

REMTECH EXPO Esonda 20 settembre 2023

Modellazione dell'interrimento degli invasi con modello numerico CRHyME: ricostruzione degli eventi estremi di maggio 2023 in Emilia Romagna.

Ing. Andrea Abbate

RSE – Ricerca Sistema Energetico

SCOPO: incrementare la RESILIENZA



Hazard **X** *Exposure* **X** *Vulnerability* = *Risk*



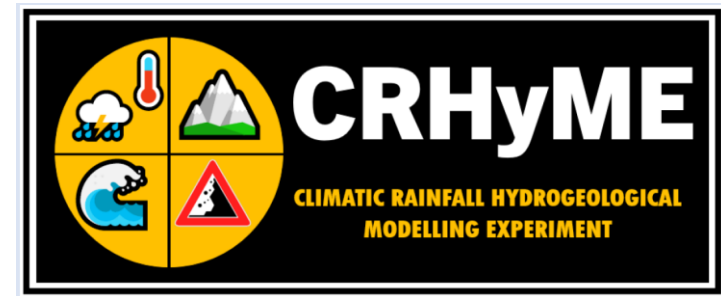
RESILIENZA



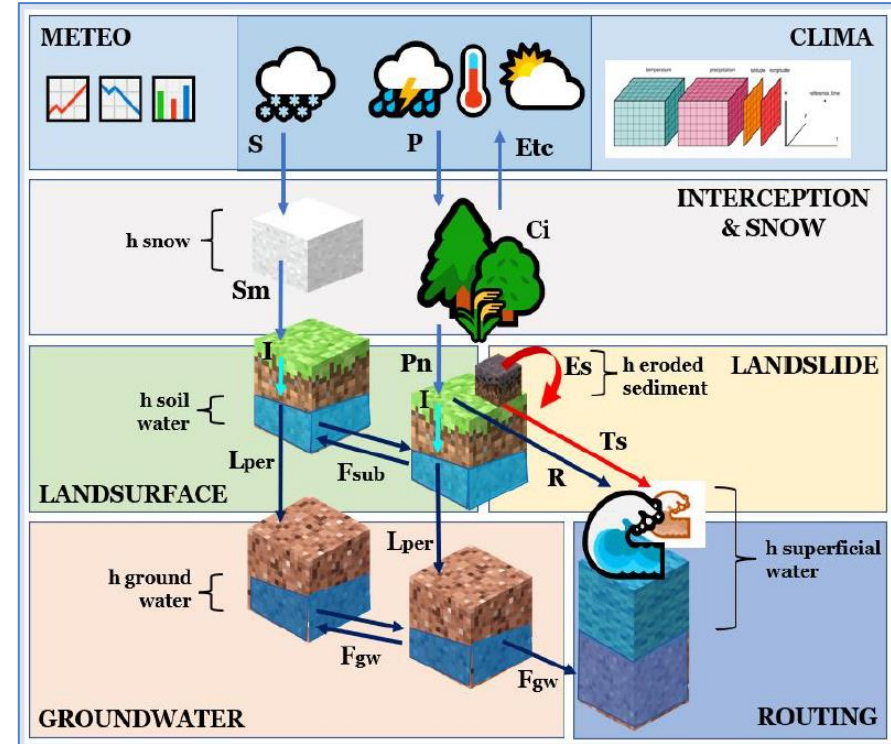
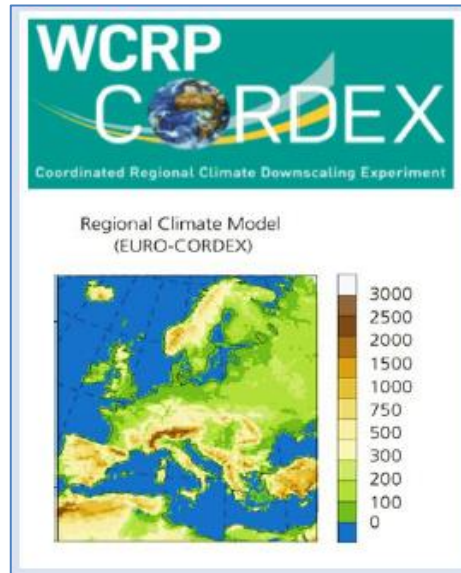
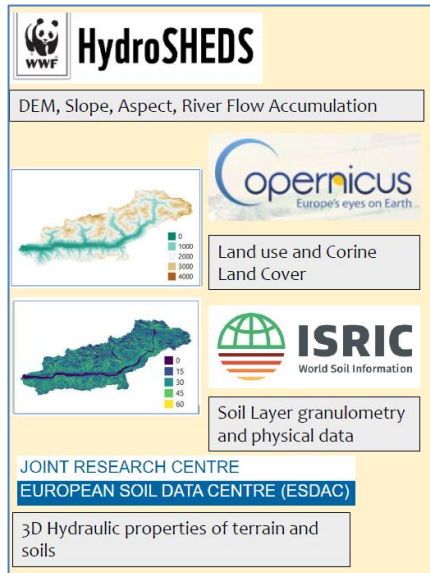
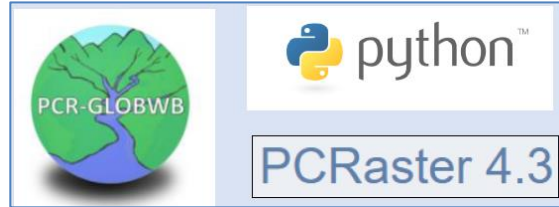
STRUMENTO: Modello CRHyME



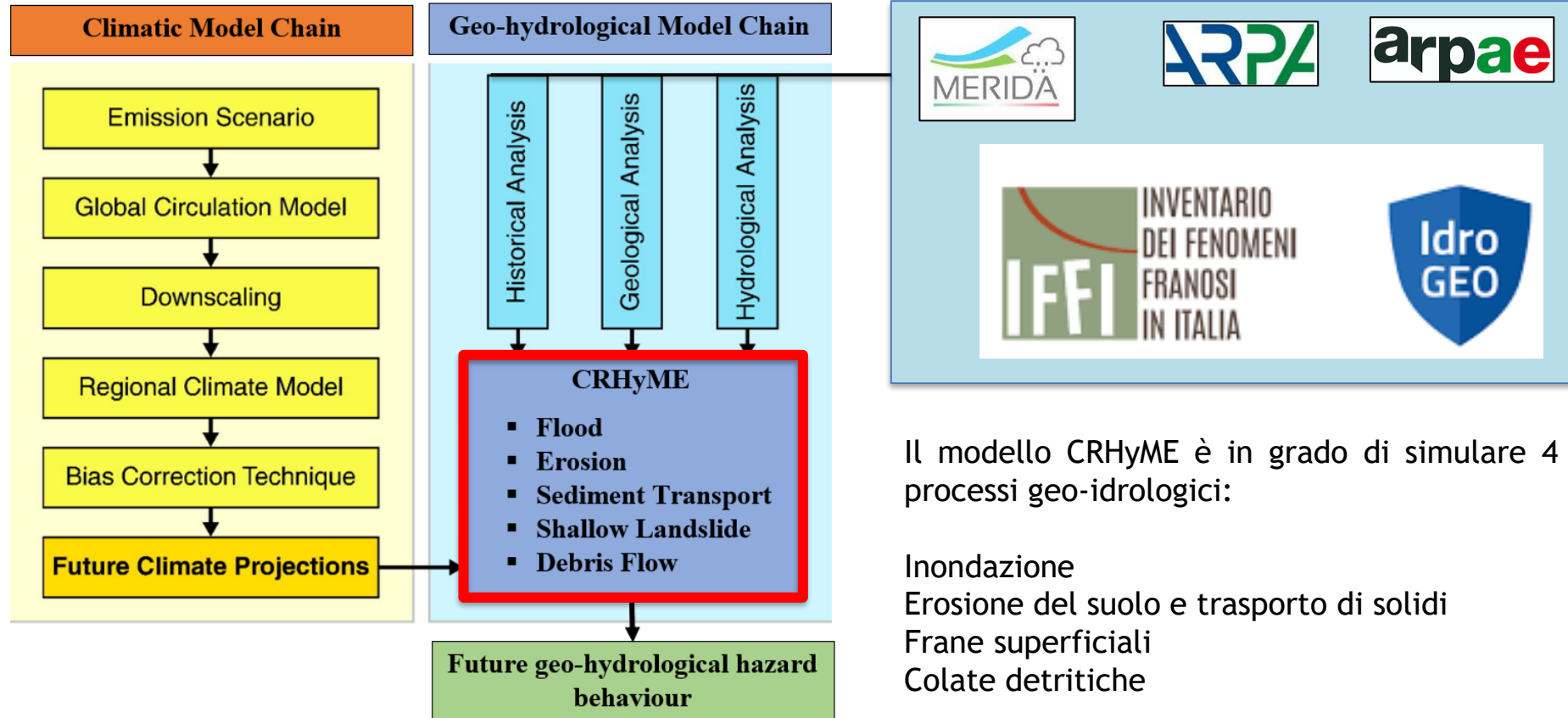
CRHyME : Climatic Rainfall Hydrogeological Modelling Experiment



STRUMENTO: Modello CRHyME

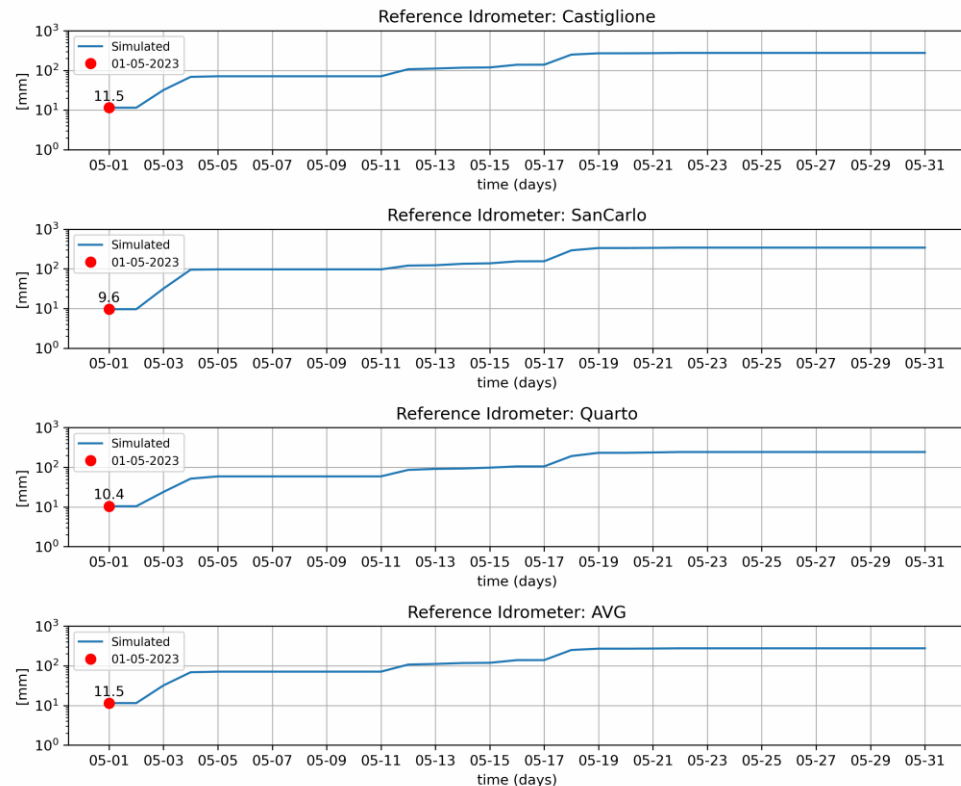


STRUTTURA: studio dei fenomeni geo-idrologici nel passato e nel futuro

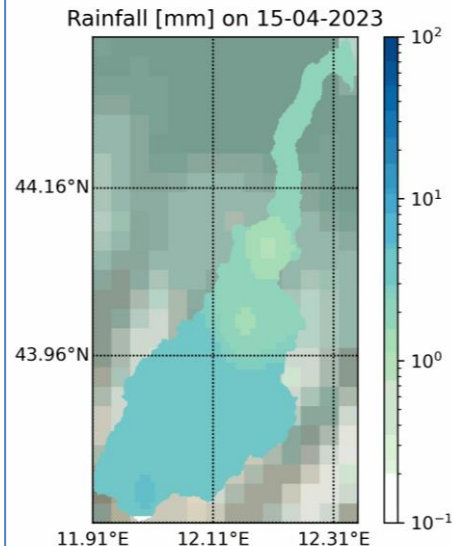
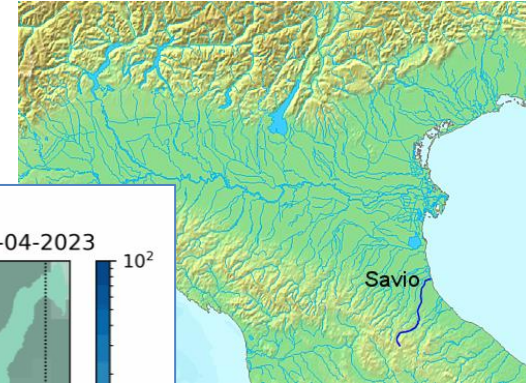


CASO STUDIO: Alluvioni in Emila Romagna - maggio 2023

Applicazione del modello CRHyME al bacino del Fiume Savio -> PIOGGIA



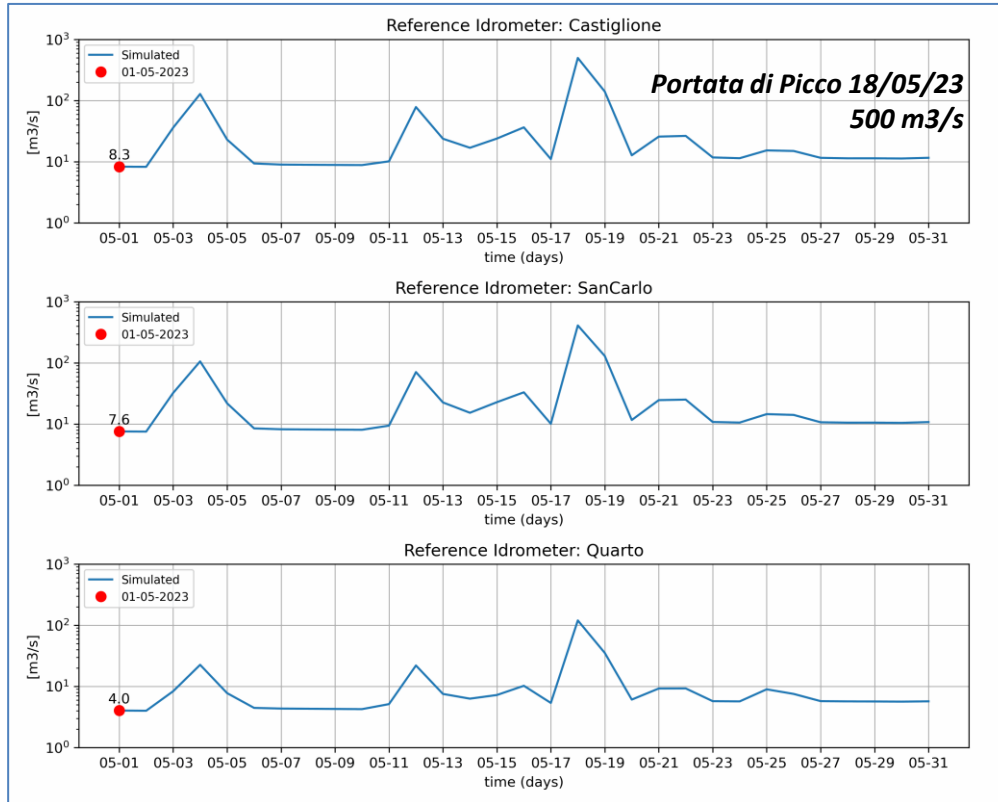
**Pioggia cumulata
01/05/23 -18/05/23
250-350 mm
TR = 200 – 300 anni**



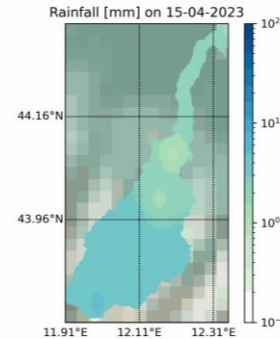
Il Savio ha un regime spiccatamente torrentizio con piene turbinate in autunno, che possono anche sfiorare i 1.000 m³/s, e magre quasi totali in estate. La sua portata media presso la foce è modesta (circa 6 m³/s.).

CASO STUDIO: Alluvioni in Emila Romagna - maggio 2023

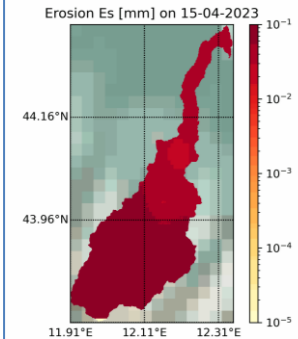
Applicazione del modello CRHyME al bacino del Fiume Savio -> PORTATA



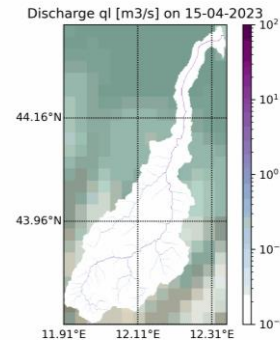
Pioggia [mm]



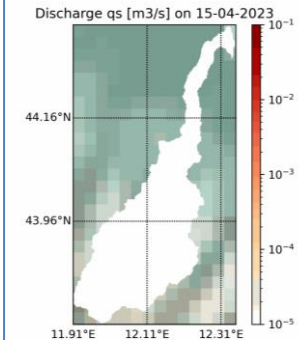
Erosione [mm]



Portata Liquida [m³/s]

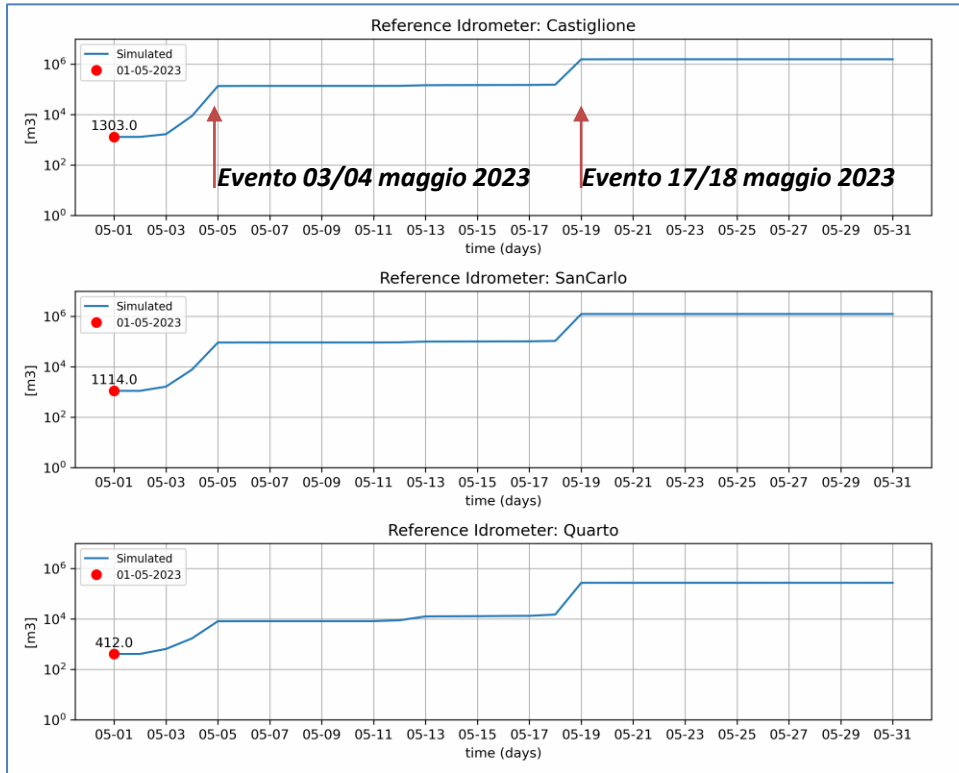


Portata Solida [m³/s]



CASO STUDIO: Alluvioni in Emila Romagna - maggio 2023

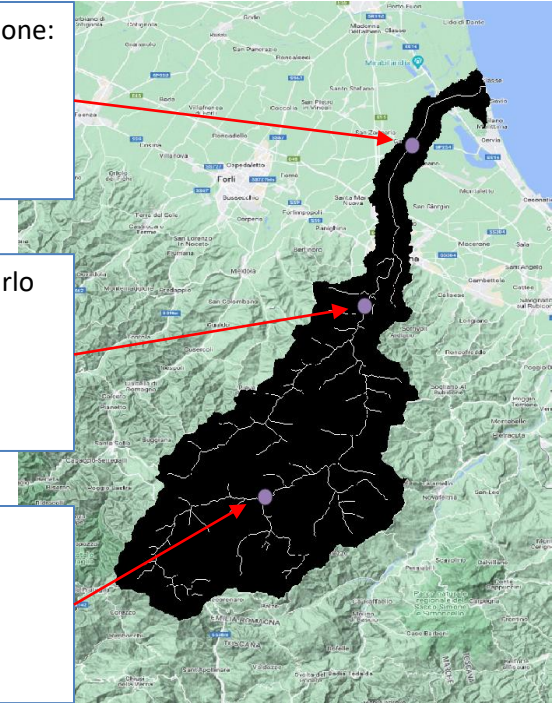
Applicazione del modello CRHyME al bacino del Fiume Savio -> VOLUME SEDIMENTI



Totali Volume a Castiglione:
Evento 03/04 maggio
 140'000 m3
Evento 17/18 maggio
 1'500'000 m3

Totali Volume a San Carlo
Evento 03/04 maggio
 90'000 m3
Evento 17/18 maggio
 1'200'000 m3

Totali a Quarto
Evento 03/04 maggio
 8'000 m3
Evento 17/18 maggio
 270'000 m3



CASO STUDIO: Alluvioni in Emila Romagna - maggio 2023

Applicazione del modello CRHyME al bacino del Fiume Savio -> DIGA DI QUARTO

**CORRIERE
CESENATE**

Evoluzione Storica dell'interrimento della Diga di Quarto

Anno	Volume	Età della Diga = 100 anni
Yr	Mm3	
1925	4.50	Bacino Sotteso alla Diga = 217 km2
1933	2.20	
1938	1.70	
1958	0.62	
1977	0.52	Interrimento Medio Annuo = 41500 m3/anno
2022	0.35	



Il lago di Quarto (Sarsina): secondo l'esperto occorre svuotare il bacino dai detriti

A causa della particolare conformazione del territorio e delle colline circostanti, il bacino si è interrato molto rapidamente. Nel 1925, anno della costruzione della diga, la capacità dell'invaso era pari a 4,5 milioni di metri cubi, dice Carlo Ammoniaci, ex dirigente del Consorzio agrario

A causa della particolare conformazione del territorio e delle colline circostanti, il bacino si è interrato molto rapidamente. Nel 1925, anno della costruzione della diga, la capacità dell'invaso era pari a 4,5 milioni di metri cubi. Lo si evince dalla tesi e Ammoniaci aveva ricavato tutti i dati presso l'archivio dell'Enel, a Firenze. Ma dopo soli 8 anni l'apporto di detriti era tale che la capacità era già dimezzata, scendendo a 2,2 milioni di metri cubi. Per fare un confronto, Ridracoli ha una capienza di circa 33 milioni di metri cubi. "L'interramento è stato veloce – continua Ammoniaci – e progressivo: nel 1938 la capacità era scesa a 1,7 milioni di metri cubi, mentre nel 1958 era pari a 617mila metri cubi. Nel 1977, anno del mio rilevamento, avevo stimato una capacità di circa 517mila metri cubi. Da allora penso che le cose siano rimaste pressoché stabili".

Quando la diga è piena, il livello dell'acqua è a quota 317,80 metri sul livello del mare. Ridracoli, ad esempio, è a 557.30 metri sul livello del mare. La profondità del lago di Quarto, in origine, era in media di 5 metri nel ramo del torrente Para e 8 metri sul Savio. Le punte massime di profondità sono 11 metri sul Para e 12 sul Savio.

Ma come mai il lago di Quarto si è interrato in così breve tempo? "I motivi sono molteplici. Prima di tutto all'epoca **le pendici dei monti, e si tratta di un bacino di oltre mille ettari, erano quasi totalmente brulle e la mancanza di alberi ha causato forti fenomeni erosivi.** In più, all'epoca non erano state costruite briglie di contenimento, cioè quelle particolari strutture che rallentano il flusso dei torrenti limitando in tal modo anche l'erosione. Se la diga fosse costruita oggi sono certo che il lago avrebbe un tempo di interrimento molto più lungo".

CASO STUDIO: Alluvioni in Emila Romagna -

Applicazione del modello CRHyME al bacino del Fiume Savio

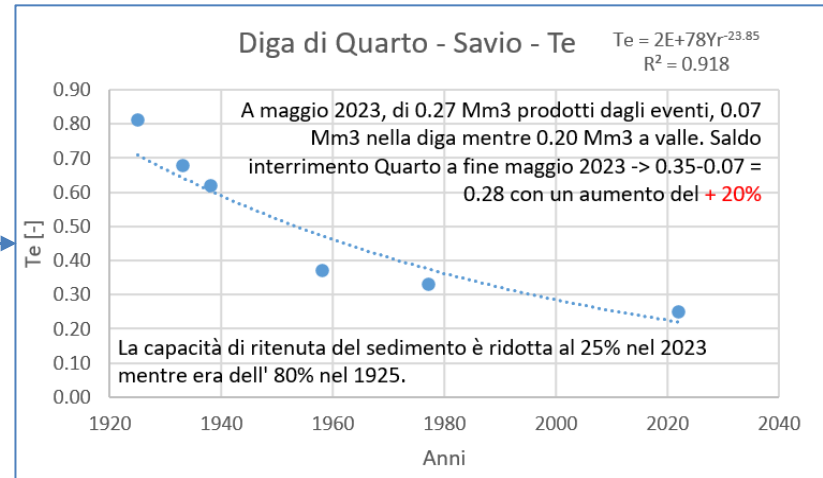
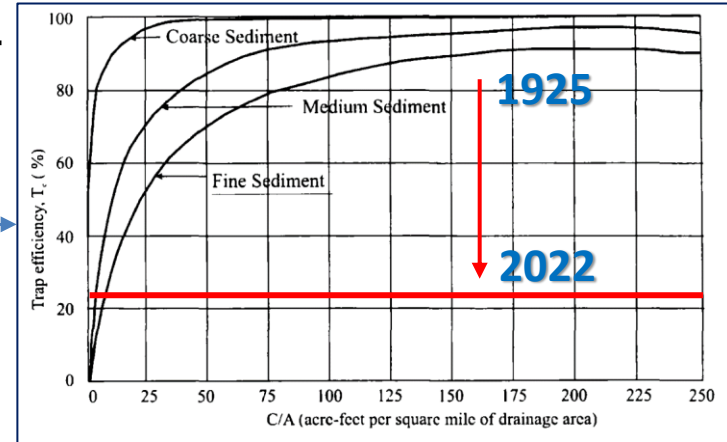
Evoluzione Storica dell'interrimento della Diga di Quarto

Volume m3	Volume PiediAcri	Ratio	Trap Efficiency Te k=0.1
4500000	3648.21	43.43	0.81
2200000	1783.57	21.23	0.68
1700000	1378.21	16.41	0.62
617000	500.21	5.95	0.37
517000	419.14	4.99	0.33
350000	283.75	3.38	0.25

$$T_e = 1 - \frac{1}{\left(1 + \kappa \frac{C}{A}\right)}$$

Trap Efficiency =
Efficienza di
«catturamento» dei
sedimenti

below: (Gill, 1979; USACE, 1989; Campos, 2001) in which κ is a coefficient which varies from 0.046 to 1.0.



CASO STUDIO: Alluvioni in Emila Romagna - maggio 2023

Applicazione del modello CRHyME al bacino del Fiume Savio -> DIGA DI QUARTO

Evoluzione Storica dell'interrimento della Diga di Quarto

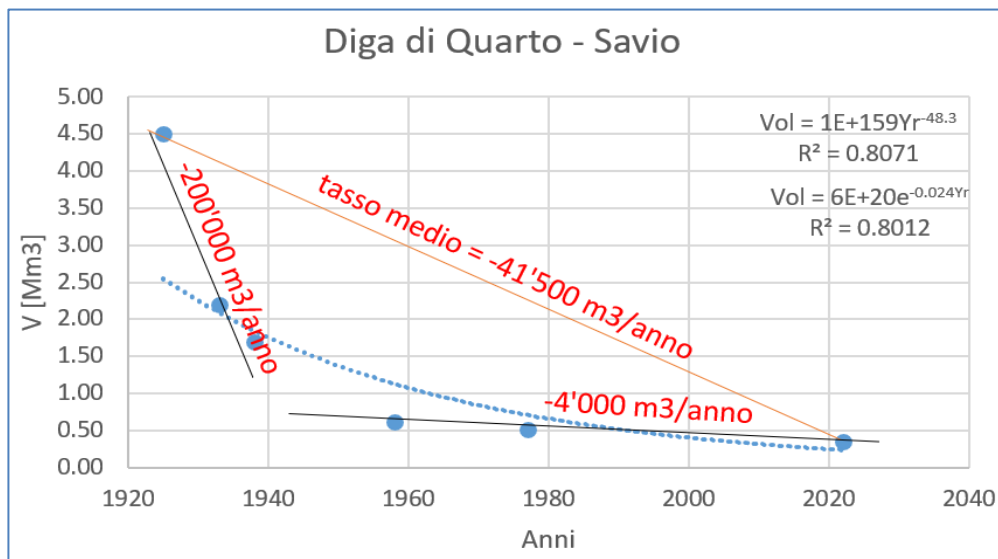
A causa della particolare conformazione del territorio e delle colline circostanti, il bacino si è interrato molto rapidamente.

All'epoca le pendici dei monti, e si tratta di un bacino di oltre mille ettari, erano quasi totalmente brulle e la mancanza di alberi ha causato forti fenomeni erosivi.

La capacità di ritenuta del sedimento è ridotta al 25% nel 2023 mentre era dell' 80% nel 1925.

*A maggio 2023, di 0.27 Mm3 prodotti dagli eventi, 0.07 Mm3 nella diga mentre 0.20 Mm3 a valle. Saldo interrimento Quarto a fine maggio 2023 -> $0.35 - 0.07 = 0.28$ con un aumento del **+ 20%***

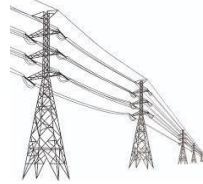
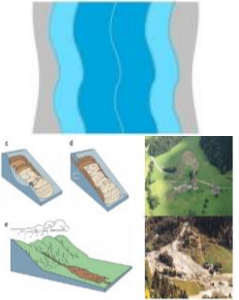
*La Diga di Quarto non ha contribuito significativamente a ridurre l'ingente apporto solido causato dagli eventi estremi di Maggio 2023 -> si è comportata come una «**Diga Trasparente**» ai sedimenti.*



Hazard X **Exposure** X **Vulnerability** = **Risk**

Disaster
Recovery

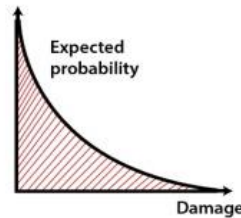
RESILIENCE



Qualitative



Quantitative



**CLIMATE RESILIENT
INFRASTRUCTURE
NEEDED**

Building climate resilience means the infrastructure and system can maintain its function while absorbing stresses that climate change causes.





GRAZIE PER L'ATTENZIONE

This work has been financed by the Research Fund for the Italian Electrical System under the Three-Year Research Plan 2022-2024 (DM MITE n. 337, 15.09.2022), in compliance with the Decree of April 16th, 2018”.

andrea.abbate@rse-web.it
<https://www.rse-web.it/>

Abbate, A. and Mancusi, L., 2021. Strumenti per la mappatura delle minacce idrogeologiche per il sistema energetico e incidenza dei cambiamenti climatici. Milano: RSE Report RdS 21010317

Abbate, A. and Mancusi, L., 2021. Manuale del modello CRHyME (Climate Rainfall Hydrogeological Modelling Experiment). Milano: RSE Report RdS 21012462