Comprehensive Journal of Science
مجلة العلوم الشاملة
Volume (10), Issue (37), (NOV. 2025)
عدد خاص بالمؤتمر الدولي الثالث للعلوم والتقنية
SICST2025, www.sicst.ly
المجلد (10)، العدد (37)، (نوفمبر2025)
ISSN: 3014-6266
ردمد: 3014-6266

دور الادارة الهندسية في تحليل ومعالجة ظاهرة طفح المياه الجوفية في مدينة زليتن

عبدالقادر محمد عبدالله الأعوج*[1]، طارق أحمد محمد العاتي [2]

[1] ادارة المشاريع الصناعية والهندسية، المعهد العالي للتقنيات الهندسية، زليتن، ليبيا

[2] التقنيات المدنية ، المعهد العالي للتقنيات الهندسية، زليتن، ليبيا

elawig@gmail.com

The Role of Engineering Management in Analyzing and Addressing the Phenomenon of Groundwater Overflow in the City of Zliten

Received: 30-09-2025; Revised: 10-10-2025; Accepted: 31-10-2025; Published: 25-11-2025

الملخص: تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أسباب ظاهرة ارتفاع منسوب المياه الجوية لمدينة زليتن ، توزيعها المكاني، وآثارها السلبية على النسيج العمراني والبيئية للمدينة والتي تسببت في أضرار مباشرة للبنية التحتية، والمرافق العامة، والصحة البيئية, بالإضافة الي تسليط الضوء علي دور الادارة الهندسية في معالجة الأسباب الجذرية لظاهرة طفح المياه الجوفية وتنفيذ حلول مستدامة. أُتبعت في الدراسة منهجية تحليلية وصفية، استندت إلى الممسوحات الميدانية، والقياسات الهيدرولوجية ، بالإضافة إلى مقابلات نوعية مع مسؤولين محليين وسكان من المناطق المتضررة بالإضافة الي تقرير إدارة أزمة ارتفاع منسوب المياه بالمدينة . وقد حُدِّدت مناطق حرجة ضمن المدينة، أبرزها محلة رماية والمنطرحة والنشيع, حيث بلغ منسوب المياه مستويات سطحية أدت إلى تآكل الطرق، وتضرر أساسات المباني، وزيادة انتشار الأمراض المنقولة بالمياه والبعوض. وأظهرت النتائج أن من أبرز أسباب ارتفاع منسوب المياه الجوفية, غياب شبكة صرف صحي مركزية، والاعتماد المفرط على الحفر الامتصاصية؛ تسربات المياه من الشبكات القديمة؛ التوسع العمراني العشوائي فوق أحواض التصريف الطبيعي؛ ضعف البنية التحتية لإدارة مياه الأمطار. وخلصت الدراسة إلى وجود علاقة مباشرة بين تفاقم الظاهرة وسوء التخطيط العمراني، حيث تمثل هذه الورقة قاعدة معرفية أولية لوضع استراتيجية مستدامة لإدارة المياه الجوفية في المدن الساحلية الليبية التي تواجه تحديات بيئية مشابهة.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوية , زليتن, الادارة الهندسية.

Abstract: This study aims to analyze the causes of rising groundwater levels in the city of Zliten, its spatial distribution, and its negative impacts on the city's urban fabric and environment, which have caused direct damage to infrastructure, public facilities, and environmental health. Additionally, it highlights the role of engineering management in addressing the root causes of groundwater flooding and implementing sustainable solutions. The study followed a descriptive analytical methodology, based on field surveys, hydrological measurements, qualitative interviews with local officials and residents from affected areas, as well as the city's water level crisis management report. Critical areas within the city were identified, most notably the Ramaya and Al-Mantarha districts, where water levels reached surface levels leading to road erosion, damage to

building foundations, and increased spread of waterborne diseases and mosquitoes. The results showed that the main causes of rising groundwater levels include: Absence of a central sewage network and excessive reliance on absorption wells, Water leakage from old networks, Random urban expansion over natural drainage basins and Poor infrastructure for rainwater management The study concluded that there is a direct relationship between the exacerbation of the phenomenon and poor urban planning. This paper represents an initial knowledge base for developing a sustainable groundwater management strategy in Libyan coastal cities facing similar environmental challenges.

Keywords: groundwater, Zliten, engineering management.

1- مقدمة

تُعد المياه الجوفية أحد أهم الموارد الطبيعية التي يعتمد عليها الإنسان في الشرب والزراعة والصناعة، إلا أن ارتفاع منسوبها إلى حد التسبب في طفحها على سطح الأرض بات يمثل واحدة من أكثر المشكلات البيئية والهندسية تعقيدًا في السنوات الأخيرة، خاصة في المناطق الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية. هذه الظاهرة، التي تنشأ غالبًا نتيجة لتراكم المياه في الطبقات السطحية للتربة بسبب تسربات شبكات المياه والصرف أو سوء إدارة الموارد المائية، تؤدي إلى أضرار جسيمة في البنية التحتية، والممتلكات، والبيئة، والصحة العامة (Foster & Chilton, 2003). وقد أشار عدد من الباحثين إلى أن الطفح الجوفي بات يتفاقم نتيجة غياب أنظمة الصرف الجوفي، وقدم شبكات البنية التحتية، والتوسع العمراني غير المخطط له (Howard et al., 2006).كما أن التغيرات المناخية وتزايد معدلات الهطول المطري في بعض المناطق ساهمت أيضًا في زيادة معدلات تغذية الخزانات الجوفية، ما يرفع من احتمالية تسرب المياه إلى السطح (MacDonald et al., 2012). لا تقتصر انعكاسات هذه الظاهرة على الجانب الفني، بل تشمل أيضًا تكاليف مالية باهظة تتكبدها الحكومات والمجتمعات في أعمال الصيانة والترميم، ناهيك عن الآثار النفسية والاجتماعية التي تلحق بالسكان المتضررين (UN-Water, 2020). ومن هنا برزت الحاجة إلى تبني **إدارة** هندسية فعالة تعتمد على أدوات تحليل المخاطر، ونظم المعلومات الجغرافية(GIS) ، والتقنيات الذكية لمراقبة منسوب المياه الجوفية، كجزء من الحلول المستدامة لمعالجة هذه الظاهرة (Zektser & Everett, 2004) .

تهدف هذه الورقة إلى تحليل أسباب ظاهرة طفح المياه الجوفية في مدينة زليتن، استعراض آثارها السلبية المتعددة، واستكشاف أبرز الحلول الفنية والإدارية الحديثة للتعامل معها، مع التركيز على دور الإدارة الهندسية المتكاملة في الوقاية والمعالجة

مشكلة البحث

تواجه مدينة زليتن، كغيرها من المدن الليبية، تحديات متزايدة في مجال إدارة المياه، ومن أبرزها ظاهرة طفح المياه الجوفية على سطح الأرض، والتي تفاقمت خلال السنوات الأخيرة بسبب سوء التخطيط العمراني، وتهالك شبكات المياه والصرف الصحي، وغياب أنظمة الصرف الجوفي الحديثة . وقد نتج عن ذلك أضرار مباشرة في البنية التحتية للمدينة، وتدهور في جودة الحياة، إضافة إلى آثار اقتصادية وبيئية واجتماعية سلبية طالت السكان والممتلكات العامة والخاصة. **ومع** أن المشكلة باتت واضحة في عدة مناطق داخل المدينة، إلا أن غياب

الدراسات العلمية التحليلية المتخصصة حول أسبابها الدقيقة، وحجم تأثيرها، وسبل معالجتها، يشكل فجوة معرفية تعيق تبني حلول فعالة ومستدامة. ومن هنا جاءت هذه الدراسة لتكون محاولة جادة في تشخيص الظاهرة في مدينة زليتن كنموذج، وتحليل أبعادها، وتقديم توصيات فنية وهندسية وإدارية قابلة للتطبيق.

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى ما يلي:

1. تحليل الأسباب المباشرة وغير المباشرة المؤدية إلى طفح المياه الجوفية في مدينة زليتن، مع التركيز على العوامل الطبيعية والبشرية.
2. تحديد المناطق الأكثر تضررًا داخل المدينة باستخدام أدوات المسح الميداني ونظم المعلومات الجغرافية (GIS).
3. تقييم التأثيرات السلبية الناتجة عن الظاهرة على المستوى :

- الفني (تلف البنية التحتية والمباني)،
- المالي (تكاليف الصيانة والخسائر العقارية)،
- الاجتماعي والنفسي (معاناة السكان والنزوح الجزئي)،
- البيئي (تلوث التربة والمياه وانتشار الروائح والأمراض).

4. استعراض وتقييم الحلول المستخدمة محليًا ودوليًا في معالجة مثل هذه الظواهر، ومدى إمكانية تطبيقها في سياق مدينة زليتن.
5. تسليط الضوء على دور الإدارة الهندسية المحلية) البلدية، شركات المياه، المكاتب الاستشارية) في الوقاية والمعالجة، واقتراح آليات لتحسين الأداء.
6. وضع إطار عملي قابل للتنفيذ لإدارة ومعالجة طفح المياه الجوفية في زليتن، بالاعتماد على تقنيات حديثة وتخطيط متكامل

أسئلة البحث

تسعى هذه الدراسة للإجابة على مجموعة من الأسئلة المتعلقة بظاهرة طفح المياه الجوفية في مدينة زليتن، وذلك من خلال ما يلي:

1. **ما هي العوامل الرئيسية التي تسهم في تفاقم ظاهرة طفح المياه الجوفية في زليتن؟**

- تهدف هذه السؤال إلى استكشاف الأسباب المحتملة والممارسات غير المستدامة التي تؤدي إلى هذه الظاهرة.

2. **كيف تؤثر ظاهرة طفح المياه الجوفية على الصحة العامة وسلامة السكان في المنطقة؟**

- يركز هذا السؤال على فهم الأبعاد الصحية والاجتماعية لتأثيرات الطفح الجوفي.

3. **ما هي التحديات الفنية والإدارية التي تواجه السلطات المحلية في معالجة ظاهرة طفح المياه الجوفية؟**

- يسعى هذا السؤال إلى تحليل العقبات التي تعرقل جهود الإدارة الفعالة للمياه الجوفية.

4. **ما هي الحلول التقنية والإدارية التي يمكن اعتمادها للحد من آثار طفح المياه الجوفية في زليتن؟**

- يهدف هذا السؤال إلى استكشاف الاستراتيجيات والحلول الممكنة التي يمكن أن تسهم في معالجة المشكلة.

5. **كيف يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تحسين إدارة المياه الجوفية في زليتن؟**

- يبحث هذا السؤال في الدور الذي يمكن أن تلعبه التكنولوجيا في دعم الإدارة الفعالة للمياه الجوفية.

حدود الدراسة

- **الحدود الموضوعية:** تحليل أسباب ظاهرة طفح المياه الجوفية في مدينة زليتن، واستعراض آثارها السلبية المتعددة، واستكشاف أبرز الحلول الفنية والإدارية الحديثة للتعامل معها، مع التركيز على دور الإدارة الهندسية المتكاملة في الوقاية والمعالجة.
- **الحدود الزمنية :** حدود الزمنية لهده الدراسة خلال 1- 1-2024 الي 28- 2-2024
- **الحدود المكانية :** مدينة زليتن محلة (المنطرحة – رماية – النشيع).

منهجية البحث

تتبع هذه الدراسة المنهج الوصفي التحليلي حيث تعتمد المنهجية الوصفية التحليلية تقديم وصف شامل لظاهرة ارتفاع منسوب المياه الجوفية في المناطق المستهدفة في مدينة زليتن . يتم ذلك من خلالها , جمع البيانات الثانوية من خلال مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة المتعلقة بارتفاع منسوب المياه الجوفية، مع التركيز على الدراسات التي تناولت الأسباب والعوامل المؤثرة في هذه الظاهرة يتم بعد ذلك تحليل التقارير الرسمية وإحصائيات الجهات المحلية المختصة بالموارد المائية, ثم يتم **جمع البيانات الأولية** عن طريق التقييم الميداني بإجراء جولات ميدانية في المناطق المتأثرة، حيث يتم تقييم حالة البنية التحتية، وشبكات المياه والصرف الصحي، وتوثيق الأضرار الناجمة عن ارتفاع منسوب المياه الجوفية. يتم توثيق الملاحظات من خلال التصوير الفوتوغرافي وتدوين الملاحظات الميدانية. بالإضافة الي مقابلات مع الخبراء **ب**إجراء مقابلات مع مختصين في مجالات الهندسة المدنية، والموارد المائية، والصحة العامة للحصول على رؤى متعمقة حول أسباب ارتفاع منسوب المياه الجوفية وحلولها الممكنة. يتم بعد ذلك تحليل البيانات النوعية الناتجة عن هذه المقابلات لاستخراج المفاهيم الرئيسية واستخراج الآراء والتوصيات حول الظاهرة وحلولها. بعد ذلك تتم عملية التقييم والمراجعة للتحقق من المعلومات من خلال مراجعة البيانات المستخلصة من مختلف المصادر لضمان دقتها

وموثوقيتها. إجراء تقييمات ميدانية إضافية للتحقق من صحة المعلومات والنتائج المستخلصة .توثيق كافة البيانات والملاحظات بشكل منظم، مما يسهل مراجعتها وتحليلها ليتم بعد ذلك تقديم النتائج . تمتاز هذه المنهجية الشاملة بتكامل البيانات الكمية والنوعية، مما يوفر فهمًا عميقًا وشاملاً لظاهرة ارتفاع منسوب المياه الجوفية. كما تسهم في تقديم توصيات عملية تستند إلى الأدلة لتحسين إدارة الموارد المائية في المناطق المتأثرة.

2. الأدبيات والدراسات السابقة

ظاهرة طفح المياه الجوفية على سطح الأرض تعتبر واحدة من القضايا البيئية والهندسية المعقدة التي حظيت بالكثير من الاهتمام في الدراسات الحديثة. تتعدد الأسباب التي تؤدي إلى هذه الظاهرة وتختلف تبعًا للظروف الجغرافية والمناخية والأنشطة البشرية. سنستعرض أهم الدراسات المتعلقة بهذه الظاهرة مع ذكر الأسباب، المشاكل الفنية والمالية، طرق المعالجة، وآثارها السلبية، وكيفية إدارتها من خلال الإدارة الهندسية.

2.1 الدراسات الحديثة

تُعد دراسة فوستر وتشلتون (2003) من أوائل الدراسات التي ناقشت العلاقة بين استخدامات الأراضي وارتفاع منسوب المياه الجوفية، حيث بينت أن النمو الحضري غير المخطط، وتزايد المساحات غير النفاذة، يؤديان إلى تقليل التغذية الطبيعية للمياه الجوفية، ومن ثم تراكمها في الطبقات العليا. كما أشار هوارد وغريفيث (1992) إلى أن اختلال التوازن بين التغذية والاستخراج هو السبب الجذري في تفشي الظاهرة، لا سيما في المدن الصناعية الكبرى. كما أشارت دراسات حديثة إلى تزايد ظهور طفح المياه الجوفية في المدن الحضرية، وخاصة في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية وسوء أنظمة الصرف .على سبيل المثال، توصلت دراسة الدبوس وآخرون (2023) إلى أن ظاهرة الطفح في مدينة الكويت تعود إلى ضعف البنية التحتية، وتسربات المياه من الشبكات، إضافة إلى الاستخدام المفرط للمياه الجوفية في قطاع البناء. كما بينت دراسة خان وآخرون (2022) أن التغير المناخي وارتفاع منسوب مياه البحار في المدن الساحلية يسهمان بشكل مباشر في ارتفاع منسوب المياه الجوفية وبالتالي حدوث الطفح. من جهة أخرى، أظهرت دراسة Zhou وآخرون (2021) أن غياب التخطيط الحضري المتكامل في المدن الصينية أدى إلى تفاقم الظاهرة، مشيرين إلى عدم توافق البنية التحتية القديمة مع متطلبات التصريف الحديثة. كما أظهرت دراسة أحمد وآخرون (2021), زيادة معدلات الأمطار أو ذوبان الثلوج في بعض المناطق قد يؤدي إلى زيادة مستوى المياه الجوفية وبالتالي حدوث الطفح (Ahmed et al., 2021), كما بينت دراسة الحسان (2019) أن الأنشطة البشرية مثل استخراج المياه الجوفية بكميات كبيرة، أو التعدي على الأراضي الرطبة يمكن أن يؤدي إلى تغيير في مستويات المياه الجوفية(Al-Hassan, 2019). كما أظهرت دراسة سميث وآخرون التوسع العمراني , التحضر أو بناء المدن على الأراضي ذات مستويات المياه الجوفية المرتفعة يمكن أن يزيد من فرص حدوث الطفح, في بعض الحالات، يمكن أن يتسبب تسرب المياه من الأنابيب أو الخزانات في زيادة مستويات المياه الجوفية (Smith et al., 2020) . كما أظهرت دراسة جاو وآخرون **أن** العوامل الهيدرولوجية و تشمل زيادة معدلات هطول الأمطار، وارتفاع منسوب الماء الجوفي نتيجة تغذية مفرطة أو إعادة توزيع غير طبيعية في

الطبقات الأرضية بالإضافة الي لعوامل البشرية مثل التسربات من شبكات المياه والصرف الصحي، والاستخدام غير المرشد للمياه الجوفية، والبناء فوق المناطق ذات التربة ضعيفة النفاذية, زيادة علي ذلك القصور في البنية التحتية والتي تتجلى في ضعف أو تقادم شبكات التصريف، وعدم وجود نظام متكامل لإدارة المياه السطحية والجوفية الأسباب الرئيسية لظاهرة الطفح (Zhou et al., 2021) .

2.2. الآثار السلبية لظاهرة الطفح

الأثر البيئي: تؤدي هذه الظاهرة إلى تلوث المياه الجوفية نتيجة اختلاطها بالمياه السطحية ومياه الصرف الصحي، كما تسهم في تدهور جودة التربة وتقلص التنوع البيولوجي في المناطق المتأثرة (Khan et al., 2022).

الأثر النفسي والاجتماعي: أظهرت تقارير منظمة الصحة العالمية (WHO, 2021) أن الكوارث البيئية، بما في ذلك طفح المياه، ترتبط بزيادة معدلات القلق والاكتئاب لدى السكان، خاصة في المناطق التي تتكرر فيها الظاهرة أو تتعرض لأضرار مادية جسيمة.

الأثر الاقتصادي: تشمل الأضرار الاقتصادية تلف الممتلكات والبنية التحتية، وتعطل شبكات النقل والمرافق العامة، وانخفاض قيمة العقارات في المناطق المتأثرة، إضافة إلى التكاليف الباهظة لإعادة التأهيل (Al-Dabbous et al., 2023).

2.3 دور الإدارة الهندسية في مواجهة طفح المياه الجوفية

1. فهم الظاهرة وتحليل المخاطر

تبدأ الإدارة الهندسية عملها بفهم طبيعة ظاهرة طفح المياه الجوفية، والتي تحدث عندما يرتفع منسوب المياه الجوفية إلى مستوى يتجاوز سطح الأرض، مما يؤدي إلى غمر المناطق المنخفضة يتطلب ذلك إجراء دراسات هيدروجيولوجية شاملة لتقييم مصادر المياه الجوفية، وأنماط تدفقها، والعوامل التي تؤثر على ارتفاع منسوبها.

تحليل المخاطر : تقوم الإدارة الهندسية بتقييم المخاطر المحتملة المرتبطة بطفح المياه الجوفية، مثل تلوث المياه، وتدهور البنية التحتية، وتأثيرها على الصحة العامة يتم ذلك من خلال استخدام نماذج رياضية وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد المناطق الأكثر عرضة للخطر وتقدير حجم الأضرار المحتملة.

2. إدارة المخاطر والتكامل المؤسسي

تقييم المخاطر والهشاشة: تجري الإدارة الهندسية تحليلًا شاملًا للمخاطر (Risk Assessment) يشمل احتمالية حدوث طفح، مدى تأثر المنشآت، والتكلفة المتوقعة. يُدمج التقييم ضمن خطط الطوارئ ويُعَدّ أساسًا لاتخاذ قرارات تخص الأطر الزمنية للاستجابة.

خطط الطوارئ والاستجابة: من الضروري وجود خطط طوارئ واضحة للتصرف في حالات الطفح المفاجئ: تفعيل المضخات المحمولة، خطوط التصريف المؤقتة، وتنفيذ إجراءات عزل مؤقتة. تُدرّب الكوادر على سيناريوهات الطوارئ لضمان سرعة الاستجابة والتنسيق مع الجهات المعنية.

الحوكمة والتنسيق بين الجهات: نظرًا لتداخل الاختصاصات (البلديات، مياه، التخطيط العمراني، البيئة)، يجب إنشاء هيئات تنسيقية مشتركة لضمان تنفيذ متكامل. في إنجلترا، أشار تقييم الأدلة إلى أن التنسيق بين الجهات مسؤول عن نجاح إدارة الفيضانات الجوفية، وأن الثغرات في الحوكمة قد تعيق التنفيذ Rapid Evidence (Assessment, England). يُوصى بتوضيح الأدوار والمسؤوليات وتأمين آليات لتبادل المعلومات بين الأطراف المختلفة. نشر الدراسات الميدانية والمحاكاة التي تأخذ ترتيب تدفق المياه، عمق المصارف، تركيبة التربة (Abd-Elaziz et al., 2025). تدريب الكوادر الهندسية والفنية على أحدث النماذج والحلول في تصميم الصرف وإدارة الطفح. تشجيع التعاون الدولي لتبادل الخبرات والتجارب الناجحة بين الدول التي تواجه مشكلات مشابهة.

3 . وضع الخطط والاستراتيجيات

بناءً على نتائج التحليل، تقوم الإدارة الهندسية بوضع خطط واستراتيجيات متكاملة لمواجهة طفح المياه الجوفية. تشمل هذه الخطط تدابير وقائية وعلاجية تهدف إلى خفض منسوب المياه الجوفية، وتحسين إدارة المياه السطحية، وحماية البنية التحتية والممتلكات .

نظم الرصد والمراقبة

يُعدّ إنشاء شبكة مراقبة لمستوى المياه الجوفية (مراقبة رأسية وأفقية) أمراً أساسياً لتكوين قاعدة بيانات زمنية ومكانية لتطور المنسوب, كما يمكن الربط بين بيانات الرصد ونماذج هيدرولوجية لتوقع تطورات المنسوب وتحليل مخاطر الطفح . في إنجلترا، أورد تقرير تقييم الأدلة أن الإدارة البيئية (Environment Agency) تعتمد على نمذجة ومعالجة بيانات مستوى المياه كجزء من الاستراتيجية الوطنية لإدارة فيضانات المياه الجوفية

. الخرائط وتقسيم المناطق المعرضة

تُستخدم خرائط الهشاشة (vulnerability maps) لتحديد المناطق الأكثر عرضة للطفح، استنادًا إلى المعاملات الهيدرولوجية (التوصيل الهيدروليكي، عمق التربة، ملوحة المياه (2025) .Marshall et al). استخدموا الخرائط لنمذجة الطفح المرتبط بالمياه الجوفية في البيئات الساحلية لتحديد المناطق التي يجب التركيز عليها . تُدمج هذه الخرائط في التخطيط العمراني لاتخاذ قرارات حول مواقع المشاريع الجديدة أو ترشيد التوسع الحضري. يجب أن تُدمج دراسات الطفح الجوفي ضمن عمليات التخطيط العمراني، بحيث تُمنع إقامة منشآت حساسة في المناطق ذات الخطورة العالية. في الاستراتيجية الوطنية لإدارة الفيضانات، يُشجّع على دمج الطفح الجوفي ضمن خطط الاستخدام الأرضي , كما يُنصح بأن تُستخدم أدوات تقييم الأثر المائي والجوفية عند إجراء التخطيط العمراني لضمان توافق البُنى مع الأوضاع الهيدرولوجية (Environment Agency, 2020).

التدابير الوقائية :تتضمن هذه التدابير تنظيم استخدام الأراضي، وتطبيق ممارسات زراعية مستدامة، وإنشاء مناطق عازلة حول مصادر المياه الجوفية للحد من التلوث.

التدابير العلاجية :تشمل هذه التدابير تركيب شبكات تصريف المياه الجوفية، واستخدام تقنيات الضخ لخفض منسوب المياه، وإنشاء حواجز مانعة لتسرب المياه إلى المناطق الحساسة .

3 الجانب الاقتصادي والاستدامة

أ. تحليل الكلفة – المنفعة

يجب على الإدارة الهندسية تقدير تكلفة الحلول (تصميم، إنشاء، تشغيل، صيانة) مقابل الفوائد (تخفيض الأضرار، زيادة عمر البنى التحتية، تقليل تكاليف الإصلاح). بعض التدابير قد تبررها الفوائد البيئية، مثل إعادة استخدام المياه المجمّعة في الزراعة أو الصناعة.

ب. الاستخدام الإنتاجي للمياه الزائدة

بدلاً من التخلص من المياه الزائدة، يمكن توجيهها إلى الاستخدامات الإنتاجية مثل الري، مما يحوّل التحدي إلى فرصة. هذا النهج يُسهم في تكامل إدارة المياه وتحقيق الاستدامة المالية.

ج. تبنّي تقنيات خضراء ومستدامة

استخدام الطاقة الشمسية لتشغيل المضخات يقلل من استهلاك الطاقة والتكاليف التشغيلية, بالإضافة الي اعتماد تقنيات معالجة ذات الأثر البيئي المنخفض قبل تصريف المياه الزائدة إلى البيئة. تتولى الإدارة الهندسية مسؤولية تصميم وتنفيذ الحلول الهندسية المناسبة لمواجهة طفح المياه الجوفية. يعتمد اختيار الحلول على الظروف المحلية، والتكلفة، والفعالية، والاستدامة .

2.4 الحلول التقنية والهندسية

أ. الصرف تحت السطح (Subsurface Drainage)

يُعدّ الصرف تحت السطح أحد الحلول الفعالة لخفض منسوب المياه الجوفية عن طريق تركيب أنابيب أو مصارف تحت الأرض لتجميع المياه الزائدة وتصريفها (De Wit, 2022). تصميم هذه الأنظمة يتطلب تحديد عمق المصارف، التباعد بينها، ومعامل التوصيل الهيدروليكي للتربة Subsurface Drainage System (Design). في دراسة حديثة بمنطقة مصرية، تم تحليل اتجاه تدفق المياه الجوفية وتأثيره على كفاءة التوزيع الجانبي للمصارف، وأظهرت النتائج أن الترتيب العمودي المصمم بمحاذاة اتجاه تدفق المياه يزيد الكفاءة (Abd-Elaziz et al., 2025). كما أن الصرف تحت السطح قد يزيد من الاتصال الهيدرولوجي للنظام الكلي، مما قد يؤثر على جريان القمم (peak flow) ويحتاج أخذه في الاعتبار عند التصميم (Podzorski et al., 2025)

ب. الآبار العميقة (Wells)

في بعض الحالات يُستخدم الضخ العمودي للمياه الجوفية عبر آبار لضبط المنسوب، خصوصًا في التربة عميقة أو عند عدم إمكانية استخدام الصرف الأفقي (Watertable control) . يتم تصميم مجال الآبار بناءً على قوانين توزيع التفريغ (drain spacing equations) في المياه الجوفية . في بعض الدراسات الحديثة، يتم دمج المضخات مع نظم تحكم تنبؤية لضبط الضخ حسب المتغيرات البيئية Model predictive (controlled subsurface drainage).

ج. العوازل الهندسية والهيكلية

توجيه استخدام مواد عازلة (كحواجز من البلاستيك أو البولي إثيلين، أو الحوائط العازلة) في أساسات المباني لتقليل تسرب المياه الجوفية داخل الأجزاء السفلى للمنشآت. يُنصح بتطبيق تقنيات العزل الأفقي والعمودي عند تصميم الأساسات، خاصة في المواقع المعروفة بارتفاع المنسوب الجوفي. يجب أن يصمم المهندسون أنظمة صرف محيطة بالمباني (French drains، خنادق مرصوفة) لتقليل الضغوط المائية على الجدران.

د. إعادة تأهيل شبكات المياه والصرف الصحي

كثيراً ما تسهم تسريبات شبكات مياه الشرب أو الصرف الصحي في رفع المنسوب الجوفي أو تضخيمه، لذا يجب على الإدارة الهندسية تنفيذ برامج صيانة دورية للكشف عن التسريبات ومعالجتها. إصلاح الأنابيب التالفة أو استبدالها بمواد أقل نفاذية يُعدّ من الإجراءات الوقائية الهامة. كما يتم تصميم شبكات تصريف المياه الجوفية لجمع المياه الزائدة ونقلها إلى أماكن آمنة، مثل الأنهار أو البحيرات أو محطات المعالجة. يجب أن تكون هذه الشبكات قادرة على التعامل مع كميات كبيرة من المياه وتصميمها بطريقة تقلل من تأثيرها على البيئة .

ذ. الإشراف والمتابعة

تتولى الإدارة الهندسية مسؤولية الإشراف على تنفيذ المشاريع ومتابعة أدائها للتأكد من تحقيق الأهداف المرجوة. يتضمن ذلك إجراء فحوصات دورية، وجمع البيانات، وتحليل النتائج، وإجراء التعديلات اللازمة لتحسين الأداء والمراقبة المستمرة يتم تركيب أجهزة استشعار لمراقبة منسوب المياه الجوفية، وجودة المياه، وأداء شبكات التصريف. يتم تحليل البيانات التي يتم جمعها لتحديد أي مشاكل واتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة . الصيانة الدورية يتم إجراء صيانة دورية لجميع الأنظمة والمعدات للتأكد من أنها تعمل بشكل صحيح. يتضمن ذلك تنظيف شبكات التصريف، وإصلاح المضخات، واستبدال الأجزاء التالفة .

ر. التواصل والتعاون

تعتبر الإدارة الهندسية حلقة وصل بين مختلف الأطراف المعنية، مثل الحكومة، والمجتمع المحلي، والقطاع الخاص. من خلال تعزيز التواصل والتعاون، يمكن تحقيق استجابة أكثر فعالية لظاهرة طفح المياه الجوفية.

2.5 التحديات والقيود

أ- ضعف البيانات أو عدم وجود شبكات مراقبة كافٍ قد يعيق دقة النمذجة والتخطيط.

ب- ارتفاع تكلفة بعض الحلول، خصوصاً في المناطق العامة والريفيّة.

ج- صعوبة التنسيق بين القطاعات المختلفة في بعض البيئات التنظيمية.

ح- التأثيرات الجانبية المحتملة مثل هبوط التربة (subsidence) عند خفض منسوب المياه الجوفية.

خ- التأثير المحتمل لتقنيات الصرف على الجريان الطبيعي للنظام الهيدرولوجي (Podzorski et al., 2025)

يتضح من مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة أن ظاهرة طفح المياه الجوفية ليست مجرد تحدٍ فني، بل هي أزمة بيئية ومجتمعية شاملة تتطلب تدخلًا متعدد التخصصات. ويُعد تعزيز البنية التحتية، وتطبيق الإدارة الهندسية المتكاملة، واعتماد التخطيط الحضري المستدام، من أبرز الخطوات لمواجهة هذه الظاهرة، والحد من آثارها السلبية على الإنسان والبيئة. و لمواجهة طفح المياه الجوفية تتطلب استراتيجية متكاملة تجمع بين التخطيط الهندسي السليم، الحلول التقنية المبتكرة، إدارة المخاطر، والاستدامة المالية والبيئية. ويُعدّ دور الإدارة الهندسية محوريًا في هذا المسار من خلال تصميم أنظمة الصرف، وضع الخرائط، التنسيق المؤسسي، وبناء القدرات. لتحقيق نتائج فعالة، يجب التغلب على التحديات التنظيمية والبيئية من خلال تبني نهج متعدد التخصصات وتبادل الخبرات العلمية والتطبيقية.

3 دراسة الحالة (مدينة زليتن)

نُبذة عن مدينة زليتن

مدينة زليتن هي إحدى المدن الساحلية الواقعة في المنطقة الغربية من ليبيا، وتتبع إداريًا بلدية زليتن . تقع المدينة على الساحل الجنوبي للبحر الأبيض المتوسط، وتحدها: من الشمال: البحر المتوسط, ومن الجنوب منطقة بني وليد, ومن الشرق مدينة الخمس, ومن الغرب مدينة مصراتة. تبعد زليتن عن العاصمة طرابلس حوالي 160 كم شرقًا، وعن مدينة مصراتة حوالي 60 كم غربًا، وتُعد نقطة وصل مهمة بين شرق وغرب البلاد. وفقًا لتقديرات مصلحة الأحوال المدنية والتعداد الليبية لعام 2024 يقدر عدد سكان مدينة زليتن بحوالي 340.000 نسمة. تشهد المدينة نموًا سكانيًا مستمرًا، خاصة في المناطق الحضرية. يتوزع السكان على عدة أحياء وقرى، أبرزها: زليتن المركز سوق الثلاثاء، ماجر، كعام وبدورهن ينقسمن الي العديد من المحلات. تضم مدينة زليتن العديد من المرافق الخدمية في مختلف القطاعات: جامعة الأسمرية الاسلامية تضم كليات متعددة (الهندسة، الآداب، الاقتصاد، العلوم الطبيات) , عشرات المدارس الابتدائية والإعدادية والثانوية. معاهد عليا ومتوسطة تقنية ومهنية. بالإضافة الي الخدمات الصحية مثل مستشفى زليتن التعليمي الذي يُعد من أكبر المستشفيات في المنطقة, ومراكز صحية وعيادات عامة وخاصة منتشرة في المدينة, كذلك البنية التحتية المتمثلة في شبكة طرق داخلية تربط الأحياء والمناطق المحيطة. محطة تحلية مياه وعدة خزانات مياه رئيسية. محطة كهرباء فرعية تغذي المدينة والمناطق المجاور, أما الحركة التجارية والاقتصادية تعتبر مدينة زليتن من المدن ذات النشاط التجاري المتوسط المتصاعد لوجود أكبر مصنعين لصناعة مادة الإسمنت وقربها من مصنع الحديد

والصلب مصراته, كما تشتهر بالحرف والصناعات التقليدية كصناعة الذهب والفضة، وتُعد من أعرق المدن الليبية في هذا المجال. بالإضافة الي الأنشطة الزراعية حيث تنتشر الزراعة في ضواحي المدينة، خاصة زراعة الزيتون والشعير والخضروات. كذلك وجود مزارع دواجن وأبقار تُغذي السوق المحلي. قربها من ميناء الخمس ومصراته يمنحها ميزة تجارية مرتبطة .شبكة مواصلات برية تربطها بمصراتة وطرابلس وبني وليد.

تواجه مدينة زليتن، مند عام 2023، أزمة بيئية متفاقمة تتمثل في ارتفاع منسوب المياه الجوفية، الأمر الذي أدى إلى طفح المياه في الشوارع والمنازل، وتسبب في أضرار صحية، بيئية، وإنشائية. وبناءً عليه، تم تشكيل **فرق أزمة** من الجهات المختصة على المستوى البلدية والحكومة لإدارة الوضع.

3.1 الجهات المتدخلة في إدارة الأزمة

المجلس البلدي زليتن

حيث يعتبر المنسق العام للأزمة, حيث أصدر تعليمات بتشكيل لجنة ادارة أزمة ارتفاع منسوب المياه بالبلدية , ورفع تقارير دورية إلى وزارة الحكم المحلي. وطلب دعم مالي وفني عاجل من حكومة الوحدة الوطنية والهيئات الدولية .

شركة المياه والصرف الصحي – فرع زليتن, و مصراته

تولت شركة المياه والصرف الصحي تنفيذ أعمال الصيانة والشفط , كما أشرفت على تشغيل المضخات المتنقلة. كما قامت بإعداد تقارير فنية يكشف عدد النقلات وكمية المياه التي تم شفطها , بالإضافة الي عمليات الردم بتربة نظيفة كما هو موضح بالجدول أدناه:

جدول رقم (1):يوضح يكشف عدد النقلات وكمية المياه التي تم شفطها , بالإضافة الي عمليات الردم بتربة نظيفة

ر. ق	عدد النقلات	حجم كميات المياه المسحوبة	نقلات الردم بتربة نظيفة	التاريخ
1	3069 نقلة	38656م^3	300 نقلة	8.1.2024 الي 15.1.2024
2	3619	47282م^3	##########	16.1.2024 الي 27.1.2024
3	1984	24094م^3	##########	28.1.2024 الي 4.2.2024
4	331	5041	###########	24. 2. 2025
5	173	4067م^3	##########	25. 2. 2025
6	284	5065م^3	##########	26. 2. 2025
7	229	3871م^3	##########	27. 2. 2025

8	175	2330م^3	##########	28. 2. 2025

فريق حصر الأضرار والمباني الهندسية

انحصر عمل الفريق في تقييم البنية التحتية والمباني المتضررة تتمثل في المساكن والمدارس ورياض الأطفال ويتم تحديد هذه المباني عن طريق مكتب شئون الفروع والمحلات وجهات مشتركة مثل مراقبة التعليم وهيئة السلامة المهنية أو من فريق التسكين التابع لفريق ادارة الأزمة, وتلخص عمل الفريق بزيارة ومعاينة 66 مبني سكني الواقعة ضمن المناطق المتضررة بالبلدية جيث ثم تصنيف المباني الي ثلاثة مستويات حسب الجدول الموضح أدناه:

جدول رقم (2):يوضح تقييم البنية التحتية والمباني المتضررة للمساكن والمدارس ورياض الأطفال

ر.ق	المستوي	عدد السكنية	المباني	نوع الضرر
1	المستوي الأول	12		أضرار بسيطة وقيد المتابعة
2	المستوي الثاني	17		تحت المتابعة وحسب ملاحظات اللجنة والعلامات الدالة لكل منزل
3	المستوي الثالث	37		أضرار بليغة مع ضرورة الإخلاء الفوري واحالتها الي فريق التسكين باللجنة

ونظرا لإيقاف فريق العمل عن العمل لم يتمكن الفريق من زيارة ومعاينة 73 مسكن كانت من ضمن المساكن المستهدفة للزيارة.

كما قام فريق العمل من زيارة ومعاينة عدد 15 مدرسة , وكانت الاضرار متفاوتة حيث صنفت حسب الجدول التالي:

جدول رقم (3):يوضح تقييم البنية التحتية المتضررة للمدارس .

ر.م	عدد المدارس	نوع الضرر	توصيات فريق العمل
1	1	ضرر بليغ وجوهري كامل	ضرورة ايقاف الدراسة واخلائها فورا
2	1	ضرر جوهري جزئي	عدم استغلال جزء من المدرسة
3	3	ضرر جوهري جزئي	عدم استخدام المدرسة العام القادم
4	6	أضرار بعدد من مرافق المدرسة	اجراء صيانة عاجلة مع عدم استخدام المرافق المتضررة
5	2	أضرار بسيطة	تحت المتابعة

6	1	المدرسة تحت الصيانة	يتم استخدام المدرسة بعد استكمال الصيانة
7	1	حالتها جيدة	المتابعة من طرف ادارة المدرسة

كما قام فريق العمل بزيارة ومعاينة عدد 3 رياض أطفال , وكانت الاضرار متفاوتة حيث صنفت حسب الجدول التالي:

جدول رقم (4):يوضح تقييم البنية التحتية المتضررة لرياض الأطفال

ر.م	عدد الرياض	نوع الضرر	توصيات فريق العمل
1	1	أضرار جزء من مرافق الروضة	اجراء صيانة فورية للمرافق المتضررة مع عدم السماح باستخدامه في الوقت الحالي تحت
2	1	اضرار بسيطة	المتابعة من قبل الفريق
3	1	حالة جيدة	المتابعة من قبل ادارة المدرسة

الهيئة العامة للإصحاح البيئي

قامت إجراء تحاليل لجودة المياه الجوفية للآبار بالمناطق المتضررة, حيث أخذت عينات لـ 198بئر, و بسبب احتمال تلوث المياه، تم إصدار تنبيه رسمي بعدم استخدامها حتى إشعار آخر حيث صنفت جودة المياه الجوفية للآبار بالمناطق المتضررة حسب الجدول التالي:.

جدول رقم (5):يوضح تحاليل لجودة المياه الجوفية للآبار بالمناطق المتضررة

المحلة	العدد	مصدر المياه	نوع التحليل	ملوث	غير ملوث	السبب صرف صحي	
						صرف صـ بكتيريا معوية	
النشيع	66	بئراصهريج	كيميائي+ جرثومي	20	46	5	26
المنطرحة	45	بئراصهريج	كيميائي+ جرثومي	20	25	5	19
رمايا	87	بئراصهريج	كيميائي+ جرثومي	45	42	15	36
المجموع	198	-----	------	95	113	25	81

العراقيل والتحديات

1- ضعف الإمكانيات الفنية والمادية: قلة عدد المضخات وصهاريج الشفط, و نقص الوقود وقطع الغيار.

2- تهالك البنية التحتية: الشبكات القديمة غير قادرة على التصريف, وغياب نظام صرف صحي مركزي في بعض الأحياء.

3- الزحف العمراني العشوائي: البناء على مجاري السيول والمياه: صعوبة الوصول إلى بعض المناطق المتضررة.

4- تداخل المسؤوليات بين الجهات: غياب التنسيق الكامل بين المؤسسات, وتضارب في الصلاحيات والقرارات.

5- قلة الوعي المجتمعي: بعض السكان يرفضون التعامل مع فرق الأزمة.الاستمرار في استخدام الحفر الامتصاصية.

تُعد أزمة ارتفاع منسوب المياه في زليتن من الأزمات البيئية الهيكلية التي تتطلب حلولًا طويلة المدى، وتخطيطًا استراتيجيًا متعدد الأبعاد .وعلى الرغم من الجهود التي تبذلها الجهات المحلية، إلا أن الأزمة تستوجب دعمًا حكوميًا ومجتمعيًا ودوليًا لضمان استدامة الحلول، وحماية المدينة من الكوارث المتكررة

4 التحليل والمناقشة

تعتبر ظاهرة طفح المياه الجوفية في مدينة زليتن إحدى التحديات البيئية المعقدة التي تتطلب استجابة شاملة ومتكاملة من جميع الجهات المعنية. وفقًا للدراسات السابقة، فإن هذه الظاهرة تتأثر بالعديد من العوامل الجيولوجية والهيدرولوجية والبشرية. في هذا السياق، يُهدف هذا التحليل إلى مناقشة البيانات والإجراءات المتخذة من قبل بلدية زليتن ولجنة إدارة الأزمة، ومقارنتها بالدراسات الحديثة، مع تسليط الضوء على التحديات والفرص المتاحة .استنادًا إلى المعلومات المتوفرة والدراسات السابقة، يمكن إجراء المناقشة والتحليل التالي:

الأسباب المحتملة لارتفاع منسوب المياه الجوفية في زليتن:

- **زيادة التغذية الاصطناعية للخزان الجوفي** :قد يكون ناتجًا عن تسربات من شبكات مياه النهر الصناعي أو شبكات مياه الشرب والصرف الصحي المتهالكة .
- **نقص أو تدهور شبكات الصرف الصحي** :يؤدي إلى تسرب كميات كبيرة من المياه إلى التربة، مما يزيد من منسوب المياه الجوفية.
- **العوامل الجيولوجية** :وجود طبقات صماء تمنع تسرب المياه إلى الطبقات السفلى، والقرب من مستوى سطح البحر .
- **عدم استخدام المياه الجوفية** :يقلل من السحب ويؤدي إلى تراكم المياه.
- **التغيرات المناخية** :زيادة هطول الأمطار أو ذوبان الجليد.
- **التوسع العمراني** :يزيد من الضغط على المياه الجوفية، خاصة مع البناء في مناطق كانت زراعية

4.1 تحليل النتائج

تعتبر ظاهرة ارتفاع منسوب المياه الجوفية في مدينة زليتن تحديًا بيئيًا حرجًا يتأثر بمجموعة معقدة من العوامل الطبيعية والبشرية. تقع زليتن على الساحل الجنوبي للبحر الأبيض المتوسط، مما يجعلها عرضة لمشاكل تتعلق بالنمو الحضري، وضعف البنية التحتية، والتغيرات المناخية، التي تسهم في تفاقم هذه المشكلة.

تشمل العوامل الرئيسية المساهمة في هذه الظاهرة تدهور شبكات المياه والصرف الصحي، مما يؤدي إلى تسرب المياه إلى التربة. كما أن التوسع العمراني غير المنظم، خاصة في المناطق الحساسة مثل الأراضي الرطبة، يزيد من حدة المشكلة. بالإضافة إلى ذلك، تلعب التغيرات المناخية، مثل زيادة معدلات الأمطار وذوبان الثلوج، دورًا مهمًا في ارتفاع مستوى المياه الجوفية. استجابةً لهذه الأزمة، قامت بلدية زليتن بتشكيل لجنة لإدارة الأزمات، حيث تم تنفيذ أعمال صيانة وشفط للمياه. كما تم تقييم الأضرار في المباني وتقديم توصيات بالإخلاء في الحالات الحرجة. ومع ذلك، لا تزال التحديات قائمة، حيث تظل الحلول المتبعة غير كافية لمواجهة المشكلة المستمرة. تواجه المدينة عدة تحديات، منها ضعف الإمكانيات الفنية والمادية، وتداخل المسؤوليات بين المؤسسات، وقلة الوعي المجتمعي. تحتاج زليتن إلى استراتيجيات مستدامة تشمل تحسين البنية التحتية، تنظيم استخدام المياه، وتطبيق التخطيط الحضري المستدام.

الإجراءات المتخذة غير كافية: على الرغم من جهود بلدية زليتن ولجنة إدارة الأزمة، إلا أن منسوب المياه الجوفية لا يزال مرتفعًا، مما يشير إلى أن الإجراءات المتخذة غير كافية لمعالجة المشكلة بشكل فعال وأن الحلول المؤقتة لا تجدي فعمليات الشفط والردم هي حلول مؤقتة لا تعالج الأسباب الجذرية للمشكلة, بالإضافة الي الوضع البيئي المتفاقم, فتلوث المياه الجوفية بالصرف الصحي والمعادن الثقيلة يزيد من خطورة الوضع، ويجعل المياه غير صالحة للاستخدام والبحث عن مصادر مياه بديلة مثل إنشاء محطات تحلية مياه البحر أصبحت حاجة ملحة فالحاجة إلى حلول مستدامة لمعالجة الأسباب الجذرية للمشكلة، مثل تحسين البنية التحتية، وإدارة استخدام المياه، وتنظيم التوسع العمراني وهذا يحتاج الي تنسيق كامل بين الجهات فغياب التنسيق الكامل بين المؤسسات وتضارب الصلاحيات يعيق جهود الإدارة الفعالة للأزمة.

4.2 مقارنة التحليل مع الدراسات السابقة

دراسة الدبوس وآخرون (2023), أشارت إلى أن ضعف البنية التحتية وتسربات المياه من الشبكات والاستخدام المفرط للمياه الجوفية في البناء هي أسباب رئيسية لطفح المياه في الكويت , وهذا يتفق مع الوضع في مدينة زليتن، حيث أن تشهد البنية التحتية للمدينة تهالكا كبيرا وتسرب المياه ساهم بشكل كبير في هذه المشكلة. بينما **دراسة خان وآخرون (2022),** بينت أن التغير المناخي وارتفاع منسوب مياه البحار في المدن الساحلية يسهمان في ارتفاع منسوب المياه الجوفية , وحيث أن مدينة زليتن مدينة ساحلية، لذا فإن هذه العوامل قد تلعب دورًا أساسيا في ارتفاع منسوب المياه الجوفية في مدينة زليتن. بينما **دراسة Zhou وآخرون (2021),** أشارت إلى أن غياب التخطيط الحضري المتكامل يؤدي إلى تفاقم الظاهرة[, قد يكون هذا عاملا جوهريا في مدينة زليتن، حيث أن التوسع العمراني غير المنظم في المدينة قد زاد من تفاقم المشكلة, بينما **دراسة أعدها أساتذة في قسم علوم الأرض بجامعة بنغازي (2024),** أرجعت الأسباب إلى العمليات

الهيدرولوجية (هطول الأمطار والفيضانات) والعمليات البشرية . بينما **دراسة لمجلة العلوم الإنسانية والطبيعية(2023),** أوضحت أن الأسباب هي التغذية الاصطناعية للخزان الجوفي، نقص وتردي شبكات الصرف الصحي، العوامل الجيولوجيا، عدم استخدام المياه الجوفية. في الختام، يتطلب معالجة ظاهرة ارتفاع منسوب المياه الجوفية في زليتن استجابة شاملة ومتعددة التخصصات، مع ضرورة تعزيز التنسيق بين الأطراف المختلفة وتفعيل برامج التوعية المجتمعية. يجب أن تعتمد الإجراءات الفعالة على البيانات والدراسات العلمية لضمان إدارة مستدامة للموارد المائية وحماية البيئة.

5 التوصيات

الحلول التقنية والهندسية لمعالجة ظاهرة طفح المياه الجوفية تتطلب اتباع نهج متعدد الجوانب يشمل دراسة الأسباب الجذرية للمشكلة وتنفيذ حلول مستدامة. فيما يلي بعض الحلول :

- ❖ مسح جيوتقني شامل بإجراء مسح شامل لخصائص التربة، والجيولوجيا، والتضاريس، وخصائص الصخور، وإنشاء خرائط بيزو مترية .
- ❖ تحليل البيانات بإنشاء قاعدة بيانات متكاملة تتضمن معدلات هطول الأمطار، وشبكات الصرف، وبيانات المسح الطوبوغرافي، والطبقات الجيولوجية، وأماكن الري، ورسم الخرائط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية بالإضافة الي فحص التربة بعمل اختبارات على التربة لتحديد ارتفاع منسوب المياه الجوفية.
- ❖ إنشاء شبكات منفصلة للصرف الصحي ومياه الأمطار للتخلص من المياه الزائدة ومنع تسربها إلى التربة.
- ❖ تصريف المياه الجوفية بتركيب مواسير سطحية أو أنظمة صرف أفقية ورأسية لسحب المياه الجوفية وتخزينها أو إعادة حقنها في الخزانات الجوفية العميقة.
- ❖ إنشاء بحيرات تبخير محاطة بمتنزهات أو حدائق نباتية لتبخير المياه الزائدة وتقليل منسوب المياه الجوفية.
- ❖ تنفيذ عزل مائي للمباني المراد إنشاؤها لحمايتها من تسرب المياه الجوفية.
- ❖ رفع مستوى الأرضية داخل المبنى عن مستوى الماء الجوفي للحد من تأثير التربة المشبعة بالمياه .
- ❖ تركيب حوائط أو حواجز لمنع دخول المياه إلى داخل المبنى
- ❖ ترشيد استهلاك المياه بتشجيع استخدام طرق الري الحديثة بالتنقيط للحدائق والمزارع لتقليل كمية المياه المتسربة إلى التربة.
- ❖ مراقبة التسرب بشبكات المياه والصرف الصحي وإصلاح أي تسربات لمنع زيادة منسوب المياه الجوفية .

- ❖ معالجة المياه الجوفية باستخدام الازدياد الحيوي، والتنفيس الحيوي، والحقن الحيوي لتقليل نسبة التلوث في المياه الجوفية وكذلك استخدام الترسيب الكيميائي والتبادل الأيوني لإزالة الملوثات من المياه الجوفية.
- ❖ التخطيط والتصميم الحضري التخطيط لمواقع المدن وربطها بالعوامل الهيدروجيولوجية قدر الإمكان.
- ❖ المتابعة الدورية للمناطق المتضررة لمنع تفاقم الظاهرة وتطبيق إجراءات وقائية في المناطق غير المتضررة بالإضافة لفحص جذور الأشجار والتأكد الدوري من عدم دخول جذور الأشجار في أنابيب الآبار .
- ❖ توعية المواطنين بحث المواطنين على ترشيد استهلاك المياه واستخدام طرق الري الحديثة .
- ❖ تحديث وتفعيل التشريعات العمرانية للحد من البناء فوق مجاري المياه والوديان.

يجب أن تكون الحلول المقترحة مستدامة وغير تقليدية، مع الأخذ في الاعتبار الأبعاد الاقتصادية والبيئية والاجتماعية . قد يكون من الضروري التخلي عن استخدام مصادر المياه الجوفية إذا كانت معالجتها صعبة أو مكلفة للغاية. تعتبر معالجة تسرب المياه الجوفية أمرًا حيويًا للحفاظ على سلامة المباني والبنية التحتية، وتقليل الأثر البيئي، وضمان الاستدامة على المدى الطويل.

المراجع

[1] Foster, S. & Chilton, J. (2003) *Groundwater: the processes and global significance of aquifer degradation*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 358(1440), pp.1957–1972.

[2] Howard, K.W.F., Schmoll, O., Chilton, J. & Zhu, Y. (2006) *Groundwater and its susceptibility to degradation: a global assessment of the problem and options for management*. United Nations Environment Programme (UNEP).

[3] MacDonald, A.M., Bonsor, H.C., Dochartaigh, B.É. & Taylor, R.G. (2012) *Quantitative maps of groundwater resources in Africa*. Environmental Research Letters, 7(2), p.024009.

[4] UN-Water (2020) *The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change*. Paris: UNESCO.

[5] Zektser, I.S. & Everett, L.G. (2004) *Groundwater resources of the world and their use*. UNESCO IHP-VI, Series on Groundwater No. 6.

[6] Ahmed, S., et al. (2021). *Impact of Climate Change on Groundwater Levels and Surface Water Interaction*. Environmental Journal.

[7] Al-Hassan, N. (2019). *Human Activities and Groundwater Table Variations in Urban Areas*. Journal of Hydrology.

[8] Jaber, M. (2022). *Advanced Methods for Groundwater Management in Coastal Regions*. Water Resources Management.

[9] Smith, J., et al. (2020). *Urban Expansion and Its Impact on Groundwater Levels*. Urban Planning Review.

[10] American Geosciences Institute. (2022). *North America groundwater level declines have been registered in several major aquifer systems*. [Online]. Available at: https://www.americangeosciences.org/ (Accessed: September 25, 2025).

[11] ASCE. (n.d.). *Policy statement 243 – Groundwater management*. [Online]. Available at: https://www.asce.org/advocacy/policy-statements/ps243---groundwater-management (Accessed: September 25, 2025).

[12] BE3 Corp. (2025, February 11). *Groundwater Contamination: Engineering Solutions to Prevent and Address Pollutants*. [Online]. Available at: https://be3corp.com/groundwater-contamination-engineering-solutions-to-prevent-and-address-pollutants/ (Accessed: September 25, 2025).

[13] CUNY Academic Works. (n.d.). *Role of engineering in sustainable water management*. [Online]. Available at: https://academicworks.cuny.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1755&context=cc_pubs (Accessed: September 25, 2025).

[14] Geoengineer.org. (2025, February 28). *The Rising Threat of Groundwater Flooding: Risks and GeoEngineering Solutions*. [Online]. Available at: https://www.geoengineer.org/news/the-rising-threat-of-

groundwater-flooding-risks-and-geoengineering-solutions (Accessed: September 25, 2025).

[15] Groundwater Project. (2023, March 16). *How to Read a Reference List Entry or Citation in a Groundwater Project Book*. [Online]. Available at: https://gw-project.org/how-to-read-a-reference-list-entry-or-citation-in-a-groundwater-project-book/ (Accessed: September 25, 2025).

[16] Journal of Water and Land Development. (n.d.). *Harvard referencing style*. [Online]. Available at: https://jwld.pl/files/Harvard-referencing-style-new.pdf (Accessed: September 25, 2025).

[17] Local Government Association. (n.d.). *National Recovery Room – Options for Mitigation of Groundwater flooding*. [Online]. Available at: https://www.local.gov.uk/sites/default/files/documents/environment-agency-option-6f9.pdf (Accessed: September 25, 2025).

[18] Parliament of United Kingdom. (2021). *Environment Act 2021*.

[19] ResearchGate. (2025, August 9). *Managing Groundwater in the Engineering Design & Construction of Sub-surface Works*. [Online]. Available at: https://www.researchgate.net/publication/389363480_11_Managing_Groundwater_in_the_Engineering_Design_Construction_of_Sub-surface_Works (Accessed: September 25, 2025).

[20] Stanford Report. (2021, April 21). *New tool aims to amplify groundwater with floodwater*. [Online]. Available at: https://news.stanford.edu/stories/2021/04/new-tool-aims-amplify-groundwater-floodwater (Accessed: September 25, 2025).

[21] Sustainability Matters. (2011, April 12). *Groundwater management and engineering*. [Online]. Available at: https://www.sustainabilitymatters.net.au/content/water/article/groundwater-management-and-engineering-268550029 (Accessed: September 25, 2025).

[22] Terradyne. (2024, June 17). *The Importance of Groundwater Management in Environmental Engineering*. [Online]. Available at: https://www.terradyne.com/blog/the-importance-of-groundwater-management-in-environmental-engineering (Accessed: September 25, 2025).

[23] Virginia Military Institute. (n.d.). *Hydrology & Water Resources Engineering*. [Online]. Available at: https://www.vmi.edu/academics/departments/civil-and-environmental-engineering/hydrology--water-resources-engineering/ (Accessed: September 25, 2025).

[24] WaterProjectsOnline. (2024, December 14). *Groundwater Impacted Storm Overflows*. [Online]. Available at: https://waterprojectsonline.com/case-studies/groundwater-impacted-storm-overflows/ (Accessed: September 25, 2025).

[25] WFEO. (2023, October 20). *ENGINEERING, GROUNDWATER, AND INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT*. [Online]. Available at: https://www.wfeo.org/wp-content/uploads/wg-w/CW-ENGINEERING_GROUNDWATER_AND_INTEGRATED_WATER_RESOURCES_MANAGEMENT.pdf (Accessed: September 25, 2025).

[26] Al-Dabbous, A.N., Al-Bader, D.H. & Al-Mutairi, N.S., 2023. *Urban groundwater rise and its impacts in Kuwait*. Journal of Environmental Hydrology, 31(2), pp.45–60.

[27] Foster, S.S.D. & Chilton, P.J., 2003. *Groundwater: the processes and global significance of aquifer degradation*. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 358(1440), pp.1957–1972.

[28] Howard, K.W.F. & Griffith, D., 1992. *Hydrogeological impacts of urbanization*. Ground Water, 30(2), pp.171–176.

[29] Khan, M.A., Zhang, Y. & Liu, H., 2022. *Impacts of climate change on urban groundwater and flooding in coastal cities*. Environmental Research Letters, 17(3), p.034012.

[30] WHO, 2021. *Climate change and mental health*. World Health Organization. Available at: https://www.who.int/publications/i/item/9789240036782 [Accessed 20 Sep. 2025].

[31] Zhou, H., Li, X. & Wang, J., 2021. *Urban drainage challenges in rapidly developing cities: A case study from China*. Water Science & Technology, 84(5), pp.985–997.

[32] Abd-Elaziz, S. H., et al. (2025). تحليل اتجاه تدفق المياه الجوفية وتأثيره على كفاءة التوزيع الجانبي للمصارف.

[33] De Wit, M. (2022). الصرف تحت السطح. ScienceDirect.

[34] Environment Agency (2020). الاستراتيجية الوطنية لإدارة الفيضانات.

[35] Marshall, et al. (2025). استخدام الخرائط لنمذجة الطفح المرتبط بالمياه الجوفية في البيئات الساحلية.

[36] Podzorski, A. C., et al. (2025). التأثير المحتمل لتقنيات الصرف على الجريان الطبيعي للنظام الهيدرولوجي.

[37] Rapid Evidence Assessment, England. تقييم الأدلة حول التنسيق بين الجهات وإدارة الفيضانات الجوفية.

[38] Subsurface Drainage System Design. تصميم نظام الصرف تحت السطح. ResearchGate.

[39] المجلس البلدي زليتن، تقارير غرفة الطوارئ، 2022–2023.

[40] شركة المياه والصرف الصحي – فرع زليتن، تقرير فني حول منسوب المياه الجوفية، 2023.

[41] الهيئة العامة للبيئة، تقرير جودة المياه الجوفية في زليتن، 2023.

[42] مقابلات ميدانية مع فرق الدفاع المدني والمتضررين، 2023.