

Assessment of groundwater influenced by seawater using geochemical modeling and statistical analysis: Basrah Province, Iraq

Valutazione dell'influenza dell'acqua marina sulle acque sotterranee attraverso modellazione geochemica e analisi statistica: Provincia di Bassora, Iraq

Lamees AL-QURNAWY^a , Wisam MUTTASHAR^a, Ali AL-NASRAWI^b 

^a Department of Marine Geology, Marine Science Center, University of Basrah, Basrah-Iraq. Email  : lamees.abdulbussein@uobasrah.edu.iq

^b Department of Geography, University of Babylon, Babylon-Iraq

ARTICLE INFO

Ricevuto/Received: 27 July 2025

Accettato/Accepted: 10 December 2025

Pubblicato online/Published online:

30 December 2025

Handling Editor:

Silvia Bertoldo

Citation:

Al-Qurnawy, L., Muttashar, W., Al-Nasrawi, A. (2025). Assessment of groundwater influenced by seawater using geochemical modeling and statistical analysis: Basrah Province, Iraq.

Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater, 14(4), 53 - 67

<https://doi.org/10.7343/as-2025-917>

Correspondence to:

Lamees Al-Qurnawy 

lamees.abdulbussein@uobasrah.edu.iq

Keywords:

coastal aquifers, Piper, Schoeller, saturation index, cluster analysis.

Parole chiave:

acquiferi costieri, diagramma di Piper, diagramma di Schoeller, indice di saturazione, analisi di clustering gerarchico.

Abstract

Seawater intrusion in coastal aquifers is a complicated phenomenon that requires a practical framework to assess the constituents' groundwater source. The current paper focuses on the processes influencing coastal groundwater in the southeastern region of Basrah, southern Iraq. Thirteen groundwater samples were subjected to comprehensive hydrogeochemical treatments, including hydrogeochemical analysis with Piper, Schoeller, and Gibbs plots, geochemical modeling, and statistical analysis supported by hierarchical cluster analysis. The results of the Piper plot indicated that the analyzed groundwater is characterized as Na-Cl (77%) and Ca-Mg-Cl (23%) and belongs to the order of $Cl^- > Na^+ > SO_4^{2-} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > HCO_3^-$ as identified by Schoeller results. Gibbs' plot results indicated the processes of evaporation and seawater dominance. Saturation indices of minerals in groundwater revealed a slight supersaturation ($SI > 0$) with calcite and dolomite, suggesting limited precipitation of carbonate minerals. In contrast, gypsum and anhydrite showed a slight undersaturation ($SI < 0$), indicating minimal dissolution of evaporite minerals, while halite and sylvite minerals suggested a strong undersaturation ($SI < 0$), reflecting that dissolution of salts is a common process in the coastal areas. Furthermore, cluster analysis demonstrated that the ionic content of groundwater was significantly affected by seawater, evaporation processes, and minimal sedimentation of carbonate minerals. These techniques are recommended for controlling the groundwater extraction within the study area.

Riassunto

L'intrusione marina negli acquiferi costieri è un fenomeno complesso che richiede un approccio metodologico efficace per valutare l'origine e la composizione delle acque sotterranee. Il presente studio analizza i processi che influenzano le acque sotterranee costiere nella regione sud-orientale di Bassora, Iraq meridionale.

Tredici campioni di acqua sotterranea sono stati sottoposti a una valutazione idrogeochimica completa, comprendente analisi tramite i diagrammi di Piper, Schoeller e Gibbs, modellazione geochemica con gli indici di saturazione e analisi statistica supportata da analisi gerarchica dei cluster. I risultati del diagramma di Piper hanno evidenziato che le acque sotterranee analizzate si inquadrano prevalentemente nelle facies idrochimiche Na-Cl (77%) e Ca-Mg-Cl (23%). Inoltre, in accordo con il diagramma di Schoeller, la sequenza di dominanza ionica è risultata essere $Cl^- > Na^+ > SO_4^{2-} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > HCO_3^-$. I diagrammi di Gibbs hanno indicato che i processi dominanti sono l'evaporazione e l'intrusione marina. Gli indici di saturazione hanno evidenziato una lieve sovrassaturazione ($SI > 0$) di calcite e dolomia, suggerendo una precipitazione limitata di minerali carbonatici; al contrario, gesso e anidrite risultano leggermente sottosaturi ($SI < 0$), indicando una dissoluzione minima di minerali evaporitici, mentre halite e silvite mostrano una marcata sottosaturazione ($SI < 0$), evidenziando che la dissoluzione dei sali sia un processo comune nelle aree costiere. Inoltre, l'analisi di clustering gerarchico ha evidenziato che il contenuto ionico delle acque sotterranee è fortemente influenzato dall'intrusione marina, dai processi evaporativi e da una limitata sedimentazione di minerali carbonatici. Le tecniche adottate sono raccomandate come strumenti di supporto per la gestione e il controllo dello sfruttamento delle acque sotterranee nell'area di studio.