverso una legge di potenza, funzione di soli due parametri, da stimare sulla base di rilievi batimetrici

Le equazioni sono state testate per numerose e differenti sistemi diga-invaso ubicati in differenti regioni del mondo e gestiti secondo modalità ed esigenze diverse

Il modello in forma grafica è di facile applicabilità e consente di gestire sedimenti e risorsa idrica in maniera semplice ed efficace

Il modello è utile nella programmazione delle operazioni di rimozione dei sedimenti e nella pianificazione del loro riutilizzo

Sviluppi futuri: modifica del modello per tener conto di eventi e/o condizioni di gestione straordinarie