

RICHIESTA DI ATTRIBUZIONE DI UN ASSEGNO DI COLLABORAZIONE ALLA RICERCA

Richiesta di nuovo assegno di ricerca

Titolo: Quantificazione dell'impatto dei cambiamenti climatici nel ciclo idrologico di corsi d'acqua regimentati dalla presenza di grandi dighe

Descrizione del progetto:

Le opere di sbarramento dei corsi d'acqua nei paesi industrializzati prima, e nei paesi in via di sviluppo poi, hanno sistematicamente prodotto una segmentazione dei bacini idrografici. Le dighe hanno portato indubbi benefici alla popolazione, fornendo un contributo attivo allo sviluppo socio-economico dei vari paesi, in termini di produzione di energia, approvvigionamento idrico, mitigazione delle crisi idriche, riduzione del rischio idraulico e di difesa il territorio dalle inondazioni. Ciononostante, le dighe hanno un impatto significativo sull'ambiente e sulla società. Esse rappresentano la causa principale della perdita di funzionalità ecologica e del degrado degli ecosistemi fluviali, in termini di diminuzione del numero di specie ittiche e dalla conseguente mancanza di servizi ecosistemici che questi forniscono ai sistemi fluviali. Sono inoltre, un potenziale pericolo per la popolazione a valle in caso di guasto o malfunzionamento delle opere di regolazione dei deflussi, o, addirittura del collasso del corpo strutturale. In passato la progettazione di grandi dighe ha tenuto conto solo in parte degli impatti conseguenti alla realizzazione di tali strutture. Ad esempio, Ziv et al. (2012) hanno sottolineato che la progettazione delle dighe sul fiume Mekong ha affrontato unicamente gli impatti sull'asta principale, trascurando quelli sui loro affluenti. La Commissione Mondiale sulle Dighe (*World Commission on Dams*, v. WCD, 2000) ha riferito che gli impatti negativi delle dighe sull'ambiente superano quelli positivi. L'invecchiamento delle dighe e i cambiamenti climatici costituiscono infatti due questioni importanti che stanno modificando il comportamento dei sistemi diga-serbatoio e gli impatti che questi possono avere sull'ambiente e sulla popolazione.

Le dighe possono continuare a fornire servizi preziosi, ma una riabilitazione è necessaria per molte ragioni, tra cui: (1) la necessità di introdurre nuovi requisiti di sicurezza idrologica, anche in prospettiva di un contesto climatico non stazionario, per garantire la sicurezza delle popolazioni, in tempi in cui le società sono sempre più diseducate alla percezione rischio; (2) i cambiamenti nel fiume a valle e del sistema ripariale; (3) scarse informazioni idrologiche al momento della progettazione e costruzione della diga e (4) la modifica delle priorità nella gestione dei bacini idrografici dopo il completamento della diga.

In Italia sono presenti circa 550 dighe di grandi dimensioni (con altezza dello sbarramento superiore ai 15 metri, o capacità di invaso superiore a 1 milione di metri cubi) di interesse nazionale. Queste dighe, che hanno avuto un ruolo strategico nella nostra economia, sono state costruite nel corso del XIX e XX secolo (il 60% di queste ha più di 50 anni) con diversi materiali e metodi costruttivi (il 90% è stato realizzato prima dell'entrata in vigore delle attuali norme tecniche, che risalgono al 1982), diverse condizioni sociali, economiche e possibilmente climatiche di oggi. Attualmente i gestori delle dighe devono affrontare le problematiche legate alla sicurezza delle dighe, tipicamente riducendo il livello massimo operativo, che in alcuni casi implica l'utilizzo di solo una parte del volume di invaso disponibile, limitando così le relative attività. Un esempio è l'invaso di Mignano sul fiume Arda (PC).

Lo scopo di questo progetto è integrare le conoscenze aggiornate sui processi idrologici, idraulici e di sedimentazione per affrontare la gestione del rischio idrico e di alluvione attraverso un paradigma olistico. In particolare, il progetto intende definire le linee guida per una riabilitazione funzionale, ovvero quella associata alle problematiche legate all'acqua (tralasciando gli aspetti strutturali), delle grandi dighe affrontando i seguenti temi principali: 1) ripensare gli scenari progettuali delle dighe tenendo conto delle condizioni climatiche modificate, considerando non solo la variabilità delle portate, ma anche il trasporto di sedimenti e gli afflussi di detriti; 2) aggiornare le strategie operative nella gestione delle dighe al fine di implementare procedure compatibili in condizioni climatiche mutate; 3) aggiornare i criteri per la mappatura degli scenari di

pericolosità nelle aree a valle e ripariali; 4) illustrare alcuni casi di studio dimostrativi che considerano la valutazione post-costruzione dei sistemi diga-bacino e scenari futuri.

Piano delle attività:

Il lavoro sviluppato durante il periodo di attività dell'assegno di ricerca avrà l'obiettivo di supportare le attività del progetto di ricerca di interesse nazionale RELAID (REnaissance of Large Italian Dams, PRIN2017). Le attività si concentreranno sui *work package* WP1 e WP2, con l'obiettivo di sviluppare scenari di rischio idrologico e idraulico assieme a procedure per l'aggiornamento dei criteri di sicurezza delle dighe esistenti, con particolare attenzione alla modellistica idrologica e all'integrazione dei vari moduli per la definizione completa del ciclo idrologico in condizioni climatiche attuali e future (A1.1-A.3), e all'aggiornamento dei criteri di progettazione delle dighe per la sicurezza idrologica (A2.1-A2.2).

Le attività avranno come obiettivo finale quello di fornire analisi e strumenti operativi, di supporto alle decisioni, per la riabilitazione delle dighe esistenti, per le quali risulti necessario (1) introdurre nuovi requisiti di sicurezza idrologica, anche in prospettiva di un contesto climatico non stazionario, (2) una valutazione dei cambiamenti nel fiume a valle e del sistema ripariale dopo la costruzione della diga, (3) integrare le informazioni idrologiche insufficienti al momento della progettazione e (4) modificare la gestione dei bacini idrografici.

L'attività dell'assegnista sarà in particolare concentrata sul riconoscimento e l'elaborazione delle informazioni idrologiche disponibili in passato per i bacini relativi alle dighe considerate nei casi studio. Ciò consentirà di produrre una fotografia del contesto informativo utilizzato al momento della costruzione dei serbatoi, con riferimento alle serie storiche, alla loro ampiezza temporale e alle metodologie applicate. Verranno poi eseguiti dei confronti tra i vari scenari futuri di cambiamento climatico, ad es. tra modelli semplificati e quelli IPCC, e verranno messi a punto modelli di simulazione delle portate fluviali in corrispondenza degli sbarramenti, integrando routine della parte idrologica e quelle del trasporto dei sedimenti. Le risultanze confluiranno nella creazione di scenari climatici, idrologici e morfologici futuri per le aree oggetto di studio. L'analisi può avvalersi di strumenti software informatici avanzati per l'elaborazione e la sintesi dei dati, la costruzione e l'applicazione di modelli deterministici e/o statistici, inoltre, verranno impiegati software per l'elaborazione di dati spazialmente distribuiti, per la consultazione di sistemi informativi geografici, la costruzione di mappe e la produzione di analisi territoriali.

Bibliografia

- Alcrudo F., Mulet J. (2007). Description of the Tous Dam break case study (Spain). *Journal of Hydraulic Research*, 45(sup1), 45-57.
- Aureli, F., Maranzoni, A., Mignosa, P., & Ziveri, C. (2008). 2D numerical modelling for hydraulic hazard assessment: A dam-break case study. In Proc., Int. Conf. on Fluvial Hydraulics, River Flow 2008 (pp. 729-736). Ankara, Turkey: Kubaba Congress Dept. and Travel Services.
- Avanzi F., De Michele C., Ghezzi A., Jommi C., Pepe M. (2014). A processing–modeling routine to use SNOTEL hourly data in snowpack dynamic models, *Adv. Water Resour.*, 73, 16-29.
- Avanzi F., Yamaguchi S., Hirashima H., De Michele C. (2015). Bulk volumetric liquid water content in a seasonal snowpack: modeling its dynamics in different climatic conditions, *Adv. Water Resour.*, 86, 1-13.
- Avanzi F., De Michele C., Morin S., Carmagnola C.M., Ghezzi A., Lejeune Y. (2016). Model complexity and data requirements in snow hydrology: seeking a balance in practical applications, *Hydr. Proc.* 30(13), 2106-2118.
- Bernardi M., Durante F., Jaworski P., Petrella L., Salvadori G. (2018) Conditional risk based on multivariate hazard scenarios. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 32, 203–211. doi:332 10.1007/s00477-017-1425-9.
- Bocchiola D., Rosso R. (2014) Safety of Italian dams in the face of flood hazard, *Adv. Water Resour.*, 71: 23–31.

- Bongio M., Avanzi F., De Michele C. (2016). Hydroelectric power generation in an Alpine basin: future water-energy scenarios in a run-of-the-river plant. *Adv. Water Resour.*, 94, 318-331.
- Bozorg-Haddad O. (2018). *Advanced-Optimization-by-Nature-Inspired-Algorithms*, 1st ed, Elsevier.
- Begnudelli, L., & Sanders, B. F. (2007). Simulation of the St. Francis dam-break flood. *Journal of Engineering Mechanics*, 133(11), 1200-1212.
- Charles J.A. (2005) Use of incident reporting and data collection in enhancing reservoir safety, *Dams Reservoirs*, 15(3):29-35.
- Chanson H. (2009) Application of the method of characteristics to the dam break wave problem, *J. Hydraul. Res.*, 47(1): 41-49.
- De Michele C., Salvadori G. (2003). A generalized Pareto intensity-duration model of storm rainfall exploiting 2-copulas, *J. Geophys. Res. Atmosphere*, Vol. 108 (D2), 4067, doi:10.1029/2002JD002534.
- De Michele C., Salvadori G., Canossi M., Petaccia A., Rosso R. (2005) Bivariate statistical approach to check adequacy of dam spillway. *J. Hydrol. Eng.*, 10(1): 50-7.
- De Michele C., Avanzi F., Ghezzi A., Jommi C. (2013). Investigating the dynamics of bulk snow density in dry and wet conditions using a one-dimensional model. *The Cryosphere*, vol. 7, p. 433-444, ISSN: 1994-0416, doi: 10.5194/tc-7-433-2013.
- D'Oria M., Ferraresi M., Tanda M.G. (2017). Historical trends and high-resolution future climate projections in northern Tuscany (Italy). *Journal of Hydrology*, 555, 708-723.
- Dugan P., Allison E.H. (2010) Water: act now to restore river health. *Nat. Correspondence*, 468:173. Gaudard L., Avanzi F., De Michele C. (2018). Seasonal aspects of the energy-water nexus: The case of a run-of-the-river hydropower plant, *Applied Energy*, 210, 604-612.
- Gaudard L., Gilli M., Romerio F. (2013) Climate Change Impacts on Hydropower Management, *Water Resources Management*, 27, 5143-5156, <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0458-1>.
- Graf WL. (1999) Dam nation: a geographic census of American dams and their largescale hydrologic impacts. *Water Resour. Res.*, 35(4):1305-11.
- Groppelli B., Bocchiola D., Rosso R. (2011), Spatial downscaling of precipitation from GCMs for climate change projections using random cascades: A case study in Italy, *Water Resour. Res.*, 47, W03519, doi:10.1029/2010WR009437.
- Hall J. and other authors (2014) Understanding flood regime changes in Europe: a state-of-the-art assessment, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18: 2335-2372.
- Karvonen T., Hepojoki A., Kotola J. (2000) The use of physical models in dam-break flood analysis, Appendix 2, RESCDAM Final Report, Helsinki University of Technology.
- Kelman I., Spence R. (2004) An overview of flood actions on buildings, *Engineering Geology*, 73, 297-309.
- Kim B., Sanders B.F. (2016) Dam-Break Flood Model Uncertainty Assessment: Case Study of Extreme Flooding with Multiple Dam Failures in Gangneung, South Korea, *J. Hydraul. Eng.*, 142(5), doi:10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001097.
- IPCC (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- LaRocque L.A., Imran J., Chaudhry M.H. (2013) Experimental and Numerical Investigations of Two-Dimensional Dam-Break Flows, *J. Hydraul. Eng.*, 139(6), doi:10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000705.
- Macchione F. (2008) Model for predicting floods due to earthen dam breaching. I: formulation and evaluation. *J. Hydraul. Eng.* 134 (12), 1688-1696.
- Macchione F., Rino, A. (2008) Model for predicting floods due to earthen dam breaching. II: comparison with other methods and predictive use. *J. Hydraul. Eng.* 134 (12), 1697-1707.
- Macchione F., Costabile P., Costanzo C., De Lorenzo G., Razdar B. (2016). Dam breach modelling: Influence on downstream water levels and a proposal of a physically-based module for flood propagation software, *Journal of Hydroinformatics* 18(4): 615-633.
- MIT, Decreto 26 giugno 2014. Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse). [in Italian]
- Palmer, M.A. (2010) Beyond infrastructure. *Nat. News Views*, 467: 534-5.

- Petaccia G., Leporati F., Torti E. (2016). OpenMP and CUDA simulations of Sella Zerbino Dam break on unstructured grids. *Computational Geosciences*, 20(5), 1123-1132.
- Pilotti, M., Maranzoni, A., Tomirotti, M., & Valerio, G. (2011). 1923 Gleno dam break: Case study and numerical modeling. *Journal of Hydraulic Engineering*, 137(4), 480-492.
- Pilotti, M., Maranzoni, A., Milanese, L., Tomirotti, M., & Valerio, G. (2014). Dam-break modeling in alpine valleys. *Journal of Mountain Science*, 11(6), 1429-1441.
- Pisaniello J.D, Tingey-Holyoak J., Burritt R.L. (2012) Appropriate small dam management for minimizing catchment-wide safety threats: International benchmarked guidelines and demonstrative cases studies. *Water Resour. Res.*, 48: W01546.
- Salvadori G., De Michele C., Kottegoda, N. T., & Rosso (2007) – *Extremes in Nature: An approach using Copulas*, Springer, 330 pp.
- Salvadori G., Durante F., De Michele C., Bernardi M., Petrella L. (2016). A multivariate copula-based framework for dealing with hazard scenarios and failure probabilities. , *Water Resour. Res.*, 52(5), 3701-3721.
- Singh C. R. (2018) *IN Dam Rehabilitation and Improvement Project - P089985 - Sequence No.15*, Washington, D.C.: World Bank Group.
- Vacondio R., Dal Palù A., Mignosa P. (2014). GPU-enhanced finite volume shallow water solver for fast flood simulations. *Environmental modelling & software*, 57, 60-75.
- Vacondio R., Dal Palù A., Ferrari A., Mignosa P., Aureli F., Dazzi S. (2017). A non-uniform efficient grid type for GPU-parallel Shallow Water Equations models. *Environmental Modelling & Software*, 88, 119-137.
- Vörösmarty C.J., McIntyre P.B, Gessner M.O., Dudgeon D., Prusevich A., Green P. et al. (2010) Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467:555–61.
- World Commission on Dams (2000). *Dams and Development: A new framework for decision-making*. Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA.
- Ye S., Li H.Y., Leung L.R., Guoc J., Ran Demissie Y., Sivapalan M. (2017) Understanding Flood Seasonality and Its Temporal Shifts within the Contiguous United States, *Am. Met. Soc. J.*, doi:10.1175/JHM-D-16-0207.s1.
- Ziv G., Baran E., Nam S., Rodriguez-Iturbe I., Levin S. A. (2012). Trading-off fish biodiversity, food security, and hydropower in the Mekong River Basin. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 109(15), 5609–5614, <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1201423109>.