التوزيع المكاني لمناطق الضعف ومراكز صيانة شبكة مياه الشرب في مدينة إب باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية

https://doi.org/10.37375/jlgs.v5i1.3123

د. عادل حمود لطف ناجي
قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية
كلية الآداب/ جامعة إب، إب، اليمن
joodtabark2021@gmail.com

أ. علي محمد أحمد غلاب
المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي
محافظة إب، إب، اليمن
a123glib@gmail.com

الملخص:

تسعى هذه الدراسة إلى استخدام المنهج الوصفي؛ لوصف مناطق الضعف، المتمثلة بشكل رئيس بمواقع انكسارات أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب خلال المدة ما بين (2020-2023م)، فضلاً عن إجراء عملية التحليل المكاني الآلي للطبقات المستخدمة في بناء نموذج اختيار المواقع الأفضل لبناء مراكز صيانة شبكات مياه الشرب، بالاستعانة ببرنامج (Arc GIS 10.8)، ومن النتائج التي توصلت إليها الدراسة: أن حالات الكسر بأنابيب الشبكة التي تمت معالجتها، والمرصودة خلال المدة (2020-2023)، قد بلغت (3,384) حالة كسر؛ منها (1,057) حدثت عام (2023م)؛ أي: ما نسبته (31.2%) من إجمالي حالات الانكسارات، واحتلت مديرية المشنة المرتبة الأولى في حالات كسر الأنابيب؛ إذ بلغت (1,691) حالة كسر، وهو ما يُعادل (50%)، بينما مديرية الظهار جاءت في المرتبة الثانية بواقع (1,602) حالة كسر، مشكلة ما نسبته (47.3%)، وأخيراً تقترح الدراسة (5) مواقع؛ بوصفها أفضل المواقع لبناء مراكز صيانة لشبكات مياه الشرب في مدينة إب، وفقاً للمعايير المعلوماتية، والتحليل المكاني للطبقات المستخدمة في بناء نموذج اختيار المواقع الأفضل والأنسب لبناء مراكز صيانة، باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8)، والمواقع المقترحة، هي: مركز صيانة جبل المعقبة، ومركز صيانة فيات، ومركز صيانة شارع (16) بئر السبل القديم رقم (25)، ومركز صيانة كاحب، وأخيراً مركز صيانة الصلبة.

الكلمات المفتاحية: كسر الأنابيب، تسرب المياه، تأهيل وصيانة الشبكة، المعايير المعلوماتية، مراكز الصيانة.

Vol. 5, Issue. 1, January 2025
ISSN 2789 - 4843
Journal of Libya for Geographical Studies
المجلد 5 العدد 1 ، يناير 2025م
مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

Spatial Distribution of Weaknesses Areas and Maintenance Centers of Drinking Water Network in Ibb City Using Technique (GIS)

Dr. Adel Hammood Lotf Nagi
Department of Geography and Geographical International System
College of Arts, Ibb University, Yemen
joodtabark2021@gmail.com

Ali Mohammed Khalab
Local Water and Sanitation Corporation of Ibb Governor, Yemen.
a123glib@gmail.com

Abstract:

This study seeks to use the descriptive approach to describing weaknesses areas the head of the pipes break sites of drinking water networks in Ibb during the period between (2020-2023), as well as the use of analytical curriculum and conduct a spatial analysis process for classes used to build the best and most suitable sites for building the maintenance of drinking water networks, one of the most important results of this study amounted to cases broken network pipes processed during the period (2020-2023), 3384, including 1057 break case, 31.2%, the AL-Meshnah directorate came first in the number in cases of broken pipes, it reached 1691 break case, which is 50%, while the AL-Dahar directorate came second 1602 break case, 47.3%, finally the study suggests 5 sites, as the best sites to build maintenance centers for drinking water networks in Ibb city, suggested sites are AL-Moaqbah mountain maintenance center, Fiat maintenance center, street 16 will maintenance center, Kahab maintenance center, and finally AL-Salabah maintenance center.

***Keywords*:** Break the Pipes, Waterproofing, Rehabilitation and Maintenance of the network, Information Standards, Maintenance Centers.

مقدمة:

تُقدم تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) تطبيقات في إعداد وتنفيذ مشاريع في مجال إدارة وصيانة البنية التحتية لشبكات مياه الشرب؛ إذ تقوم تقنية (GIS) بالحصر الدقيق للمعلومات المكانية، والوصفية، وتخزينها، وتحديثها، ومعالجتها، وتحليلها؛ لإصدار نتائج تسهم في اتخاذ القرارات المناسبة في لمتابعة ومراقبة البنية التحتية لشبكات المياه، مثل: مشروع تحديد مناطق الضعف في شبكات مياه الشرب، الذي يهدف إلى مساعدة متخذي القرار في تقييم حالة أنابيب ضخ وإسالة وتغذية مياه الشرب، وتحديد أكثر مناطق الضعف في شبكات مياه الشرب؛ من خلال التصميم والبناء لقواعد البيانات الجغرافية لنقاط الضعف (الانكسارات، التسربات)، وتحليل هذه البيانات؛ اعتماداً على بيانات مادة صنع الأنابيب وأقطارها، فضلاً عن التنبؤ المستقبلي بها. وبشكل عام يمكن استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية في تحديد المواقع الملاءمة لبناء مراكز صيانة لشبكات مياه الشرب، التي تحقق المعايير المطلوبة في يسر وسهولة عبر مجموعة كبيرة من الخرائط مختلفة المساقط والمقاييس، والمجالات والتخصصات، فضلاً عن ربط جميع العوامل باستخدام خاصية المطابقة أو إسقاط الخرائط على بعضها البعض، والحصول على خرائط مشتقة من الخرائط الأساسية (كبارة، 1997، ص 12)؛ إذ تم في هذه الدراسة إجراء عملية التحليل المكاني الآلي، بالاستعانة بالمعايير المعلوماتية لمنطقة الدراسة؛ لتحديد واختيار الموقع الأفضل لبناء مراكز صيانة، واعتماداً على تحديد الطبقات المستخدمة في بناء نموذج اختيار الموقع الأفضل، وباستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

مشكلة الدراسة:

ارتفاع عدد حالات الانكسارات في أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب؛ يؤشر بشكل عام إلى انتهاء العمر الافتراضي لأنابيب شبكات مياه الشرب القديمة؛ إذ يتراوح عمرها حوالي (37 سنة)، منذ بداية إنشائها عام (1987م)؛ لذلك تحتاج الشبكة إلى أعادة التأهيل، والصيانة، والاستبدال لشبكات مياه الشرب التالفة والقديمة، ونتيجة لوجود مركز صيانة واحد فقط تابع للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي في محافظة إب، يخدم الحيز العمراني المستغل والمخدوم في شبكات مياه الشرب في المدينة، البالغ مساحتها (62 كم^2)؛ وبذلك تحتاج مدينة إب إلى أكثر من مركز لصيانة الشبكة، وفي ضـوء ما سبق؛

يمكن صياغة مشكلة الدراسة بالتساؤلات الآتية:

1-ما التوزيع المكاني لمناطق الضعف التي حدث فيها كسر الأنابيب شبكة مياه الشرب في مدينة إب خلال المدة ما بين (2020-2023م)؟.

2-كيف يمكن مراقبة سلوك حالات الكسر في أنابيب شبكة مياه الشرب وتكرارها، والتنبؤ المستقبلي بأماكن حدوثها ؟.

3-ما المعايير المعلوماتية المطلوبة؛ لتحديد واختيار الموقع الأفضل لبناء مراكز الصيانة لشبكة مياه الشرب في مدينة إب؟ .

4-كيف يمكن إجراء عملية التحليل المكاني الآلي للطبقات المستخدمة في بناء نموذج اختيار الموقع الأفضل لبناء مراكز الصيانة لشبكة مياه الشرب في مدينة إب، باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8)؟.

5- ما خصائص المواقع المقترحة لبناء مراكز الصيانة لشبكة مياه الشرب في مدينة إب؟.

فرضيات الدراسة:

تم صياغة فرضيات هذه الدراسة على النحو الآتي:

1- ارتفاع عدد حالات كسر أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب؛ يؤشر بشكل عام إلى انتهاء العمر الافتراضي لأنابيب شبكات مياه الشرب القديمة.

2- تحتاج شبكة مياه الشرب في مدينة إب إلى أعادة التأهيل، والصيانة، والاستبدال لشبكات مياه الشرب التالفة والقديمة.

3- يمكن بناء نموذج اختيار الموقع الأفضل لبناء مراكز الصيانة لشبكة مياه الشرب في مدينة إب، باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

مبررات الدراسة وأهميتها:

تنبع أهمية الدراسة من الآتي:

1- مما ستقدمه الدراسة عبر تصميم وبناء عدد من قواعد البيانات الجغرافية الحديثة لعدد من المشاريع المرتبطة بإدارة شبكات مياه الشرب في مدينة إب من معالجات؛ تساعد صناع ومتخذي القرار على تقييم حالة أنابيب ضخ وإسالة وتغذية مياه الشرب، وتحديد أكثر مناطق الضعف في شبكات مياه الشرب؛ من خلال تحليل بياناتها المكانية والوصفية؛ وبيانات مادة صنع الأنابيب وأقطارها، فضلاً عن إمكانية التنبؤ المستقبلي

بمناطق الضعف.

2- لفت انتباه القائمين على شبكة المياه في مدينة إب إلى التدهور الكبير الحاصل في أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب، وضرورة تأهيل وصيانة الشبكة بأسرع وقت.

3- تكمن أهمية هذه الدراسة من اقتراحها عدداً من المواقع المناسبة لبناء مراكز صيانة لشبكات مياه الشرب في مدينة إب؛ سيسهم في عدم تأخر وصول فريق صيانة الشبكة إلى أي منطقة في حالة حدوث كسر أنبوب، أو أعطال في الشبكة.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة الحالية إلى تحقيق ما يأتي:

1- التعرف إلى خصائص التوزيع المكاني لمواقع حدوث الانكسارات في أنابيب شبكة مياه الشرب في مدينة إب خلال المدة ما بين (2020-2023م).

2- إظهار أهمية تحديد أعمار حالات الكسر للأنابيب في مراقبة سلوك حالات الفشل وتكرارها، فضلاً عن التنبؤ المستقبلي بأماكن حدوثها.

3- تحديد المعايير المعلوماتية المطلوبة؛ لاختيار الموقع الأفضل لبناء مراكز صيانة شبكة مياه الشرب في مدينة إب.

4- التعرف إلى خطوات إجراء عملية التحليل المكاني الآلي للطبقات المستخدمة في بناء نموذج اختيار الموقع الأفضل لبناء مراكز الصيانة لشبكة مياه الشرب في مدينة إب، باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

5- تحليل خصائص المواقع المقترحة لبناء مراكز الصيانة لشبكة مياه الشرب في مدينة إب.

منهجية الدراسة:

في هذه الدراسة تم استخدام المنهج الوصفي؛ لوصف مناطق الضعف، المتمثلة بشكل رئيس بتكسر أنابيب الضخ والتوزيع في شبكات مياه الشرب في مدينة إب، فضلاً عن وصف خصائص التوزيع المكاني لمواقع حدوث الانكسارات في أنابيب شبكة مياه الشرب خلال المدة ما بين (2020-2023م)، وإجراء عملية التحليل المكاني الآلي للطبقات المستخدمة في بناء نموذج اختيار المواقع الأفضل لبناء مراكز صيانة لشبكة مياه الشرب في مدينة إب، اعتماداً على المعايير المعلوماتية، واستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

أدوات الدراسة:

1-التقارير والوثائق المتعلقة بحالات ومواقع حدوث الانكسارات في أنابيب شبكة مياه الشرب المرصودة التي تم معالجتها في مدينة إب خلال المدة ما بين (2020-2023م)، المتوافرة لدى إدارة التشغيل والصيانة في المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب.

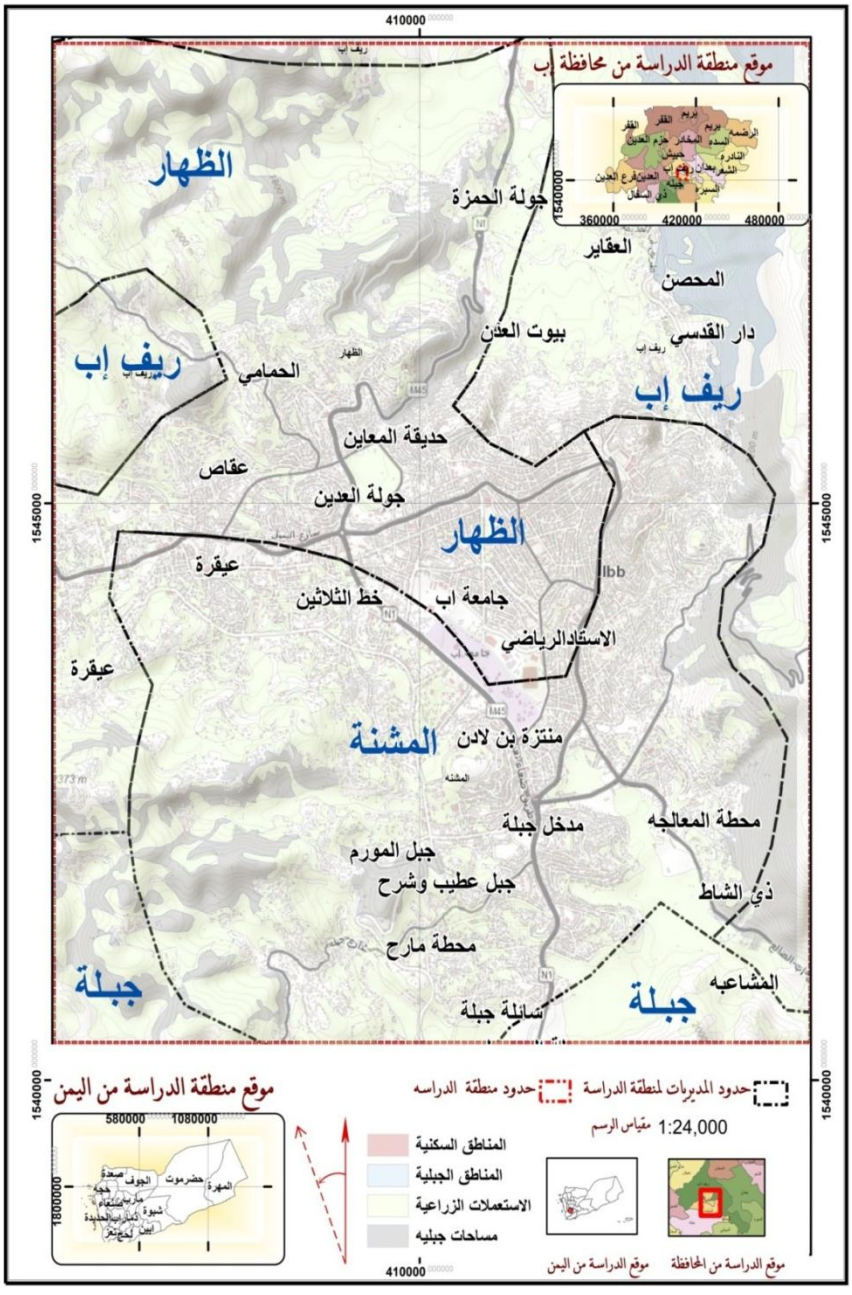
2- النزول الميداني، لكل من: مواقع مصادر مياه الشرب، والمواقع المكانية لأنابيب خطوط الضخ والتوزيع في شبكات مياه الشرب، وكذلك لمقر مركز الصيانة الحالي، فضلاً عن إجراء المقابلات مع المهندسين والفنيين والإداريين في المؤسسة.

3- استخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

حدود الدراسة:

تتمثل حدود الدراسة المكانية في مدينة إب مركز محافظة إب – اليمنية، التي تمتد بين دائرتي عرض (154000)، (155000) شمالاً، وبين خطي طول (403000)، (412500) شرقاً، كما هو مبين في الشكل (1) أدناه؛ وذلك بدراسة شبكات الضخ والتوزيع لمياه الشرب ومصادر تغذيتها (آبار المياه الجوفية)، وخزانات التجميع، التي تتوزع في منطقة مساحتها بحدود (62 كم^2)؛ إذ تنتشر في المديريات الآتية: مديرية المشنة، بمعدل ما مساحته حوالي (23 كم^2)، وفي مناطق مديرية الظهار، بما مساحته (22 كم^2)، وأجزاء بسيطة من مديرية ريف إب، بما مساحته (13 كم^2)، وأخيراً تنتشر الشبكة في جزء بسيط من مناطق مديرية جبلة، بما مساحته حوالي (4 كم^2)، ويحد منطقة الدراسة من الشمال وادي السحول، ومن الشرق جبل بعدان، ومن الجنوب سائلة جبلة، ومن الغرب منطقة السبل – عيقرة.

الشكل (1) موقع منطقة الدراسة بالنسبة لليمن ولمديريات محافظة إب وأبرز معالمها.



المصدر: الباحثان، باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

الدراسات المحلية السابقة:

– **دراسة (ناجي وغلاب، 2024)** بعنوان: التوزيع المكاني لأطوال أنابيب شبكة مياه الشرب وأقطارها في مدينة إب وفقاً لقاعدة البيانات الجغرافية المحدثة والمطورة لعام (2024م)، وهدفت هذه الدراسة بشكل رئيس إلى استخدام تقنية (GIS)؛ بوصفها أداة متكاملة في تحديث قاعدة البيانات الجغرافية القديمة وتطويرها لأطوال وأقطار أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب؛ إذ تم إضافة بيانات جديدة لأنابيب بطول (64.472 كم)، فضلاً عن دمج أقطار الأنابيب المختلفة وترتيبها، وكذلك دمج جميع خطوط الأنابيب، وعليه: أصبح الطول الكلي لأنابيب شبكة مياه الشرب في قاعدة البيانات الجغرافية المحدثة والمطورة (407.576 كم)، وأخيراً تم تصميم قاعدة بيانات جغرافية حديثة ومستقلة لكل شبكة مياه للمديريات الواقعة ضمن إطار شبكة مياه مدينة إب؛ فأصبح هناك (4) قواعد بيانات جغرافية حديثة، ومستقلة لشبكة مياه الشرب لكل من: مديرية المشنة، بطول إجمالي (234.16 كم)، ومديرية الظهار، بطول (138.933 كم)، ومديرية ريف إب (27.291 كم)، ومديرية جبلة (7.192 كم)، وبلغت مساحة المناطق المخدومة في شبكة المياه (20 كم^2)، وهو ما يمثل (32.3%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة (62 كم^2)، بينما بلغت مساحة المناطق غير المخدومة (42 كم^2)، وهو ما يُعادل (67.7%)، وبلغ الطول الكلي لخطوط الضخ الرئيسة (14.31 كم)، بما نسبته (3.5%)، بينما بلغ طول الخطوط الناقلة الرئيسة رقم (1) (61.54 كم)، (15%)، في حين بلغ طول الخطوط الناقلة الفرعية رقم (2) (158.198 كم)، (38.8%)، وبلغ طول الخطوط الناقلة الثانوية رقم (3) (136.916 كم)، (33.5%)، أما طول خطوط الربط المباشر من الخطوط الساخنة (28.774 كم)، وهو ما يُعادل (7%).

– **دراسة (ناجي وغلاب، 2024)** بعنوان: تقييم مياه الشرب المباعة في مدينة إب في الفترة ما بين (2019–2023م)، يهدف هذا البحث إلى استخلاص التباين العددي، والنسبي بقيم كمية المياه المباعة، والمفقودة منها، فضلاً عن التحليل والتفسير للبيانات الرقمية لسجلات رصد كمية المياه المباعة، والمفقودة في مدينة إب خلال المدة ما بين (2019–2023م)، وخلص البحث إلى جملة من النتائج؛ أهمها: التزايد المستمر بقيم كميات المياه المباعة سنوياً في مدينة إب؛ إذ بلغت أكبر قيمة بكمية المياه المباعة في العام (2023م)،

(5,101,362 م^3/سنة)، ونسبة زيادة (138.3%)، في حين سُجلت أعلى قيمة لمتوسط نصيب الفرد اليومي من كمية المياه المباعة في العام (2022م)، (26 لتر يوم/فرد)، وبنسبة زيادة (124%)، كما رصدت أعلى نسبة زيادة بكمية فاقد المياه في مدينة إب في العام (2023م)؛ إذ بلغت (250%)؛ نتيجة لتزايد حجم الفاقد المائي خلال المدة ما بين (2019-2023م) من ما يُقارب (806,563 م^3/سنة) عام (2019م) إلى (2,018,779 م^3/سنة) عام (2023م)، وأظهرت هذه الدراسة أن المعدل العام لحصة الفرد من المياه المباعة حوالي (24 لتر/يوم)؛ وهو ما يُشير إلى ارتفاع فاقد المياه في أثناء مرحلة توزيع المياه على المشتركين؛ وهو ما يعني وجود أعطال أو كسور في شبكة توزيع مياه الشرب للمشتركين، ويمكن تحقيق التخفيض بنسب فاقد المياه في مدينة إب إلى (25%) على المدى الطويل في غضون (5) سنوات في المتوسط، وهو أمر مقبول من الناحية المالية والاستثمارية.

– **دراسة (ناجي وغلاب، 2024)** بعنوان: تحليل البيانات الرقمية لسجلات رصد كمية مياه الشرب المنتجة في مدينة إب للمدة ما بين (2019-2023م)، تهدف هذه الدراسة إلى استخلاص التباين العددي، والنسبي لآبار المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب، وبيان مقدار التباين بقيم كمية المياه المنتجة منها، فضلاً عن التحليل والتفسير للبيانات الرقمية لسجلات رصد كمية المياه المنتجة في مدينة إب خلال المدة ما بين (2019-2023م)، باستخدام المنهج التاريخي، والوصفي، والتحليلي، وقد خلصت الدراسة إلى جملة من النتائج؛ أهمها: بلغ عدد آبار المؤسسة غير العاملة (14 بئراً)، ممثلة ما نسبته (32%) من إجمالي (44 بئراً)، ورصدت أكبر قيمة بكمية المياه المنتجة من الآبار العاملة في العام (2023م)؛ إذ بلغت (7,120,141 م^3/سنة)؛ أي: ما نسبته (24%) من إجمالي كمية المياه المنتجة خلال المدة ما بين (2019-2023م)، البالغة (29,773,335 م^3/سنة)، بينما سُجلت أكبر قيمة للمتوسط اليومي لنصيب الفرد من المياه المنتجة في العام (2023م)؛ إذ بلغت (34 لتر/يوم فرد)، وبنسبة زيادة (132%) عن العام (2019م).

الدراسات السابقة الإقليمية:

– **دراسة (أبو راوي، 2017)**: الموسومة بـ التفكير مكانياً لحل مشكلة الكشف عن التسرب في شبكات المياه باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، حيث عرفت هذه الراسة

التفكير المكاني بأنه عبارة عن المهارة المستخدمة في الحياة اليومية بشكل عام من أجل حل المشاكل باستخدام مفاهيم المكان والتصور والاستدلال، وذلك من خلال وضع تصور لبنية العلاقات المكانية فيما بين الأشياء، من حيث المواقع والمسافات والاتجاهات والأشكال والأنماط، كما يمكننا من فهم وتحليل خصائص الأشياء والعلاقات بينها، وتعد مشكلة الكشف عن التسرب في شبكات توزيع المياه من المشاكل المعقدة نظراً لاختفاء مكان التسرب تحت سطح الأرض بطبيعته، ولكن إذا فكرنا في هذه المشكلة تفكيراً مكانياً وحاولنا أن نربط بين مكان التسرب وعلاقاته المكانية مع بعض الخصائص الأخرى المرتبطة به؛ فإن ذلك سيسهل إيجاد حل لهذه المشكلة، وفي هذه البحث تم التركيز على الجانب المكاني لمشكلة الكشف عن التسرب في شبكات المياه، ودراسة العلاقة بين مكان التسرب وبعض الخصائص المهمة المرتبطة به وصولاً إلى طريقة ناجحة وسهلة لحل المشكلة اعتماداً بالدرجة الأولى على استخدام نظام متكامل يحاكي التسرب من خلال تكامل نظام المعلومات الجغرافية مع أحد أنظمة النمذجة الهيدروليكية؛ إذ يقوم هذا النظام بإجراء مجموعة من السيناريوهات لغرض استنباط أسلوب جديد؛ لتحديد مكان التسرب في شبكات المياه، حيث سيسهم هذا الأسلوب بشكل كبير في تقليص التكلفة وزيادة مستوى الدقة مقارنة بالطرق والأساليب التقليدية المعروفة للكشف عن التسرب.

– **دراسة (أحمد، 2017)**: بعنوان التحليل المكاني لشبكات مياه الشرب بمدينة مرسى مطروح، هدفت هذه الدراسة إلى التحليل المكاني لشبكات المياه بمدينة مرسى مطروح، من خلال دراسة التوزيع الجغرافي لكل من محطات تنقية المياه، وشبكات توزيعها بالمدينة، فضلاً عن التحليلات المرتبطة بها وإيجاد الحلول المناسبة والعملية لمشكلات إنتاج وتوزيع المياه بالمدينة، وتوصلت الدراسة إلى جملة من النتائج أهمها: أثرت الطبوغرافية على تكلفة إنشاء خطوط نقل مياه الشرب، وعلى طبيعة التدفق فيها، بينما أثرت درجة الانحدار واتجاه الانحدار في توزيع الخزانات ومحطات الرفع والضخ، وبلغت كمية مياه الشرب المنتجة في مدينة مرسى مطروح (46629 م^3/يوم) عام (2015م)، وقد أمكن في هذه الدراسة استخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية على شبكات المياه بمدينة مرسي مطروح في تحديد أكثر مناطق فواقد الشبكات، فضلاً عن تحديد أفضل المواقع لبناء مراكز صيانة الشبكات بالمدينة، وأخيراً تحديد مواقع الكسر والعميل على الخريطة، وتحديد أفضل صمام غلق.

– **دراسة (الرومي وآخرون، 2010)**: الموسومة بـ تقييم شبكة مياه الشرب وعلاقتها بالنمو العمراني بمدينة كفر الشيخ، تناول هذا البحث شبكات مياه الشرب بمدينة كفر الشيخ من حيث تطورها وكفاءتها واتجاهات نموها، وأثر النمو العمراني على أدائها، ومدى كفاية الشبكة للمساحات المضافة عمرانياً، فضلاً عن تقييم ضخ (وصول) المياه للمشتركين في نواحي المدينة، وقد تم استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تقييم كفاءة الشبكة وفقاً لمعيار أن لكل موقع يقام عليه مسكن وصلة لشبكة مياه الشرب، وأيضاً لمعيار أنه يجب أن يطابق تشغيل محطة المياه وشبكة المواسير والخزانات العالية والأرضية المواصفات الفنية، علاوة على أن المشروع يهدف إلى وضع سيناريو كيفية إدارة مشكلة بالشبكة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية؛ مما يساعد في سرعة اتخاذ القرار في أسرع وأقل وقت.

– **دراسة (أبو شرخ وآخرون، 2015)**: إدارة شبكات توزيع المياه التي تصلها المياه بشكل متقطع باستخدام نظم المعلومات الجغرافية: حالة دراسية شبكة توزيع المياه لمدينة حلحول، والهدف الرئيس من هذا المشروع هو بحث السبل التي يمكن من خلالها استخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية كأداة فعالة لمساعدة المهندسين في مجال تصميم وإدارة شبكات توزيع المياه، التي لا تصلها المياه بشكل متواصل، وقد تم التركيز على مثل هذه الشبكات؛ لأن جميع شبكات توزيع المياه في فلسطين هي من النوع التي تصلها المياه بشكل متقطع، ويهدف هذا المشروع إلى تحقيق الهدف التالي: استخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية بوصفها أداة متكاملة في تجهيز البيانات المكانية الشاملة؛ لتصميم وإدارة نظم توزيع المياه في المناطق التي لا تصلها المياه بشكل مستمر، وكذلك يسلط هذا المشروع الضوء على كيفية استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تصميم وإدارة الأصول المادية لشبكات توزيع المياه.

أولاً: تحديد مناطق الضعف في شبكات مياه الشرب في مدينة إب باستخدام (GIS):

تُقدم تقنية نظم المعلومات الجغرافية تطبيقات تساعد متخذي القرار في تقييم حالة أنابيب ضخ وإسالة وتغذية مياه الشرب، وتحديد أكثر مناطق الضعف في شبكات مياه الشرب؛ بالاعتماد على قاعدة البيانات الجغرافية، التي تحتوي بيانات نقاط الضعف

(الانكسارات، التسربات)، وتحليل هذه البيانات؛ اعتماداً على بيانات مادة صنع الأنابيب وأقطارها، فضلاً عن التنبؤ المستقبلي بها.

1.تصميم وبناء قاعدة البيانات الجغرافية لحالات الكسر في أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب:

من خلال تصميم وبناء قاعدة البيانات الجغرافية لمناطق الضعف، المتمثلة بشكل رئيس بمواقع حدوث الانكسارات في أنابيب الضخ والتوزيع في شبكات مياه الشرب في مدينة إب، التي لديها بعد جغرافي؛ أي: تتوزع وفقاً لنظام إحداثيات؛ يمكن الحصول على العدد الكلي لحالات الانكسارات في الانابيب وتوزيعها المكاني، والحالات التي تم معالجاتها خلال المدة ما بين (2020-2023م)؛ كما هو مبين أدناه:

2.البيانات الرقمية لحالات الكسر في أنابيب شبكة مياه الشرب خلال المدة ما بين (2020-2023م):

الجدول (1) التباين العددي والنسبي لعدد حالات الكسر في أنابيب الشبكة للمدة ما بين (2020-2023م).

العام	إجمالي عدد حالات الكسر في الأنابيب التي تم معالجتها خلال المدة ما بين (2021-2023م) حسب أقطار الأنابيب										إجمالي عدد حالات الانكسار الأنابيب	النسبة %
	(6) أنش (150)ملم	(4) أنش (100)ملم	(3) أنش (75) ملم	(2.5) أنش (62.5) ملم	(2) أنش (50) ملم	(1.5) أنش (37.5) ملم	(1) أنش (25) ملم	(0.75) أنش (18.75)ملم	(1/2) أنش (12. 5)ملم			
2020م	6	0	6	0	8	70	145	181	235		651	19.2
2021م	0	20	38	0	46	46	200	192	349		891	26.3
2022م	0	6	32	12	26	64	158	267	220		785	23.2
2023م	0	0	32	0	116	31	275	307	296		1057	31.2
الإجمالي	6	26	108	12	196	211	778	947	1100		3,384	100
النسبة %	**0.1**	**0.7**	**3**	**0.3**	**5.7**	**6.2**	**23**	**28**	**33**		**100**	

المصدر: الباحثان، اعتماداً على المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، (2020-2023م).

(*) أنش وحدة قياس أقطار أنابيب المياه، تستخدمها المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، (1 أنش = 25 ملم).

من خلال الجدول (1) السابق، الخاص بعدد حالات الكسر التي تم معالجتها في أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب خلال المدة ما بين (2020-2023م)، بلغت عدد حالات الكسر في أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب حوالي (3,384) حالة كسر، وقعت على مدى (4) سنوات خلال المدة ما بين (2020-2023م).

3.التوزيع المكاني لحالات الكسر في أنابيب شبكة مياه الشرب خلال المدة ما بين (2020–2023م):

في ضوء التحليل والتفسير للتباين العددي والنسبي للتوزيع المكاني لمواقع (التكسرات والتسربات) التي حدثت في أنابيب شبكات مياه الشرب في مديريات مدينة إب خلال المدة ما بين (2020–2023م)، كما هو مبين في الجدول (2) أدناه؛ يتضح أن حالات حدوث كسر الأنابيب المرصودة، التي تمت معالجتها في المناطق المخدومة في شبكات مياه الشرب التابعة للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب في كل من المديريات الآتية: المشنة، والظهار، وجبلة قد بلغت حوالي (3,384) حالة كسر، وارتفاع عدد حالات الكسر في أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب يؤشر بشكل عام إلى انتهاء العمر الافتراضي لأنابيب شبكات مياه الشرب القديمة؛ إذ يتراوح عمرها حوالي (37) سنة، منذ بداية إنشائها عام (1987م).

في ضوء التباين العددي والنسبي للتوزيع المكاني لحدوث حالات كسر أنابيب شبكة مياه الشرب في مديريات مدينة إب خلال المدة ما بين (2020–2023م)، المبينة في الجدول (2) أدناه؛ لوحظ أن مديرية المشنة احتلت المرتبة الأولى بأكبر عدد لحالات كسر أنابيب شبكات مياه الشرب؛ إذ بلغت حوالي (1,691) حالة كسر؛ أي: ما يعادل (50%) من إجمالي حالات الانكسارات؛ ويعود سبب ارتفاع حالات كسر الأنابيب في مديرية المشنة إلى ارتفاع كثافة خطوط الإسالة والتوزيع؛ نتيجة للكثافة السكانية المتزايدة باستمرار في مديرية المشنة، فضلاً عن تلف شبكات مياه الشرب فيها وقدمها، بينما احتلت المرتبة الثانية من حيث عدد حالات الكسر مديرية الظهار؛ إذ بلغت حوالي (1,602) حالة كسر؛ وهو ما يعادل (47.3%)، في حين جاءت المناطق المخدومة في خدمة توصيل المياه، التابعة لمديرية جبلة في المرتبة الثالثة؛ إذ رصدت حوالي (91) حالة كسر فقط، بما نسبته (2.7%)؛ نتيجة لانخفاض كثافة الشبكة، وقلة عدد المشتركين بخدمة توصيل مياه الشرب من شبكات مياه المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب.

الجدول (2) التباين العددي والنسبي لحالات الكسر في أنابيب الشبكة خلال المدة ما بين (2020–2023م).

العام	مديرية المشنة		مديرية الظهار		مديرية جبلة		الإجمالي	النسبة %
	عدد حالات الكسر	النسبة %	عدد حالات الكسر	النسبة %	عدد حالات الكسر	النسبة %		
2020م	264	40.5	370	56.8	17	2.7	651	19.2
2021م	428	48	428	48	35	4	891	26.3
2022م	403	51.3	363	46.3	19	2.4	785	23.2
2023م	596	56.4	441	41.7	20	1.9	651	31.2
الإجمالي	1,691	50	1,602	47.3	91	2.7	3,384	100

المصدر: الباحثان، اعتماداً على تقارير المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، (2020–2023م).

4.تحليل أعمار حالات الكسر في أنابيب شبكة المياه في مدينة إب للمدة ما بين (2020–2023م):

تحديد أعمار حالات الكسر في أنابيب شبكة مياه الشرب له أهمية بالغة في مراقبة سلوك حالات الكسور وتكرارها، فضلاً عن التنبؤ المستقبلي بأماكن حدوثها، وفي ضوء تحليل أعمار حالات كسر أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب خلال المدة ما بين (2020–2023م)، المبينة أدناه في الجدول (3)؛ يتضح أن عدد الانكسارات التي حدثت لأنابيب شبكات مياه الشرب، وتم معالجتها عام (2023م) بلغت حوالي (1,057) حالة كسر؛ أي: ما نسبته (31.2%)؛ وبشكل عام يدل ارتفاع عدد حالات حدوث الانكسارات في الأنابيب على التدهور الكبير الحاصل في أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب.

الجدول (3) التباين العددي والنسبي لأعمار حالات الكسر في أنابيب شبكة المياه خلال المدة ما بين (2020–2023م).

العام	عدد الانكسارات	النسبة %
2020م	651	19.2
2021م	891	26.3
2022م	785	23.2
2023م	1,057	31.2
الإجمالي	**3,384**	**100**

المصدر: الباحثان، اعتماداً على تقارير المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، (2020–2023م).

5.تحليل أقطار أنابيب حالات الكسر في الأنابيب خلال المدة ما بين (2020–2023م):

في ضوء تحليل تصنيف حالات حدوث الانكسارات في أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب خلال المدة ما بين (2020–2023م) حسب أقطار الأنابيب؛ لمحاولة إيجاد العلاقة فيما بينها، من خلال الجدول (4) أدناه؛ تبين أن أعلى حالات الكسر تحدث في أنابيب المياه ذات الأقطار (12.5 ملم) (0.5 أنش)، وتمثل ما نسبته (33%) من إجمالي حالات الانكسارات، تليها الأنابيب ذات الأقطار (18.75 ملم) (0.75 أنش)، وبنسبة (28%)، بينما بلغت نسبة الانكسارات في الأنابيب ذات القطر (25 ملم) (1 أنش) (23%)، ويعود السبب في ارتفاع نسب حالات حدوث الكسر لكل من الأنابيب ذات الأقطار (12.5 ملم)، (18.75 ملم)، (25 ملم) إلى أن تلك الأنابيب مستخدمة بكثرة في خطوط التوزيع الفرعية والركزات والوصلات المنزلية، ومعرضة دائماً إلى الانكسار؛ لقربها من سطح الأرض أو لوجودها فوق السطح، أو لوجودها في جوانب الشوارع والطرق، التي دائماً ما يحدث فيها أعمال رصف جديدة أو عمليات صيانة للرصف القديم المتآكل.

الجدول (4) التباين العددي والنسبي لأقطار أنابيب حالات الكسر خلال المدة ما بين (2020–2023م) وفقاً لتصنيف المؤسسة لأقطار الأنابيب .

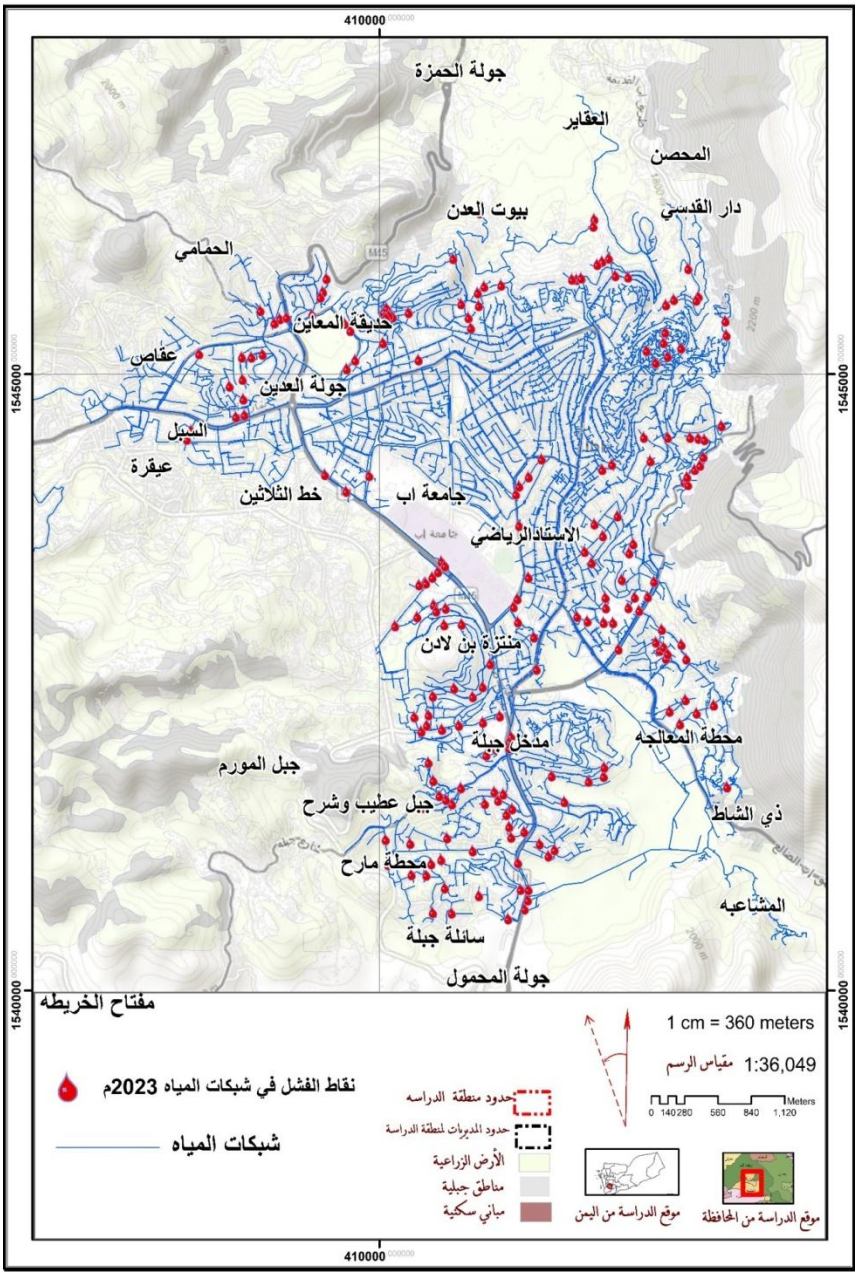
أقطار أنابيب حالات الكسر	عدد حالات الكسر	النسبة %
(150 ملم = (6 أنش	6	0.1
(100 ملم = (4 أنش	26	0.7
(75 ملم = (3 أنش	108	3
(62.5 ملم = (2.5 أنش	12	0.3
(50 ملم = (2 أنش	196	5.7
(37.5 ملم = (1.5 أنش	211	6.2
(25 ملم = (1 أنش	778	23
(18.75 ملم = (0.75 أنش	947	28
(12.5 ملم = (0.5 أنش	1100	33
الإجمالي	**3,384**	**100**

المصدر: الباحثان، اعتماداً على تقارير المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، (2020–2023م).

6.التوزيع المكاني لمواقع حدوث الانكسارات في أنابيب شبكة مياه الشرب عام (2023م):

تم في هذه الدراسة تصميم قاعدة البيانات الجغرافية لحالات الكسر في أنابيب الشبكة لعام (2023م)؛ إذ بلغت عام (2023م) حوالي (1,057) حالة كسر، تحتل المناطق الشرقية، الجنوبية الشرقية، والجنوبية لمدينة إب المرتبة الأولى من حيث عدد حالات الكسر، وتأتي بعدها أطراف المناطق الشمالية والمناطق الشمالية الشرقية، والمناطق الشمالية الغربية في عدد حالات الكسر، وأخيراً أقل حالات الكسر وجدت في منطقة وسط المدينة خاصة صلبة السيدة أروى وما جاور جامعة إب، كما هو مبين في الشكل (2) أدناه، الخاص بخارطة التوزيع المكاني لمواقع حدوث كسر الأنابيب التي تم معالجتها عام (2023م). وتجدر الإشارة إلى أن من أهم العوامل والخصائص المؤثرة في تحديد معدلات حدوث كسر في أنابيب شبكات توزيع المياه ما يأتي: المتغيرات البيئية، الخصائص الهيكلية للأنابيب، مثل: قطر الأنبوب، سمك جدار الأنبوب، مادة صنع الأنبوب، الخصائص الهيدروليكية للأنابيب، مثل: استمرارية الجريان، ضغط المياه في الأنبوب، سرعة المياه في الأنبوب، الأحمال الخارجية، خصائص المطر، وأخيراً خصائص التربة والتأثر بحموضة التربة أو بقلويتها (أحمد، 2017، ص 107).

الشكل (2) خارطة التوزيع المكاني لمواقع حدوث الانكسارات
في أنابيب شبكة المياه عام (2023م).



المصدر: الباحثان، باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

ثانياً: تحديد أفضل المواقع لبناء مراكز صيانة لشبكات مياه الشرب في مدينة إب باستخدام (GIS):

1. المركز الحالي لصيانة شبكات مياه الشرب في مدينة إب وأهمية اقتراح مواقع لبناء مراكز صيانة:

من خلال النزول الميداني؛ تبين أن هناك مركز صيانة واحد فقط تابع للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي في محافظة إب، يخدم إجمالي مساحة منطقة الدراسة (الحيز العمراني المستغل والمخدوم في شبكات مياه الشرب في مدينة إب، التابعة للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب) البالغة (62 كم^2)، في كل من مديرية المشنة، ومديرية الظهار، وبعض المناطق التابعة لكلاً من مديريتي جبلة وريف إب؛ ولأن المدينة توجد فيها مناطق ذات كثافة عالية في شبكات توزيع مياه الشرب بعيدة عن مركز الصيانة المركزي؛ فمثلاً: مناطق مديرية الظهار (السبل، المكعدد، عيقرة،، والخط الدائري الغربي)، الواقعة في الجهة الغربية والجنوبية الغربية لمدينة إب، وأيضاً مناطق في مديرية المشنة (الخط الدائري الشرقي، ومناطق الجباجب، وأكمة عيسى)، وكذلك مناطق سائلة جبلة؛ وجميع تلك المناطق تبعد عن مركز الصيانة المركزي الوحيد، الكائن في المقر الرئيس للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي في منطقة وادي ميتم في الجنوب الشرقي لمدينة إب بحدود (7-10 كم)؛ وهو ما يؤدي إلى تأخر وصول فريق صيانة الشبكة إلى تلك المناطق في حالة حدوث مشاكل أو أعطال فيها.

2. تحديد معايير اختيار أفضل المواقع لبناء مراكز صيانة لشبكات مياه الشرب:

تم في هذا المشروع تحديد ووضع معايير معلوماتية، تتوافق مع واقع الحال لشبكات مياه الشرب في مدينة إب، فضلاً عن مراعاة جيومورفولوجية (الطبوغرافية والتضاريسية) مدينة إب، إلى جانب مراعاة ظاهرة الزحف والتوسع العمراني والكثافة السكانية المتزايدة التي تشهدها مدينة إب، وبناءً على ذلك تم تحديد المعايير الملائمة؛ لتحديد واختيار المواقع الأفضل والأنسب لبناء مراكز صيانة شبكات مياه الشرب في مدينة إب، كما هو موضح في الجدول (5) أدناه:

الجدول (5) المعايير المعلوماتية لاختيار الموقع الأفضل والأنسب لبناء مراكز الصيانة.

المعايير	النسبة %
أقرب للمناطق ذات الكثافة العالية بشبكات توزيع مياه الشرب في مدينة إب	25
أبعد ما تكون عن المركز الرئيس لصيانة شبكات توزيع مياه الشرب في مدينة إب	20
أقرب لمناطق التوسعة الحالية والمستقبلية لشبكات توزيع مياه الشرب في مدينة إب	20
أن تكون بموقع يلاءم جيومورفولوجية (طبوغرافية وتضاريسية) مدينة إب	10
أن تكون مساحة المنطقة التي يقع فيها الموقع المقترح تناسب مساحة الحيز العمراني المستغل في مدينة إب	15
أن تكون ملكية أرض الموقع عائدة للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي في محافظة إب	10
النسبة المئوية للموقع الأفضل والأنسب لبناء مركز صيانة لشبكات توزيع مياه الشرب في مدينة إب	100

المصدر: الباحثان، اعتماداً على الدراسة الميدانية.

3.بناء النموذج الخاص باختيار أفضل المواقع لبناء مراكز الصيانة باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8):

بالاستعانة بمعايير اختيار أفضل وأنسب لبناء مراكز صيانة لشبكات مياه الشرب في مدينة إب، الموضحة في الجدول (5) السابق؛ تم تحديد الطبقات المستخدمة في بناء نموذج اختيار الموقع الأفضل والأنسب لبناء مراكز صيانة، باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8)، الطبقات المستخدمة في بناء النموذج مبينة في الجدول (6) أدناه:

الجدول (6) الطبقات المستخدمة في بناء نموذج اختيار الموقع الأفضل لبناء مراكز الصيانة لشبكات المياه في مدينة إب، باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

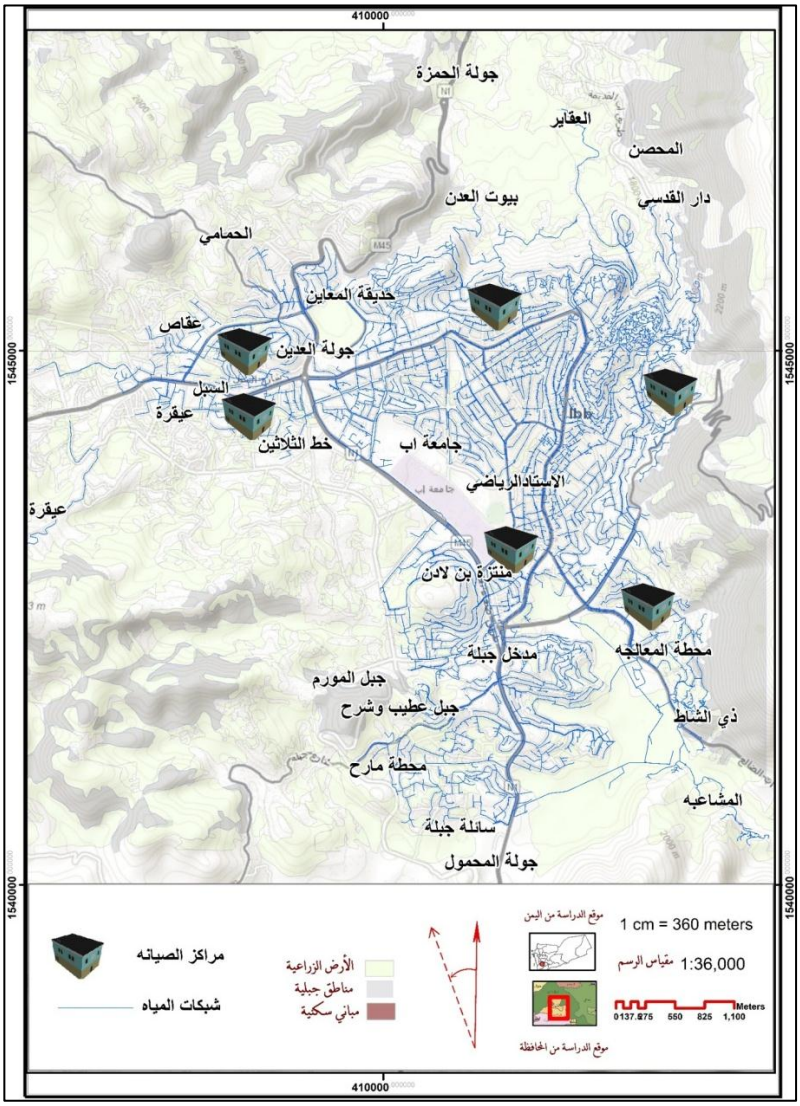
التسلسل	الطبقات المستخدمة في بناء النموذج
1	طبقة المركز الرئيس لصيانة شبكات توزيع مياه الشرب في مدينة إب
2	طبقة تضاريس وطبوغرافية مدينة إب
3	طبقة استخدامات الأرض لمدينة إب
4	طبقة الحيز العمراني المستغل في مدينة إب
5	طبقة التوسع العمراني المستقبلي لمدينة إب
6	طبقة التوزيع المكاني لأنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب

المصدر: الباحثان.

4.التوزيع المكاني للمواقع المقترحة لبناء مراكز صيانة شبكة المياه في مدينة إب:

في ضوء ما سبق؛ وباستخدام برنامج (Arc GIS 10.8) تم إعداد خارطة التوزيع المكاني للمواقع المقترحة لبناء مراكز صيانة لشبكات مياه الشرب في مدينة إب، الموضحة في الشكل (3) أدناه، وفيما يأتي أهم خصائص المواقع المقترحة لبناء مراكز صيانة فيها:

الشكل (3) خارطة التوزيع المكاني للمواقع المقترحة لبناء مراكز صيانة لشبكة المياه في مدينة إب.



المصدر: الباحثان، اعتماداً على الجدولين (5 & 6)، باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

5.تحليل خصائص المواقع المقترحة لبناء مراكز الصيانة:

وفي ضوء التحليل والتفسير للشكل (3) السابق؛ تم تحديد أفضل المواقع وأنسبها لبناء مراكز صيانة لشبكات مياه الشرب في مدينة إب، وفقاً للمعايير معلوماتية الموضحة سابقاً في الجدول (5)؛ وعليه: توصلت خطوات دراسة اختيار الموقع الأفضل لبناء مراكز صيانة لشبكات مياه الشرب في مدينة إب إلى النتائج الآتية: تقترح هذه الدراسة (5) مواقع لبناء مراكز صيانة لشبكات مياه الشرب في مدينة إب، كما هو مبين في الجدول (7) أدناه، مع بيان لمناطق المواقع المقترحة، والأراض المقترحة التي سوف يتم فيها إنشاء مراكز صيانة تابعة للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي في محافظة إب، وأيضاً نسبة الحيز العمراني المخدوم في شبكات توزيع مياه الشرب والمستفيد من مركز الصيانة المقترح، وفيما يأتي تفصيل وبيان خصائص ومميزات مراكز الصيانة المقترحة:

الجدول (7) خصائص المواقع المقترحة كأفضل وأنسب المواقع لبناء مراكز صيانة شبكة المياه في مدينة إب.

اسم مركز الصيانة المقترح	الموقع (المنطقة والمديرية)	أرضية مركز الصيانة المقترح ضمن ملكية للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي إب	نسبة مساحة الحيز العمراني المستغل بشبكات توزيع المياه والمستفيدة من المركز المقترح
مركز صيانة جبل المعقبة	جبل المعقبة مديرية المشنة	أرض ملك للمؤسسة، بجانب خزان جبل المعقبة	50% من مساحة مديرية المشنة
مركز صيانة فيات	سوق الجبري مديرية الظهار	أرض ملك للمؤسسة، ساحة بئر فيات	50% من مساحة مديرية المشنة
مركز صيانة شارع (16) محطة السلام بئر السبل القديم	السبل شارع (16) مديرية الظهار	أرض ملك للمؤسسة، موقع بئر السبل القديم رقم (25)	40% من مساحة مديرية الظهار
مركز صيانة كاحب	منطقة كاحب مديرية الظهار	أرض ملك للمؤسسة، بئر كاحب رقم (19)	20% من مساحة مديرية الظهار
مركز صيانة الصلبة	جوار جامعة إب والأستاذ الرياضي مديرية الظهار	أرض ملك للمؤسسة، ساحة بئر الصلبة رقم (15)	40% من مساحة مديرية الظهار

المصدر: الباحثان، اعتماداً على الجدولان (5 & 6)، وعلى الشكل (3).

1.5.خصائص مركز صيانة جبل المعقبة المقترح:

يُعَدُّ أفضل وأنسب مراكز الصيانة المقترحة للأسباب الآتية:

1- موقعة في منطقة مرتفعة ذات منحدرات جبلية عالية، التي تنتشر فيها بكثافة عالية خطوط الإسالة والتوزيع وخطوط الضخ الرئيسة الداخلة لخزان جبل المعقبة الرئيس لمدينة إب.

2- يخدم المركز المقترح ما نسبته (50%) من مساحة الحيز العمراني المستغل والمخدوم بشبكات توزيع مياه الشرب من مديرية المشنة.

3- يخدم المركز المقترح أولاً صيانة خزان جبل المعقبة الرئيس، وثانياً صيانة خطوط الضخ والإسالة والتوزيع في محيط خزان جبل المعقبة وصولاً إلى خليج سرت.

4-أرضية بناء مركز الصيانة المقترح هي أرضية خزان جبل المعقبة، التي تعود ملكيتها للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي في محافظة إب.

5-أهميته الكبيرة في خدمة أحياء ذات كثافة عالية بشبكات توزيع مياه الشرب، مثل: مدينة إب القديمة، أحياء الجبانة العليا والوسطى، الشعاب، الأحياء القريبة والمحيطة بالسوق المركزي.

6- المسافة بين مركز صيانة جبل المعقبة المقترح ومركز الصيانة الرئيس والوحيد حوالي (8 كم).

2.5.خصائص مركز صيانة فيات المقترح:

يُعَدُّ من أفضل مراكز الصيانة المقترحة للأسباب الآتية:

1- موقعه في منطقة منخفضة الارتفاع، وموقعه قريب من موقع (10) آبار، ومنطقة تنتشر فيها بكثافة عالية خطوط الإسالة والتوزيع وخطوط الضخ الرئيسة من آبار وادي سائلة ميتم وجبلة ومن ساحة فيات.

2- يخدم المركز المقترح ما نسبته (50%) من مساحة الحيز العمراني المستغل والمخدوم بشبكات توزيع مياه الشرب من مديرية المشنة.

3- يخدم المركز المقترح أولاً صيانة مصادر التغذية، وثانياً صيانة خطوط الضخ والإسالة والتوزيع.

4- أرضية بناء مركز الصيانة المقترح هي أرضية ملك المؤسسة.

5- موقعه المستقبلي في خدمة المناطق التي يحدث فيها توسع عمراني متزايد (الجنوب الشرقي لمدينة إب)، وأيضاً توسع شبكات توزيع مياه الشرب.

6- أهميته الكبيرة في خدمة أحياء ذات كثافة عالية بشبكات توزيع مياه الشرب، مثل: أحياء خط بعدان، مستشفى المجد، الجوازات، القريات، منزل الراعية، دار الشرف، مفرق جبلة، الدحثات، أكمة عيسى، سائلة جبلة.

3.5.خصائص مركز شارع (16) بئر السبل القديم رقم (25) المقترح:

يُعد من أفضل وأنسب مراكز الصيانة المقترحة للأسباب الآتية:

1- موقعه في منطقة بسيطة الارتفاع، تنتشر فيها بكثافة عاليــة خطــوط شبكات توزيع مياه

الشرب، ويوجد فيها حوالي (5) آبار تابعة للمؤسسة، تضخ مباشرة إلى شبكات توزيع مياه الشرب.

2- يخدم المركز المقترح ما نسبته (40%) من مساحة الحيز العمراني المستغل والمخدوم بشبكات توزيع مياه الشرب من مديرية الظهار.

3- موقعه المستقبلي في خدمة المناطق التي تحدث فيها توسع عمراني متزايد، وأيضاً توسع شبكات توزيع مياه الشرب.

4- أهميته الكبيرة في خدمة أحياء ذات كثافة عالية بشبكات توزيع مياه الشرب، مثل: أحياء السبل، أحياء الخط الدائري الغربي، أحياء عيقرة وقحزة، والأحياء المحيطة بجولة العدين صنعاء.

5- أرضية بناء مركز الصيانة المقترح هي أرضية تابعة لبئر السبل القديم رقم (25)، وتعود ملكيتها للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي في محافظة إب.

6- المسافة بين مركز شارع (16) بئر السبل القديم رقم (25) المقترح، ومركز الصيانة الرئيس حوالي (12 كم).

4.5.خصائص مركز صيانة كاحب المقترح:

وهو من أفضل مراكز الصيانة المقترحة للأسباب الآتية:

1- موقعه في منطقة متوسطة الارتفاع، التي تنتشر فيها بكثافة عالية شبكات توزيع مياه الشرب.

2- يخدم المركز المقترح ما نسبته (20%) من مساحة الحيز العمراني المستغل والمخدوم بشبكات توزيع مياه الشرب من مديرية الظهار.

3- موقعه المستقبلي في خدمة المناطق التي تحدث فيها توسع عمراني متزايد، وأيضاً توسع شبكات توزيع مياه الشرب.

4- أهميته الكبيرة في خدمة أحياء ذات كثافة عالية بشبكات توزيع مياه الشرب، مثل: أحياء المحيطة بقرية المعاين، أحياء محيطة بالخط الدائري صنعاء، منطقة الحمامي ومنطقة كاحب.

5- أرضية بناء مركز الصيانة المقترح هي أرضية تابعة لبئر كاحب رقم (19)، وتعود ملكيتها للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي في محافظة إب.

6- المسافة بين مركز صيانة بئر كاحب رقم (19) المقترح ومركز الصيانة الرئيس حوالي (12 كم).

5.5.خصائص مركز صيانة الصلبة المقترح:

يُعدُّ من المراكز الجيدة والمقترحة للأسباب الآتية:

1- موقعه في منطقة منخفضة الارتفاع، وسط مدينة إب، وتنتشر فيها بكثافة عالية شبكات توزيع مياه الشرب.

2- يخدم المركز المقترح ما نسبته (40%) من مساحة الحيز العمراني المستغل والمخدوم بشبكات توزيع مياه الشرب من مديرية الظهار.

3- يخدم المركز المقترح أولاً صيانة مصادر التغذية القريبة من المركز (بئر الملعب، بئر الصلبة، بئر المشتل، بئر كندي، وثانياً صيانة خطوط الضخ والإسالة والتوزيع.

4- أرضية بناء مركز الصيانة المقترح هي أرضية ساحة بئر الصلبة رقم (15) ملك المؤسسة.

5- أهميته الكبيرة في خدمة أحياء ذات كثافة عالية بشبكات توزيع مياه الشرب، مثل: أحياء جامعة إب، الصلبة، الظهرة، شارع تعز، مفرق ميتم، مثلث المواصلات، الملكة أروى، مستشفى الكندي، ظمران، الأحياء القريبة من الخط الدائري، الظهار سوق القات.

6- المسافة بين مركز صيانة الصلبة المقترح ومركز الصيانة الرئيس حوالي (5 كم).

النتائج:

توصلت الدراسة الحالية إلى عدد من النتائج، أهمها:

1- حالات حدوث كسر في أنابيب شبكات مياه الشرب، المرصودة خلال المدة (2020-2023)، التي تمت معالجتها في المناطق المخدومة في شبكات مياه الشرب في مدينة إب في كل من المديريات الآتية: مديرية المشنة، ومديرية الظهار، ومديرية جبلة بلغت حوالي (3,384) حالة كسر، وارتفاع عدد حالات الكسر في الأنابيب؛ يؤشر بشكل عام إلى انتهاء العمر الافتراضي لأنابيب شبكات مياه الشرب القديمة؛ إذ يتراوح عمرها حوالي (37) سنة، منذ بداية إنشائها عام (1987م).

2- عدد حالات الكسر في أنابيب شبكات مياه الشرب، التي تم معالجتها في عام (2023م) بلغت حوالي (1,057) حالة كسر؛ أي: ما نسبته (31.2%) من إجمالي حالات الكسر، البالغة (3,384) حالة.

3- عبر التحليل المكاني للتباين العددي والنسبي للتوزيع المكاني لمواقع حدوث الكسر في أنابيب شبكة مياه الشرب في منطقة الدراسة خلال المدة ما بين (2020-2023م)؛ لوحظ أن مديرية المشنة احتلت المرتبة الأولى بأكبر عدد لحالات حدوث كسر في أنابيب الشبكة؛ إذ بلغت حوالي (1,691) حالة كسر؛ أي: ما يعادل (50%)؛ ويعود السبب إلى ارتفاع كثافة خطوط الإسالة والتوزيع في مديرية المشنة، بينما جاءت مديرية الظهار في المرتبة الثانية؛ إذ بلغ عدد حالات الكسر في الأنابيب حوالي (1,602) حالة كسر، ما نسبته (47.3%) من إجمالي الانكسارات، البالغة حوالي (3,384) حالة كسر، كما لوحظ أعلى حالات الكسر حدثت في الأنابيب ذات القطر (12 ملم)، وبنسبة (33%)، تليها الأنابيب ذات القطر (20 ملم)، وبنسبة (28%)، ومن ثم الأنابيب ذات القطر (25 ملم)، وبنسبة (23%).

4- يعود السبب في ارتفاع نسب حدوث حالات الكسر لكل من الأنابيب ذات الأقطار (12.5 ملم)، (18.75 ملم)، (25 ملم) إلى أن تلك الأنابيب مستخدمة بكثرة في خطوط التوزيع الفرعية والركزات والوصلات المنزلية، ومعرضة دائماً إلى الانكسار؛ لقربها من سطح الأرض أو لوجودها فوق السطح، أو لوجودها في جوانب الشوارع والطرق، التي دائماً ما يحدث فيها أعمال رصف جديدة أو عمليات صيانة للرصف القديم المتآكل

5- عند تطبيق مشروع تحديد مواقع مقترحة لبناء مراكز صيانة لشبكات مياه الشرب في مدينة إب باستخدام نظم المعلومات الجغرافية؛ تم اقتراح أفضل (5) مواقع، وفقاً للمعايير المصممة لاختيار أفضل المواقع لبناء تلك المراكز، والمواقع المقترحة، هي: مركز صيانة جبل المعقبة، ومركز صيانة فيات، ومركز صيانة شارع (16) بئر السبل القديم رقم (25)، ومركز صيانة كاحب، وأخيراً مركز صيانة الصلبة.

التوصيات:

توصي الدراسة بما يأتي:

1- نتيجة لانتهاء العمر الافتراضي لأنابيب شبكات مياه الشرب القديمة؛ إذ يتراوح عمرها حوالي (37) سنة، منذ بداية إنشائها عام (1987م)؛ فعلى المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب العمل على: أعادة التأهيل، والصيانة، والاستبدال

لشبكات مياه الشرب التالفة والقديمة، مع مراعاة توسعة أقطار الأنابيب بما يتناسب مع كمية المياه المنتجة، والنمو السكاني والعمراني في المناطق المستهدفة بعملية التأهيل والصيانة، مع مراعاة أن تكون الشبكات الجديدة ظاهرة على السطح حسب طبيعة المنطقة؛ لسرعة معالجة أي فاقد بمياه الشرب.

2- على المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب العمل الفوري بعملية أعادة التأهيل، والصيانة لأنابيب المياه في جميع مناطق مديرية المشنة؛ لانتهاء العمر الافتراضي للأنابيب في تلك المديرية.

3- عند توافر الإمكانيات اللازمة لبناء مركز صيانة جديد توصي الدراسة المؤسسة البدا أولاً في إنشاء مركز صيانة جبل المعقبة المقترح؛ لأنه سوف يخدم (50%) من مساحة مديرية المشنة، وثم مركز صيانة شارع (16) بئر السبل القديم رقم (25) المقترح؛ لأنه سوف يخدم (40%) من مساحة مديرية الظهار.

المصادر والمراجع:

- أبو شرخ، ماجد وأبو الرب، محمد وولد علي، أبراهيم، (2015): **إدارة شبكات توزيع المياه التي تصلها المياه بشكل متقطع باستخدام نظم المعلومات الجغرافية: حالة دراسية شبكة توزيع المياه لمدينة حلحول**، مجلة جامعة الأنبار للعلوم الإنسانية، جامعة الأنبار، كلية التربية للعلوم الإنسانية، الأنبار، العراق، المجلد/العدد (ع1).

- أبو راوي، صلاح معمر، (2017): **التفكير مكانياً لحل مشكلة الكشف عن التسرب في شبكات المياه باستخدام نظم المعلومات الجغرافية**، المؤتمر الدولي للتقنيات الجيومكانية، ليبيا جيوتك3، ليبيا.

- أحمد، عمرو السيد محمود، (2017): **التحليل المكاني لشبكات مياه الشرب بمدينة مرسى مطروح**، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، الإسكندرية، مصر.

- الرومي، أحمد محمد ويوسف، فاطمة إبراهيم وأمين، خلف دماج وعبدالنبي، خالد محمد ومحفوظ، شعبان حسين، (2010): **تقييم شبكة مياه الشرب وعلاقتها بالنمو العمراني بمدينة كفر الشيخ**، مجلة إيجي ماتيكس، القاهرة، مصر، العدد الأول، يناير (2010).

- الدراسة الميدانية، (2024): **النزول الميداني إلى مرافق شبكات مياه الشرب في مدينة إب، ومقر المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب، من تاريخ (2024/1/1م) إلى تاريخ (2024/7/30م)**.

- المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، (2020-2023م): **التقارير السنوية لإجمالي عدد التكسرات التي تم معالجتها وعدد الأنابيب المستخدمة في عمليات الصيانة والإحلال والتمديد للمدة ما بين (2020-2023م)**، (غير منشورة)، إدارة التشغيل والصيانة، إب، اليمن.

- كبارة، فوزي سعيد، (1997): **مقدمة في نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتها الحضرية والبيئية**، جدة، المملكة العربية السعودية.

- ناجي، عادل حمود وغلاب، علي محمد، (2024): **تقييم مياه الشرب المباعة والفاقد المائي في مدينة إب للفترة ما بين (2019-2023م)**، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية،

فرع الجمعية الجغرافية الليبية بالمنطقة الوسطى، جامعة سرت، سرت، ليبيا، المجلد (4)، العدد (2)، ص 207-234، (https://doi.org/10.37375/jlgs.v4i2.2846).

- ناجي، عادل حمود وغلاب، علي محمد، (2024): **تحليل البيانات الرقمية لسجلات رصد كمية مياه الشرب المنتجة في مدينة إب للمدة ما بين (2019-2023م)**، مجلة جامعة سرت للعلوم الإنسانية، جامعة سرت، كلية العلوم الإنسانية، سرت، ليبيا، المجلد (14)، العدد (1)، (https://doi.org/10.37375/sujh.v14i1.2789).

- ناجي، عادل حمود وغلاب، علي محمد، (2024): **التوزيع المكاني لأطوال أنابيب شبكة مياه الشرب وأقطارها في مدينة إب وفقاً لقاعدة البيانات الجغرافية المحدثة والمطورة للعام (2024م)**، مجلة جامعة البيضاء، البيضاء، اليمن، المجلد (6)، العدد (3).