

# Impatto del cambiamento climatico sugli acquiferi lombardi

## Il contributo dell'Intelligenza Artificiale

Alberto Guadagnini  
Monica Riva  
Andrea Manzoni  
Leonardo Sandoval  
Politecnico di Milano

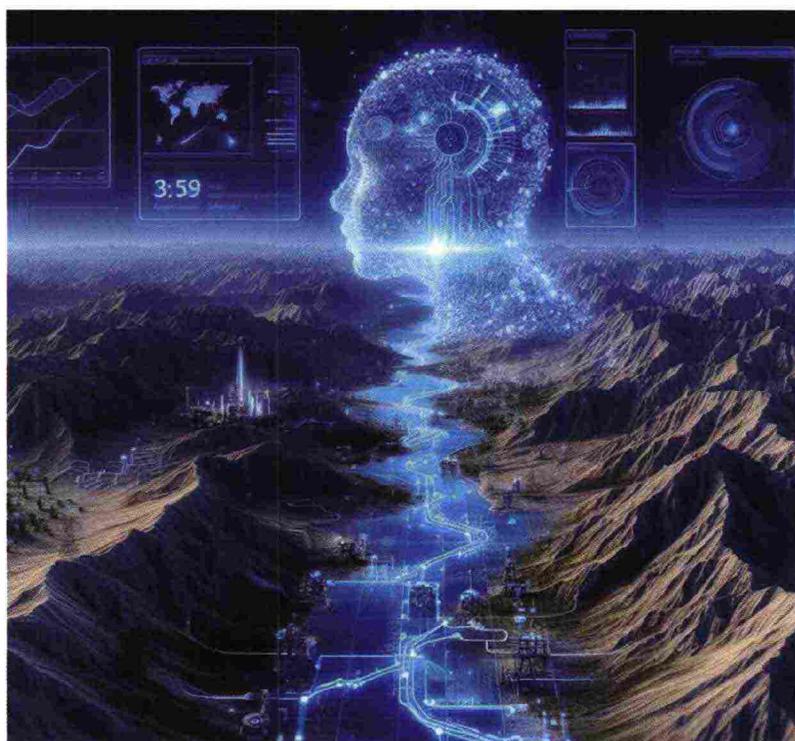
Vincenzo Lombardo

Water Alliance – Gruppo di Lavoro Studi Sviluppo Rete

Water Alliance – Acque di Lombardia è la prima rete di imprese tra gestori del Servizio Idrico Integrato della Lombardia (nota 1). Le tredici aziende a capitale pubblico che compongono la rete garantiscono un servizio di qualità a circa 9 milioni di abitanti e hanno deciso di fare squadra per coniugare il radicamento sul territorio e le migliori pratiche nella gestione pubblica dell'acqua.

Il Programma di rete prevede una serie di attività su temi di interesse comune e sui quali sono operativi alcuni dei gruppi di lavoro, come spiega l'Ing. **Enrico Pezzoli**, Presidente e AD di **Como Acqua** e Portavoce del network regionale: "Uno degli scopi di Water Alliance consiste nel mettere a fattor comune il know-how delle aziende retiste, che rappresenta un notevole valore aggiunto. La forte spinta che sentiamo verso il perseguimento di un bene comune ci spinge a condividere competenze e best-practice, anche nel rapporto con le istituzioni e con soggetti esterni con i quali possiamo creare sinergie".

È certamente questo il caso del gruppo di lavoro che studia le influenze del cambiamento climatico sulla distribuzione spaziale e temporale delle precipitazioni in Lombardia, teso a definire gli effetti diretti che questi eventi possano avere sulle reti acquedottistiche e di fognatura. Gli studi emersi dal lavoro di questo gruppo potranno fornire un quadro preciso delle interconnessioni tra sistemi idrici superficiali e sotterranei e,

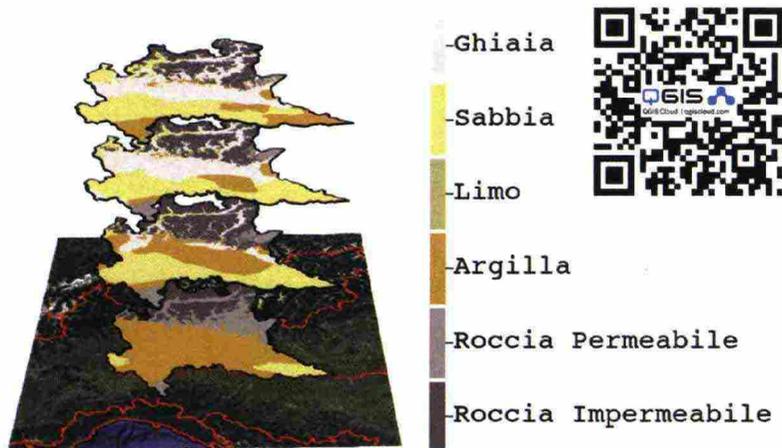


un punto di vista idrologico, della distribuzione delle piogge intense nella Regione. In tal senso, i risultati degli studi potranno costituire un elemento utile per programmare misure a difesa dell'ambiente.

A questo scopo, Water Alliance sta collaborando con il gruppo di ricerca MIPORE (nota 2) del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale del Politecnico di Milano, con l'obiettivo di realizzare un modello idrogeologico esteso alla Regione Lombardia.

Lo studio si integra con analisi in atto legate alla rivalutazione delle curve di possibilità pluviometriche per un loro sempre più efficace utilizzo nella progettazione di azioni mirate alla mitigazione di effetti legati ad eventi estremi associati a cambiamenti globali.

## MODELLO IDROGEOLOGICO



Esempio di ricostruzione tridimensionale della distribuzione dei geo-materiali nel sottosuolo. Il QR Code rimanda alla piattaforma WebGIS dove sono stati caricati i geo-materiali illustrati nel testo

### Acque sotterranee in Lombardia, una preziosa risorsa

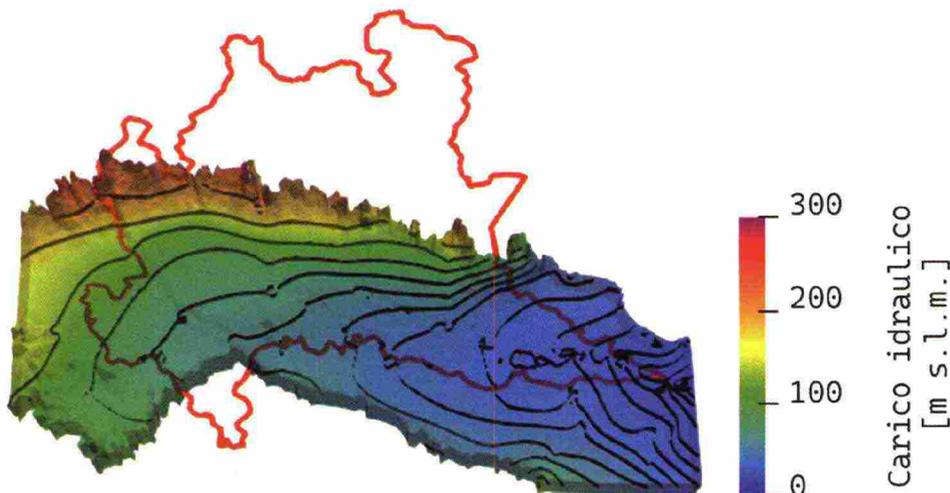
Le acque sotterranee sono la principale fonte di acqua dolce in molti Paesi del mondo e rivestono un'importanza strategica per l'approvvigionamento di acqua potabile, per la qualità dell'ecosistema, la sicurezza energetica ed alimentare. Questa preziosa risorsa è a rischio a causa di molteplici fattori come, ad esempio, l'eccessiva estrazione (con circa il 20% delle falde acquifere mondiali che si stima soffrano di uno sfruttamento eccessivo), la contaminazione di origine sia antropica che naturale e le conseguenze dei cambiamenti climatici globali. Quest'ultimi, caratterizzati da eventi estremi sempre più frequenti, con periodi di siccità alternati a periodi di piogge intense, possono alterare la ricarica degli acquiferi e fare emergere problematiche di approvvigionamento idrico, mettendo a rischio la salute ed il benessere della popolazione. Circa l'87% dell'acqua potabile utilizzata in Lombardia proviene dalle falde acquifere (nota 3). Il cambiamento climatico avrà quindi un impatto sui gestori del Servizio Idrico Integrato che sono chiamati a progettare ed implementare efficaci strategie per un corretto adeguamento alle variazioni in atto. Nell'ottica di una resilienza di lungo periodo e per promuovere un'appropriata gestione della risorsa idrica sotterranea in un contesto globale, occorre quindi fornire uno strumento adeguato a una pianificazione olistica delle strategie di intervento. È auspicabile che queste includano le molteplici forme di interazione tra il mondo delle acque superficiali e l'ambiente sotterraneo nell'ambito di un'attenta analisi degli scenari futuri.

Questo strumento supporterà i gestori nella definizione, sviluppo ed implementazione di strategie per la gestione responsabile delle risorse idriche. Il modello fornirà previsioni delle dinamiche del flusso sotterraneo e degli interscambi con i corpi idrici superficiali, permettendo di acquisire una robusta base di conoscenza quantitativa sul comportamento del sistema. Questo si pone come elemento fondamentale per sviluppare e promuovere pratiche sostenibili di gestione e definire politiche di adattamento al cambiamento climatico informate da una robusta base scientifica. Inoltre, aiuterà a fronteggiare le sfide future legate alla disponibilità e accessibilità delle acque dolci.

È ampiamente riconosciuto che l'analisi del rischio, strettamente collegata al concetto di incertezza, debba essere parte integrante di qualsiasi processo decisionale associato a scenari ambientali. La complessità dei sistemi acquiferi richiede l'utilizzo di strumenti e metodologie in grado di considerare efficacemente l'eterogeneità nella distribuzione spaziale dei geo-materiali e delle relative proprietà idrauliche, congiuntamente all'incertezza intrinseca alla loro determinazione. La presenza di tale incertezza è inevitabile e strettamente legata all'incompleta conoscenza dell'ambiente sotterraneo. L'incertezza si propaga nelle previsioni del comportamento dinamico del sistema, quantificate, ad esempio, dal livello della falda e dai flussi idrici sotterranei. Un approccio concettuale e modellistico di tipo probabilistico consente di includere le diverse forme di incertezza nelle previsioni e fornisce uno strumento utile per valutare non solo i livelli piezometrici ed i flussi sotterranei, ma anche il livello di affidabilità associato a tali previsioni, in funzione del livello di conoscenza disponibile. Comprendere e gestire tale incertezza rappresenta un aspetto essenziale per adottare decisioni informate nell'ambito delle attività legate alla gestione sostenibile delle risorse idriche.

### Ricostruzione probabilistica dei geo-materiali nel sistema lombardo degli acquiferi

La caratterizzazione della distribuzione dei geo-materiali nel sottosuolo riveste un ruolo cruciale per l'analisi del comportamento delle acque sotterranee. Affrontare la sfida della ricostruzione dei geo-materiali a livello della Regione Lombardia implica la gestione di un vasto insieme di dati che non sono omogenei tra loro e presentano una distribuzione non uniforme sul territorio. Questo ostacolo può essere superato grazie all'impiego di modelli basati sull'intelligenza artificiale.



Esempio di risultati preliminari del modello idrogeologico

Per ottenere una ricostruzione accurata dell'architettura del sottosuolo che ospita gli acquiferi lombardi, si è dapprima sviluppato un database tridimensionale che combina e uniforma le informazioni litologiche disponibili non solo nella Regione Lombardia, ma anche nelle Regioni limitrofe, garantendo così la continuità dei sistemi sotterranei. Il database contiene oltre 2 milioni di dati litostratigrafici associati a più di 57.000 pozzi.

Il dataset è quindi stato utilizzato per lo sviluppo, l'addestramento e la validazione di una rete neurale, il cui funzionamento è ispirato al sistema neurologico umano. Questo tipo di modello è noto per la sua adattabilità a complessi sistemi di informazione.

La ricostruzione copre un'area di circa 87.000 km<sup>2</sup> per uno spessore di 400 m, ed è discretizzata in celle di dimensione pari a 1 km x 1 km x 1 m. La metodologia utilizzata permette di associare ad ogni cella non solo un dato geo-materiale, ma anche la probabilità di osservare il geo-materiale predetto. Ciò consente di individuare le aree in cui è rilevante acquisire nuove informazioni per migliorare la conoscenza del sistema, fornendo così indicazioni utili per attività di monitoraggio future. Le ricostruzioni probabilistiche dei geo-materiali sono quindi utilizzate all'interno del modello idrogeologico.

## Il modello idrogeologico

Attualmente, è in fase di sviluppo un modello di flusso che mira ad includere diverse componenti chiave per una comprensione completa del sistema idrogeologico della Regione Lombardia. Queste componenti includono la modellazione del processo di infiltrazione di acqua nel sottosuolo e del flusso tridimensionale

delle acque sotterranee, le interazioni tra corpi idrici superficiali e sotterranei, la distribuzione eterogenea e tridimensionale dei geo-materiali e la calibrazione dei parametri del modello. Lo scopo dello studio è descrivere le caratteristiche del sistema su larga scala. Si pone, quindi, come complementare e non sostitutivo a studi locali e dettagliati condotti sui singoli acquiferi.

Il modello, fisicamente basato, è sviluppato in ambiente ParFlow ed include la modellazione integrata dei flussi superficiali e sotterranei. Questo approccio è necessario per valutare le variazioni temporali e spaziali della ricarica dell'ambiente sotterraneo.

Si stanno inoltre raccogliendo e sistematizzando dati storici relativi ad emungimenti e livelli piezometrici a disposizione dei gestori. Tali dati saranno utilizzati durante la fase di calibrazione e validazione del modello. Il modello calibrato permetterà di fornire previsioni sulle dinamiche idrologiche della Regione, con particolare attenzione al sistema di acque sotterranee, considerando la variabilità delle forzanti atmosferiche. La previsione del flusso idrico sotterraneo e la quantificazione dell'incertezza associata saranno valutate per diversi scenari climatici e proprietà idrogeologiche del sistema. In questo contesto, sarà quindi possibile valutare metriche atte a definire le tipologie di indagine efficaci per ridurre l'incertezza delle previsioni e, in ultima analisi, per pianificare le attività future di gestione, monitoraggio ed eventuali strategie di intervento.

Nota 1: <https://www.wateralliance.it>

Nota 2: <https://www.mipore.polimi.it>

Nota 3:

<https://www.istat.it/it/files/2023/03/GMA-21marzo2023.pdf>