



## الهيدرولوجيا التطبيقية في معالجة تأثير التحضر على جودة المياه الجوفية لحوض دجلة والفرات

م. م . رفاه زهير داود الشيخ

[rafah.zuhar@iurp.uobaghdad.edu.iq](mailto:rafah.zuhar@iurp.uobaghdad.edu.iq)

جامعة بغداد / مركز التخطيط الحضري والإقليمي للدراسات العليا

### المستخلص:

تتناول هذه الدراسة تأثير التحضر السريع وغير المنظم في جودة المياه الجوفية في حوض دجلة والفرات باستعمال أسس الهيدرولوجيا التطبيقية. يشكل التحضر، بما في ذلك زيادة الأسطح غير المنفذة، والتخلص غير المنظم من مياه الصرف الصحي، والاستعمال المكثف للأسمدة والمبيدات الزراعية، تحديات كبيرة تؤثر سلباً في جودة المياه الجوفية. يهدف البحث إلى تحليل هذه التأثيرات واقتراح استراتيجيات مستدامة للحد منها. تم استعمال منهج وصفي تحليلي، شمل استبيانات ومقابلات ميدانية وتحليل أدبيات علمية لتحديد العوامل الرئيسية للتلوث وتقديم حلول تطبيقية. أظهرت النتائج أن التحضر غير المنظم والتغيرات المناخية يزيدان من معدلات التلوث، مما يتطلب تبني سياسات متكاملة لتحسين إدارة المياه الجوفية وضمان استدامتها.

**الكلمات المفتاحية:** التحضر غير المنظم، جودة المياه الجوفية، الهيدرولوجيا التطبيقية، التغيرات المناخية، حوض دجلة والفرات.





## **Applied Hydrology in Addressing the Impact of Urbanization on Groundwater Quality A Rapid Assessment of the Tigris-Euphrates Basin**

**Rafah Zuhair Dawood Al-Sheikh**

[rafah.zuhar@iurp.uobaghdad.edu.iq](mailto:rafah.zuhar@iurp.uobaghdad.edu.iq)

**University of Baghdad – Center for Urban and Regional Planning**

### **Abstract:**

This study examines the impact of rapid and unregulated urbanization on groundwater quality in the Tigris-Euphrates Basin using the principles of applied hydrology. Urbanization, including the increase in impervious surfaces, unregulated wastewater disposal, and intensive use of fertilizers and pesticides, poses significant challenges that negatively affect groundwater quality. The research aims to analyze these impacts and propose sustainable strategies to mitigate them. A descriptive analytical approach was employed, incorporating surveys, field interviews, and literature analysis to identify the main pollution factors and offer practical solutions. The findings revealed that unregulated urbanization and climate changes exacerbate pollution levels, necessitating the adoption of integrated policies to improve groundwater management and ensure its sustainability.

### **Keywords:**

Unregulated Urbanization, Groundwater Quality, Applied Hydrology, Climate Changes, Tigris-Euphrates Basin.





## المقدمة:

تُعدُّ المياه الجوفية أحد أبرز الموارد المائية الحيوية التي يعتمد عليها الإنسان لتلبية احتياجاته اليومية المتزايدة من مياه الشرب، والزراعة، والصناعة. فهي تشكّل ما يقارب ثلث المياه العذبة على كوكب الأرض، مما يجعلها مصدرًا حيويًا لضمان الأمن المائي في مختلف البيئات. وفي المناطق الجافة وشبه الجافة، مثل حوض دجلة والفرات، تكتسب المياه الجوفية أهمية مضاعفة، حيث تتسم هذه المناطق بشح المياه السطحية وتقلبات المناخ التي تؤثر سلباً في الموارد المائية المتاحة. ومع ذلك، فإن هذه المياه تواجه تحديات هائلة بفعل النشاط البشري، خصوصاً التحضر السريع وغير المنظم، الذي يغيّر بشكل جذري التوازن الهيدرولوجي في هذه المناطق.

إن التحضر، بما يشمل من توسّع عمراني وزيادة النشاطات الصناعية والزراعية، يشكل تهديداً مباشراً وغير مباشر على جودة المياه الجوفية. فهو يسبب تغيرات جذرية في أنماط استعمال الأراضي، مما يؤدي إلى زيادة الأسطح غير المنفذة كالمباني والطرق، والتي تحد من عملية تغذية المياه الجوفية. بالإضافة إلى ذلك، يساهم التحضر في زيادة مصادر التلوث، مثل التخلص غير السليم من مياه الصرف الصحي، وانبعاث الملوثات من الأنشطة الصناعية، فضلاً عن استعمال الأسمدة والمبيدات بشكل مفرط في الزراعة. كل هذه العوامل تتفاعل بشكل معقد داخل النظم الهيدرولوجية، مما يؤدي إلى تدهور جودة المياه الجوفية، وهو ما يتطلب دراسة متأنية لهذه التفاعلات لفهم أبعاد المشكلة وتقديم حلول عملية.

في هذا السياق، يؤدي علم الهيدرولوجيا التطبيقية دوراً محورياً في تحليل وفهم هذه التأثيرات المعقدة. من خلال تطبيق نماذج علمية وهيدرولوجية متقدمة، يمكن تقييم تأثير التحضر في دورة المياه الجوفية وجودتها بشكل دقيق. الهيدرولوجيا التطبيقية توفر أطراً علمية لدراسة كيفية تأثير الأنشطة البشرية في التغذية الطبيعية للمياه الجوفية وحركتها داخل الطبقات الأرضية. كما تساهم في تحديد مصادر التلوث وآليات نقله، وتتيح إمكانية تصميم استراتيجيات مبتكرة لإدارة المياه بشكل مستدام، مع الأخذ في الاعتبار تزايد الضغوط البيئية والاقتصادية.



## المشكلة البحثية

يُعدُّ حوض دجلة والفرات واحداً من أهم الأحواض المائية في منطقة الشرق الأوسط، ويُعدُّ مصدراً حيوياً للمياه للعديد من البلدان في المنطقة. وله أهمية استراتيجية كبيرة على المستويات الاقتصادية والبيئية والسياسية.

تُشكل تحديات التحضر السريع والممارسات البشرية غير المستدامة تهديداً خطيراً على جودة المياه الجوفية في الحوض. فالتحضر في المنطقة يترافق مع التخلص غير المنظم لمياه الصرف الصحي والمياه العادمة، والتوسع الصناعي، والاستعمال المكثف للمواد الكيميائية الزراعية. نتيجة لذلك، تُصرف مياه الصرف الصحي إلى الأنهار أو تُدفن في التربة دون معالجة، مما يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية. هذه المياه تحتوي على ملوثات عضوية وكيميائية مثل الأمونيا والنترات، التي تتسرب إلى المياه الجوفية وتؤدي إلى تدهور جودتها.

المشكلة الأساسية تكمن في غياب الفهم الشامل والمُتكامل لهذه الديناميكيات في سياق الحوض. وهذا الغياب يعوق التصدي لجميع مصادر التلوث في وقت واحد. في الوقت الحالي، تركز السياسات على الحد من التلوث الصناعي دون النظر إلى تأثيرات المواد الكيميائية الزراعية، أو العكس، مما يعوق الجهود المبذولة لتطوير سياسات وإجراءات وقائية وعلاجية فعّالة.



صورة توضح خريطة حوض نهر دجلة والفرات



**الهدف:** يسعى هذا البحث إلى تقديم تحليل شامل لتأثير التحضر على جودة المياه الجوفية في حوض دجلة والفرات باستعمال أسس الهيدرولوجيا التطبيقية. الهدف الأساسي هو تحديد العوامل الرئيسية المسببة للتلوث، حيث تتعدّد هذه العوامل وتشمل التوسع العمراني غير المخطط الذي يؤدي إلى زيادة الضغط على الموارد المائية، والتخلّص غير المعالج لمياه الصرف الصحي التي تؤثر بشكل مباشر على المياه الجوفية. كما تساهم النفايات الصناعية والزراعية، مثل الأسمدة والمبيدات، في تلوث المياه الجوفية. بالإضافة إلى ذلك، تؤثر التغيرات المناخية وضعف التشريعات البيئية في تدهور جودة المياه الجوفية وتهديد استدامتها. ويهدف البحث إلى اقتراح استراتيجيات فعالة للحدّ من تأثير هذه العوامل السلبية.

### الفرضية

يفترض البحث أن التحضر السريع وغير المنظم يؤدي إلى تدهور جودة المياه الجوفية من خلال زيادة التلوث الناجم عن الأنشطة الصناعية والزراعية والحضرية مثل تسرب المواد الكيميائية والمبيدات إلى المياه الجوفية وفقدان الأراضي الطبيعية التي كانت تساهم في ترشيح المياه وزيادة التلوث السطحي بسبب التحضر والتوسع العمراني غير المخطط مما يؤدي إلى تسرب مياه الصرف غير المعالجة إلى المياه الجوفية بالإضافة إلى الاستخدام المفرط للمياه الجوفية مما يقلل من منسوبها ويزيد من تركيز الملوثات فيها. لكن يمكن تحسين هذه الجودة من خلال تطبيق سياسات إدارة مستدامة تعتمد على أدوات الهيدرولوجيا التطبيقية مثل تحسين البنية التحتية للصرف الصحي، وتشجيع الممارسات الزراعية المستدامة، وتقليل التلوث الصناعي.

### أهمية الدراسة

تُمثّل هذه الدراسة فرصة لتطبيق مفاهيم الهيدرولوجيا التطبيقية على واحدة من أكثر المناطق حيوية في العالم. كما تقدم إطاراً علمياً عملياً لصانعي القرار والمخططين لمواجهة التحديات البيئية المرتبطة بالتحضر، وضمان استدامة المياه الجوفية كمورد حيوي للأجيال الحالية والمستقبلية.

## تصميم الدراسة

تتبع الدراسة منهجاً وصفيًا تحليليًا يهدف إلى تقييم تأثير التحضر على جودة المياه الجوفية في حوض دجلة والفرات. حيث تم جمع البيانات من خلال أدوات متعددة شملت استبيانات، ومقابلات ميدانية، وتحليل مكتبي للأدبيات ذات الصلة.

### أدوات جمع البيانات

#### 1. الاستبيانات:

- تم تصميم استمارة استبيان مخصصة لتقييم العوامل المؤثرة في جودة المياه الجوفية، مثل تغير استعمال الأراضي، التلُّص من مياه الصرف الصحي، الأنشطة الصناعية والزراعية، وتأثير التغيرات المناخية.
- شملت عينة البحث 150 مشاركًا من المجتمع المحلي وتم توزيع الاستمارة إلكترونيًا باستعمال Google Forms.
- آلية الاختيار:

1. تم اختيار المشاركين من مواقع مختلفة تشمل المناطق الحضرية والصناعية والزراعية ضمن حوض دجلة والفرات لضمان التمثيل الجغرافي.
  2. تضمَّنت العينة فئات متنوعة من السكان مثل العاملين في القطاع الزراعي، الصناعي، وسكان المناطق الحضرية لضمان شمولية النتائج.
- معايير اختيار المشاركين:

1. الإقامة في المنطقة لمدة طويلة لضمان معرفتهم بالتغيرات البيئية.
2. المشاركة المباشرة أو غير المباشرة في الأنشطة التي تؤثر على المياه الجوفية (مثل الزراعة أو الصناعة).

#### 2. مراجعة الأدبيات:

- تحليل دراسات سابقة وتقارير رسمية لتحديد العوامل المرتبطة بجودة المياه الجوفية في تلك المنطقة.
- شملت الأدبيات دراسات حول استعمال الأراضي، أنماط التوسع الحضري، وتأثير الأنشطة البشرية على الموارد المائية.

### 3. التحليل الوصفي:

تم تحليل البيانات المجمعّة من الاستبيانات لتحديد الاتجاهات العامة فيما يتعلق بتصور المجتمع المحلي للعوامل المؤثرة على جودة المياه.

### الهيدرولوجيا التطبيقية كإطار تحليلي

تركز الهيدرولوجيا التطبيقية على دراسة نظم المياه بطرق تطبيقية تهدف إلى مواجهة التحديات المتعلقة بإدارة الموارد المائية وجودة المياه في البيئات المختلفة، بما في ذلك المناطق الحضرية والصناعية. يعتمد هذا المجال على أدوات مثل النماذج الرياضية والتحليل الهيدرولوجي لفهم التغيرات التي تحدث في الأنظمة المائية تحت تأثير الأنشطة البشرية. وفقاً لنتائج وآخرين (2023)، فإن النماذج المتكاملة التي تجمع بين التحليل الهيدرولوجي والتقييمات البيولوجية تُعتبر من الأدوات الفعالة لتقييم جودة المياه وتأثير الأنشطة البشرية عليها. (Chang & Niu, 2023). وكذلك دراسة لوي وآخرين (2022) أشارت إلى أن الأدوات الهيدرولوجية المتكاملة تدعم إدارة جودة المياه من خلال تقييم آثار التحضر والتغيرات المناخية على المياه الجوفية، مما يجعلها أساساً لاتخاذ القرارات الاستراتيجية المتعلقة بإدارة الموارد (Luo et al., 2020).

### 1- تعريف الهيدرولوجيا التطبيقية وأهميتها

تعد الهيدرولوجيا التطبيقية إطاراً أساسياً لفهم تأثير الأنشطة البشرية على المياه الجوفية، حيث تستعمل تقنيات مثل GIS وتحليل بيانات الأقمار الصناعية لتقييم آثار التغيرات البيئية والمناخية على جودة المياه. دراسة تشانغ وآخرين (2023) أكدت على أن التحليل المكاني يساعد في رصد المصادر الدقيقة للتلوث وتأثيراتها على الأنظمة المائية الجوفية، مما يُسهّل عملية اتخاذ قرارات فعالة بشأن إدارة المياه. (Chang & Niu, 2023). دعمًا لهذه الفكرة، أظهرت أبحاث غاو وآخرين (2020) أن الأدوات التقييمية المدمجة تقدم حلولاً شاملة لرصد الملوثات وتحليل التفاعلات الكيميائية داخل المياه الجوفية (Gao et al., 2020).

### أولاً : تأثير التحضر في جودة المياه الجوفية

تعدّ عملية التحضر من أكثر العمليات البشرية التي تؤثر سلباً على جودة المياه الجوفية حيث يؤدي التوسع العمراني إلى زيادة الأسطح غير المنفذة مثل الأسفلت والخرسانة مما يقلل من قدرة الأرض على امتصاص مياه الأمطار ويحد من تغذية المياه الجوفية الطبيعية التي تحدث من خلال التسرب المباشر للمياه

عبر التربة بينما تتحول هذه المياه في المناطق الحضرية إلى جريان سطحي سريع يحمل معه الملوثات من الشوارع والمصانع والمنازل ويؤدي إلى تراكم هذه الملوثات في المياه الجوفية كما أن التحضر يرافقه عادة زيادة في الأنشطة الصناعية والزراعية مما يضيف مصادر أخرى للتلوث مثل المواد الكيميائية والمبيدات والأسمدة التي تتسرب إلى المياه الجوفية من خلال التربة أو الصرف الصحي غير المعالج كما يساهم النمو السكاني المتسارع في زيادة الطلب على المياه مما يؤدي إلى زيادة استخراج المياه الجوفية بشكل مفرط ما يزيد من تركيز الملوثات في المياه الجوفية ويهدد جودتها وصلاحياتها للاستعمال. (Motlak et al., 2020)

#### أ- التغيرات في استعمال الأراضي

التحضر يتسبب في تغيير استعمالات الأراضي، مما يؤثر سلباً في كميات المياه المتاحة للتغذية الجوفية. وفقاً لمونتازيري وآخرين (2022)، فإن التوسع العمراني في حوض دجلة والفرات أدى إلى انخفاض ملحوظ في كميات المياه الجوفية وزيادة تلوثها بسبب التصريف غير المنظم لمياه الصرف الصحي (Montazeri et al., 2022)، وأظهرت دراسة باسكوير وآخرين (2022) أن الأسطح غير المنفذة تؤدي إلى توجيه المياه بعيداً عن مسارات التغذية الطبيعية، مما يزيد من تدهور نوعية المياه الجوفية.

#### ب- تأثير الأسطح غير المنفذة

الأسطح غير المنفذة مثل الأسفلت والبلاط تمنع تسرب مياه الأمطار إلى الطبقات الجوفية وتزيد من كمية الجريان السطحي المحمل بالملوثات. دراسة تشاو وآخرين (2018) أكدت أن التحضر يؤثر بشكل كبير على جودة المياه الجوفية من خلال تسرب النيتروجين والمواد الكيميائية الزراعية بسبب الجريان السطحي، مما يجعل المياه غير صالحة للاستعمال الزراعي والبشري (Chao et al., 2018). تدعم هذه النتائج دراسة جيرناس وآخرين (2019)، التي أظهرت أن استعمال الأسطح غير المنفذة يزيد من تراكم الملوثات في المياه الجوفية، خاصة في المناطق التي تتعرض لتغيرات حضرية متسارعة (Chao et al., 2018).

#### ثانياً: الأنشطة البشرية وتأثيرها على جودة المياه

تُمثل الأنشطة البشرية، وخاصة الصناعية والزراعية، مصادر رئيسية لتلوث المياه الجوفية. تتسبب هذه الأنشطة في زيادة مستويات النترات والمواد الكيميائية السامة التي تتسرب إلى المياه الجوفية، مما يؤثر سلباً على جودتها ويفاقم المخاطر الصحية والبيئية (Rinanti et al., 2021).

### أ- الأنشطة الزراعية

يؤدي الاستعمال المكثف للأسمدة والمبيدات إلى تسرب المواد الكيميائية إلى المياه الجوفية، مما يتسبب في تلوثها بمركبات مثل النترات. دراسة أوزيل وآخرين (2019) أكدت أن الأنظمة الزراعية المكثفة تساهم في تراكم النترات والفوسفات في المياه الجوفية، مما يضر بجودتها (Nedret ÖZEL et al., 2019). دعماً لهذه الفكرة، دراسة شيتسازان وآخرين (2019) أشارت إلى أن الأنشطة الزراعية في المناطق القريبة من الحضر تؤدي إلى تدهور جودة المياه بسبب تسرب الأسمدة الكيميائية التي تزيد من مستويات النترات والمواد الأخرى (Chitsazan et al., 2019).

### ب- الأنشطة الصناعية

تساهم الأنشطة الصناعية بشكل كبير في تدهور جودة المياه الجوفية من خلال تصريف المعادن الثقيلة والمواد الكيميائية السامة. أظهرت دراسة ليو وآخرين (2022) أن التلوث الصناعي في المناطق الحضرية يرفع من مستويات الرصاص والزنك في المياه الجوفية، مما يجعلها غير صالحة للاستهلاك البشري (Liu et al., 2022). كما دعمت دراسة أخرى أجراها سانزانا وآخرين (2019) هذه النتائج، حيث وجدت أن التصريفات الصناعية غير المنظمة تساهم في تلوث المياه بمستويات مرتفعة من المعادن الثقيلة (Sanzana et al., 2019).

### ثالثاً: تأثير التغيرات المناخية على الهيدرولوجيا التطبيقية

التغيرات المناخية تؤثر بشكل كبير على نظم المياه الجوفية من خلال تقليل معدلات التغذية وزيادة معدلات التبخر، مما يزيد من الضغط على الموارد المائية (Najla A. M., 2017).

### أ- الجفاف وتأثيره على المياه الجوفية

الجفاف المتكرر الناتج عن التغيرات المناخية يؤدي إلى انخفاض معدلات التغذية للمياه الجوفية، مما يزيد من الاعتماد عليها لتلبية الاحتياجات البشرية. دراسة تشانغ وآخرين (2023) أشارت إلى أن نقص المياه السطحية الناجم عن الجفاف يضاعف من استنزاف المياه الجوفية في المناطق القاحلة (Chang & Niu, 2023). أشارت دراسة بوكماشيا (2018) إلى أن تغير أنماط هطول الأمطار قد يؤدي إلى تقليل كمية المياه المتاحة لتغذية الخزانات الجوفية (Boukhemacha, 2019).

### ج- ارتفاع درجات الحرارة

زيادة درجات الحرارة المرتبطة بالتغيرات المناخية تؤدي إلى رفع معدل التبخر، مما يقلل من المياه المتاحة لتغذية الطبقات الجوفية. دراسة ريتب وآخرين (2020) بينت أن ارتفاع درجات الحرارة يزيد من الضغط على الموارد المائية الجوفية ويؤثر على نوعيتها. (Rateb et al., 2021)، دراسة أودين وآخرين (2018) أظهرت أن تغير المناخ يؤثر بشكل كبير على موازين المياه الجوفية، مما يستدعي إجراءات تكيفية لحمايتها. (Oudin et al., 2018).

### 2- الاستراتيجيات المتكاملة لإدارة جودة المياه

لتقليل تأثير التضرر والتغيرات المناخية على جودة المياه الجوفية، يُنصح بتبني استراتيجيات إدارة متكاملة تعتمد على الهيدرولوجيا التطبيقية. (محمود عبدالحسن واخرون، 2014)

#### أ- تطوير البنية التحتية

تحسين أنظمة الصرف الصحي والمعالجة يمكن أن يخفف من تأثير الأنشطة البشرية على المياه الجوفية. دراسة ليو وآخرين (2022) أكدت على أن تطوير بنية تحتية لمعالجة مياه الصرف الصحي يساعد في تقليل الملوثات في المناطق الحضرية. (Liu et al., 2022) كما تدعم دراسة لابينكا وآخرين (2023) الحاجة إلى تحسين البنى التحتية للمياه للحد من تأثير الأنشطة البشرية. (LaBianca et al., 2023).

#### ب - تعزيز التشريعات البيئية

تشير دراسة مونتازيري وآخرين (2022) إلى أن تعزيز التشريعات وتنفيذ رقابة صارمة على الأنشطة الزراعية والصناعية يمكن أن يقلل من التلوث وحماية الموارد المائية الجوفية (Montazeri et al., 2022). كما تدعم دراسة جاو وآخرين (2020) ضرورة فرض رقابة صارمة وتنفيذ سياسات حماية بيئية فعالة للحد من تسرب الملوثات في المناطق الحضرية، خصوصاً في المناطق ذات النمو السكاني السريع، مما يساعد في تحسين جودة المياه الجوفية على المدى الطويل. (Gao et al., 2020).

## ج- العلاقة بين التحضر وجودة المياه الجوفية

يعتمد تقييم تأثير التحضر على جودة المياه الجوفية على نموذج مفاهيمي يوضح العلاقة بين عناصر التحضر المختلفة وآليات التأثير على النظم المائية الجوفية. يُظهر هذا النموذج كيف يمكن للتحضر أن يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية من خلال عدة مسارات، تشمل تغيير استعمال الأراضي، تدفق المياه، تغذية الطبقات الجوفية، ونقل الملوثات. يحدد الإطار النظري خمس عوامل رئيسية:

1- **تغير استعمال الأراضي**: التحضر يؤدي إلى تحويل الأراضي الزراعية أو الطبيعية إلى مناطق حضرية، مما يغير كيفية تدفق المياه عبر المناظر الطبيعية. زيادة الأسطح غير المنفذة، مثل الطرق والمباني، تقلل من معدل تغذية المياه الجوفية وتزيد من الجريان السطحي المحمل بالملوثات (Pasquier et al., 2022).

2- **التخلص من مياه الصرف الصحي**: يعد التخلص غير السليم من مياه الصرف الصحي أحد المصادر الرئيسية لتلوث المياه الجوفية، حيث تحتوي مياه الصرف على ملوثات مثل العناصر الثقيلة، والمغذيات، والكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (Montazeri et al., 2022).

3- **الأنشطة الصناعية**: تؤدي الأنشطة الصناعية إلى إطلاق ملوثات خطيرة مثل المعادن الثقيلة والمذيبات العضوية، التي تتسرب إلى المياه الجوفية وتؤدي إلى تدهور جودتها (Liu et al., 2022).

4- **الممارسات الزراعية**: استعمال الأسمدة والمبيدات الزراعية يمكن أن يؤدي إلى تسرب المواد الكيميائية إلى المياه الجوفية، مما يرفع مستويات النترات والفوسفات (Nedret ÖZEL et al., 2019).

5- **التغيرات المناخية**: تؤثر التغيرات المناخية على معدلات تغذية المياه الجوفية من خلال زيادة التبخر وتغير أنماط الهطول، مما يؤدي إلى ضغوط إضافية على الموارد الجوفية (Chang & Niu, 2023).

### تطبيق الإطار النظري على حوض دجلة والفرات

#### 1- تغير استعمال الأراضي وتأثيره في الحوض

في حوض دجلة والفرات، تُعد تحويل الأراضي الزراعية إلى مناطق حضرية أحد العوامل الرئيسية لتدهور جودة المياه الجوفية. تشير دراسة باسكوير وآخرين (2022) إلى أن النمو الحضري السريع يزيد من الأسطح غير المنفذة، مما يقلل من معدلات تغذية المياه الجوفية ويزيد من تراكم الملوثات (Pasquier et al., 2022). تدعم دراسة مونتازيري وآخرين (2022) هذه النتائج، حيث بينت أن الأنشطة الزراعية

التي يتم استبدالها بالمناطق الحضرية تساهم أيضًا في تقليل قدرة الأراضي على امتصاص مياه الأمطار (Montazeri et al., 2022).

## 2- التخلُّص غير السليم من مياه الصرف الصحي

تشكل مياه الصرف الصحي غير المعالجة مشكلة حرجة في الحوض، حيث يزيد النمو السكاني من الأحمال على البنية التحتية القائمة. وفقًا لدراسة جاو وآخرين (2020)، فإن تلوث المياه الجوفية في المناطق الحضرية يتفاقم بسبب التسرب من أنظمة الصرف غير المنظمة ومياه الصرف الصناعي (Gao et al., 2020). حيث تؤدي الأنظمة غير الفعالة أو المتهاكلة إلى تسرب مياه الصرف الصحي والمياه الملوثة إلى التربة والمياه الجوفية دون معالجة. حيث لا توجد شبكة صرف صحي متكاملة أو أنظمة فعالة لإدارة مياه الصرف، مما يسمح بتسرب المواد العضوية والجراثيم والملوثات الكيميائية مثل المعادن الثقيلة والمركبات السامة إلى الطبقات الجوفية. دراسة ليو وآخرين (2022) دعمت هذه الفكرة، مؤكدة أن معالجة مياه الصرف الصحي تمثّل خطوة حاسمة لتحسين جودة المياه الجوفية في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية (Liu et al., 2022).

## 3- تأثير الأنشطة الصناعية

تمثّل الأنشطة الصناعية في الحوض تحديًا كبيرًا لجودة المياه الجوفية، خاصةً مع عدم كفاية الضوابط البيئية على التصريفات الصناعية. حيث تشكل مياه الصرف الصناعي مصدرًا آخر للملوثات الخطيرة مثل المواد الكيميائية السامة والمذيبات والمركبات العضوية التي تسهم في تدهور جودة المياه الجوفية بشكل أكبر، مما يجعلها غير صالحة للشرب أو للاستعمالات الأخرى. هذا التلوث المتراكم يشكل تهديدًا كبيرًا لصحة الإنسان والبيئة في المناطق الحضرية. دراسة سانزانا وآخرين (2019) أكدت أن المعادن الثقيلة مثل الرصاص والكروم تساهم بشكل رئيس في تدهور جودة المياه الجوفية في المناطق الصناعية (Sanzana et al., 2019).

## 4- الزراعة والتلوث بالمغذيات

في المناطق الريفية المحيطة بحوض دجلة والفرات، تتسبب الممارسات الزراعية المكثفة في زيادة تلوث المياه الجوفية بالنترات. حيث يُضاف النيتروجين إلى التربة بشكل كبير في صورة أسمدة نيتروجينية لتحسين الإنتاج الزراعي، لكن جزءًا من هذه الأسمدة لا يمتصه المحصول ويتسرب إلى المياه الجوفية.

أظهرت دراسات شيتسازان وآخرين (2019) أن تسرب النترات والفوسفات من الأراضي الزراعية يرفع من مستويات التلوث، مما يجعل المياه غير صالحة للاستهلاك البشري. (Chitsazan et al., 2019). حيث يمكن أن يؤدي هذا التسريب إلى مشاكل صحية مثل التسمم بالنترات، علاوة على ذلك، يمكن أن تساهم النترات في التلوث البيئي، بما في ذلك تدهور النظام البيئي للمياه العذبة.

#### 5- التغيرات المناخية وتحديات المياه الجوفية

تؤدي التغيرات المناخية إلى تفاقم الضغوط على الموارد المائية في حوض دجلة والفرات. وفقاً لدراسة بوكماشنا (2018)، فإن ارتفاع درجات الحرارة وزيادة الجفاف يؤثران على معدلات تغذية المياه الجوفية ويزيدان من معدل التبخر، مما يؤدي إلى تدهور جودة المياه. (Boukhemacha, 2019)

#### 6- تقييم تأثير الأنشطة البشرية والتحضر على جودة المياه الجوفية

تُعدُّ الاستبيانات أداة رئيسة لفهم الإدراك المجتمعي لتحديات جودة المياه الجوفية في حوض دجلة والفرات. تم تصميم استبيان متخصص لتقييم العوامل المؤثرة مثل التحضر، البنية التحتية، الأنشطة الزراعية والصناعية، والتغيرات المناخية. وقد تم توزيع الاستبيان على عينة مكونة من 150 مشاركاً من السكان المحليين. ركزت الأسئلة على جمع بيانات شاملة حول تأثير الأنشطة البشرية على دورة المياه الجوفية ومدى التوافق المجتمعي مع التدخلات المقترحة لتحسين إدارة الموارد المائية. الجدول الآتي يعرض ملخص النتائج، مسلطاً الضوء على أبرز القضايا التي اتفق عليها المشاركون أو أبدوا تحفظاً بشأنها، مما يتيح قاعدة بيانات قيمة لتطوير حلول مستدامة في المنطقة.

Overall Score Distribution	Overall Mean Score	Top Negative Feedback	Top Positive Feedback	
2.943333	3.010145			25%
3.053333	3.010145			50%
3.073333	3.010145			75%
23	3.010145			Count
3.126667	3.010145			Max
3.010145	3.010145			Mean
2.8	3.010145			Min
0.088828	3.010145			Std
	3.010145	2.893333		أرى أن تطبيق قوانين صارمة للتخلص من مياه الصرف الصحي يمكن أن يقلل من تلوث المياه الجوفية.
	3.010145		3.12	الأسطح غير المنفذة مثل الإسفلت والبلاط تزيد من تراكم الملوثات في المياه الجوفية.



	3.010145	2.8		الاستخدام المكثف للأسمدة والمبيدات الزراعية يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية في منطقتي.
	3.010145		3.126667	البنية التحتية الحضرية الحالية (مثل الطرق والمباني) تقلل من تغذية المياه الجوفية بالأمطار.
	3.010145	2.933333		التخلص غير المنظم لمياه الصرف الصحي يمثل مصدرًا رئيسيًا لتلوث المياه الجوفية في منطقتي.
	3.010145		3.106667	الجفاف المتكرر الناتج عن تغير المناخ يؤثر بشكل كبير على معدلات تغذية المياه الجوفية.
	3.010145	2.866667		تحسين البنية التحتية لمعالجة مياه الصرف الصحي يمثل أولوية لحماية المياه الجوفية.
	3.010145		3.1	تحول الأراضي الزراعية إلى مناطق حضرية ساهم بشكل كبير في انخفاض جودة المياه الجوفية.
	3.010145		3.086667	تشجيع الممارسات الزراعية المستدامة يمكن أن يساعد في تقليل التلوث الكيميائي للمياه الجوفية.
	3.010145	2.926667		تطوير نظام إدارة متكامل يعتمد على مبادئ الهيدرولوجيا التطبيقية يمكن أن يحسن من جودة المياه الجوفية.

### نتائج الاستبيان:

تظهر نتائج الاستبيان متوسط إجمالي للتقييمات بلغ **3.01** على مقياس ليكرت الخماسي، مما يشير إلى ميل المشاركين نحو الاعتدال والاتفاق الجزئي على القضايا المطروحة. يوضح الجدول التقييمات التالية:

#### 1. أعلى التقييمات الإيجابية:

○ السؤال: "البنية التحتية الحضرية الحالية (مثل الطرق والمباني) تقلل من تغذية المياه الجوفية بالأمطار" حصل على أعلى تقييم بمتوسط **3.13**، مما يعكس إدراكًا كبيرًا لتأثير التحضر على جودة المياه الجوفية.

○ السؤال: "الأسطح غير المنفذة مثل الإسفلت والبلاط تزيد من تراكم الملوثات في المياه الجوفية" حصل على متوسط **3.12**، مما يؤكد قلق المشاركين من تأثير الأسطح غير المنفذة.

#### 2. أعلى التقييمات السلبية:

○ السؤال: "تحسين البنية التحتية لمعالجة مياه الصرف الصحي يمثل أولوية لحماية المياه الجوفية" حصل على أدنى تقييم بمتوسط **2.87**، مما يشير إلى إدراك محدود أو اهتمام أقل بهذه القضية.

○ السؤال: "الاستخدام المكثف للأسمدة والمبيدات الزراعية يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية في منطقتي" حصل على تقييم منخفض نسبيًا بمتوسط **2.8**.

### 3. التوزيع العام للتقييمات:

○ الحد الأدنى: بلغ 2.8.

○ الحد الأقصى: بلغ 3.13.

○ المتوسط: بلغ 3.01.

○ الانحراف المعياري: سجل 0.088، مما يشير إلى تباين طفيف في ردود المشاركين.

### مناقشة نتائج الاستبيان:

تعكس نتائج الاستبيان وعياً معتدلاً بين المشاركين حول تأثير الأنشطة البشرية والتحصُّر على جودة المياه الجوفية، مع تفاوت في الإدراك بشأن أولويات الإجراءات الوقائية. تظهر البيانات أن القضايا المتعلقة بالبنية التحتية والتحصُّر، مثل تأثير الأسطح غير المنفذة والبنية التحتية الحضرية، حظيت بتقييمات إيجابية عالية (متوسط 3.13 و 3.12). هذا يشير إلى فهم المشاركين للتحديات التي تواجه تغذية المياه الجوفية نتيجة التحضر السريع وزيادة الأسطح المانعة للتسرب الطبيعي للمياه. على الجانب الآخر، تم تقييم الأولوية لتحسين البنية التحتية لمعالجة مياه الصرف الصحي عند مستوى منخفض نسبياً (متوسط 2.87)، مما قد يعكس نقص الوعي بأهميتها أو شعوراً بعدم كفاية السياسات القائمة لمعالجة هذه المشكلة. علاوة على ذلك، فإن تقييم المخاطر الناجمة عن الاستعمال المكثف للأسمدة والمبيدات الزراعية كان الأقل (متوسط 2.8)، وهو ما قد يعكس ضعف المعرفة بتأثير الأنشطة الزراعية المكثفة على جودة المياه الجوفية، أو اعتماداً أكبر على هذه الأنشطة كجزء من سبل العيش في المناطق المستهدفة. تُظهر النتائج أيضاً أن التباين بين التقييمات كان محدوداً (الانحراف المعياري 0.088)، مما يشير إلى إجماع عام بين المشاركين حول معظم القضايا المطروحة. ومع ذلك، فإن متوسط التقييم الإجمالي (3.01) يشير إلى ميل غالبية المشاركين نحو الحياد أو الموافقة الجزئية، مما يبرز الحاجة إلى مزيد من الوعي المجتمعي والجهود التعليمية لتحفيز فهم أعمق للتحديات البيئية والاقتصادية المرتبطة بجودة المياه الجوفية. بناءً على ذلك، تُظهر النتائج أهمية تبني استراتيجيات متكاملة لمعالجة القضايا البيئية التي تهدد جودة المياه الجوفية، بما في ذلك تحسين البنية التحتية للصرف الصحي، وتعزيز الوعي بالممارسات الزراعية المستدامة، ومعالجة تأثير التحضر غير المنظم. كما ينبغي أن تترافق هذه الجهود مع سياسات بيئية صارمة وتفعيل الأدوات الهيدرولوجية التطبيقية لضمان استدامة الموارد المائية في المنطقة.

### الاستنتاجات:

تظهر الدراسة أن التحضر السريع وغير المنظم يمثل تهديداً رئيساً لجودة المياه الجوفية في حوض دجلة والفرات. من خلال تحليل العلاقة بين الأنشطة البشرية وتدهور الموارد المائية الجوفية، يتضح أن هناك عوامل رئيسية تساهم في هذا التدهور، أبرزها زيادة الأسطح غير المنفذة، التخلص غير المنظم من مياه الصرف الصحي، الاستخدام المكثف للأسمدة والمبيدات الزراعية، وتزايد الأنشطة الصناعية دون رقابة كافية. كما أشارت الدراسة إلى أن التغيرات المناخية، بما في ذلك الجفاف وارتفاع درجات الحرارة، تضيف ضغوطاً إضافية على الموارد المائية، مما يجعل التحديات أكثر تعقيداً. ومع ذلك، توضح النتائج أهمية تطبيق تقنيات الهيدرولوجيا التطبيقية مثل النمذجة الهيدرولوجية واستعمال نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتوفير فهم أكثر دقة للتأثيرات السلبية لهذه العوامل، وذلك لأجل دعم تطوير استراتيجيات إدارة متكاملة.

الوعي المجتمعي المحدود بأهمية حماية المياه الجوفية، إلى جانب غياب التشريعات الصارمة، يزيد من صعوبة مواجهة هذه التحديات. لذا فإن تحسين إدارة الموارد المائية الجوفية يتطلب نهجاً شاملاً يشمل تعزيز الوعي، تطوير البنية التحتية، وإطلاق مبادرات تشجع الممارسات المستدامة في الزراعة والصناعة. بناءً على هذه النتائج، تقدم الدراسة توصيات محددة تهدف إلى تحقيق إدارة مستدامة للمياه الجوفية، وضمان استمرارها بوصفها مورداً حيوياً للأجيال القادمة.

### التوصيات:

1. تطوير أنظمة حديثة لمعالجة مياه الصرف الصحي ومنع التسربات غير المنظمة التي تشكل مصدرًا رئيساً لتلوث المياه الجوفية.
2. تخصيص ميزانية لدعم مشروعات الصرف الصحي في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية.
3. وضع خطط تنظيمية تحد من التوسع العمراني غير المنظم وزيادة الأسطح غير المنفذة، مثل الطرق والمباني، من خلال تشجيع استعمال مواد تسهم في تغذية المياه الجوفية.
4. توفير مساحات خضراء في المناطق الحضرية لتحسين قدرة الأراضي على امتصاص مياه الأمطار.



5. تقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية والمبيدات الحشرية المسببة لتلوث المياه الجوفية، من خلال التوعية وتشجيع الزراعة المستدامة.
6. تقديم حوافز للمزارعين الذين يعتمدون ممارسات زراعية صديقة للبيئة، مثل استعمال الأسمدة العضوية وتقنيات الري الموفرة.
7. إصدار تشريعات ورقابة صارمة على الأنشطة الصناعية والزراعية لضمان الحدّ من تسرب الملوثات إلى المياه الجوفية.
8. تطبيق قوانين تجبر الصناعات على معالجة النفايات السائلة قبل تصريفها.
9. إطلاق حملات توعية لتعريف المجتمع بمخاطر تلوث المياه الجوفية وكيفية تقليل التأثير السلبي للأنشطة اليومية.
10. إشراك المجتمع المحلي في وضع خطط الحماية البيئية لضمان الالتزام العام.
11. تبني تقنيات حديثة مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والنمذجة الهيدرولوجية لرصد جودة المياه وتحديد مصادر التلوث بدقة.
12. استعمال التحليل الهيدرولوجي لتصميم حلول مستدامة لتحسين تغذية المياه الجوفية وتقليل الجريان السطحي.
13. وضع خطط طويلة الأمد للتعامل مع الجفاف وتغيير أنماط هطول الأمطار، بما في ذلك إدارة الموارد المائية بشكل أكثر كفاءة.
14. تشجيع زراعة محاصيل مقاومة للجفاف وتقليل استخدام المياه في الزراعة.



المصادر:

- 1- محمود عبد الحسن جويهل، ابتسام عدنان رحمن، تأثير الأملاح في مياه الري على الزراعة في محافظة النجف، Journal of the College of Education for Girls for Humanities، Volume 2014, Issue 15, Pages 233-257
- 2- Boukhemacha, M. A. (2019). The Impact of Urbanization Versus the Impact of the Change in Climatic Conditions on Groundwater Recharge from Precipitations: Case Study Algiers (pp. 337–339). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-01572-5\\_79](https://doi.org/10.1007/978-3-030-01572-5_79).
- 3- Chang, L.-L., & Niu, G.-Y. (2023). The Impacts of Interannual Climate Variability on the Declining Trend in Terrestrial Water Storage over the Tigris–Euphrates River Basin. Journal of Hydrometeorology, 24(3), 549–560. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-22-0026.1>.
- 4- Chao, N., Luo, Z., Wang, Z., & Jin, T. (2018). Retrieving Groundwater Depletion and Drought in the Tigris-Euphrates Basin Between 2003 and 2015. Groundwater, 56(5), 770–782. <https://doi.org/10.1111/gwat.12611>.
- 5- Chitsazan, M., Aghazadeh, N., Mirzaee, Y., & Golestan, Y. (2019). Hydrochemical characteristics and the impact of anthropogenic activity on groundwater quality in suburban area of Urmia city, Iran. Environment, Development and Sustainability, 21(1), 331–351. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-0039-1>.
- 6- Gao, Y., Qian, H., Ren, W., Wang, H., Liu, F., & Yang, F. (2020). Hydrogeochemical characterization and quality assessment of groundwater based on integrated-weight water quality index in a concentrated urban area. Journal of Cleaner Production, 260, 121006. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121006>.





- 7- LaBianca, A., Mortensen, M. H., Sandersen, P., Sonnenborg, T. O., Jensen, K. H., & Kidmose, J. (2023). Impact of urban geology on model simulations of shallow groundwater levels and flow paths. *Hydrology and Earth System Sciences*, 27(8), 1645–1666. <https://doi.org/10.5194/hess-27-1645-2023>.
- 8- Liu, C., Hou, Q., Chen, Y., & Huang, G. (2022). Hydrogeochemical Characteristics and Groundwater Quality in a Coastal Urbanized Area, South China: Impact of Land Use. *Water*, 14(24), 4131. <https://doi.org/10.3390/w14244131>.
- 9- Luo, X., Li, J., Zhu, S., Xu, Z., & Huo, Z. (2020). Estimating the Impacts of Urbanization in the Next 100 years on Spatial Hydrological Response. *Water Resources Management*, 34(5), 1673–1692. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02519-2>
- 10- Motlak, J. B., Alshaikh, R. Z., & Matlak, M. (2020). The Use of New Irrigation Systems in Increasing Green Areas and Improve Environment- Case study: Neighborhood 405 in City of Baghdad. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 745(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/745/1/012118>.
- 11- Najla Ajeel Mohammed, Evaluation of Raw and Drinking Water for Diyala Governorate (2017), *Journal of the College of Education for Women*, 2019, Volume 30, Issue 4, Pages 68-92.
- 12- Rinanti, A., Fachrul, M. F., Hendrawan, D. I., Anisah, U., & Alreekabi, N. K. (2021). Groundwater Quality Study Based on the Existence of Escherichia coli as Bioindicator. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 754(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/754/1/012029>.
- 13- Montazeri, A. H., Mazaheri, M., Morid, S., & Mosaddeghi, M. R. (2022). Effects of Upstream Activities of Tigris-Euphrates River Basin on Water and





Soil Resources of Shatt Al-Arab Border River. SSRN Electronic Journal.

<https://doi.org/10.2139/ssrn.4194565>.

- 14- Nedret ÖZEL, Şaziye BOZDAĞ, & Alper BABA. (2019). Effect of Irrigation System on Groundwater Resources in Harran Plain (Southeastern Turkey). *Journal of Food Science and Engineering*, 9(2). <https://doi.org/10.17265/2159-5828/2019.02.001>.
- 15- Oudin, L., Salavati, B., Furusho-Percot, C., Ribstein, P., & Saadi, M. (2018). Hydrological impacts of urbanization at the catchment scale. *Journal of Hydrology*, 559, 774–786. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.02.064>
- 16- Pasquier, U., Vahmani, P., & Jones, A. D. (2022). Quantifying the City-Scale Impacts of Impervious Surfaces on Groundwater Recharge Potential: An Urban Application of WRF–Hydro. *Water*, 14(19), 3143. <https://doi.org/10.3390/w14193143>.
- 17- Rateb, A., Scanlon, B. R., & Kuo, C.-Y. (2021). Multi-decadal assessment of water budget and hydrological extremes in the Tigris-Euphrates Basin using satellites, modeling, and in-situ data. *Science of The Total Environment*, 766, 144337. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144337>.
- 18- Sanzana, P., Gironás, J., Braud, I., Muñoz, J., Vicuña, S., Reyes-Paecke, S., de la Barrera, F., Branger, F., Rodríguez, F., Vargas, X., Hitschfeld, N., & Hormazábal, S. (2019). Impact of Urban Growth and High Residential Irrigation on Streamflow and Groundwater Levels in a Peri-Urban Semiarid Catchment. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 55(3), 720–739. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12743>.

