التوزيع المكاني لأطوال أنابيب شبكة مياه الشرب وأقطارها في مدينة إب وفقاً لقاعدة البيانات الجغرافية المحدثة والمطورة للعام (2024م)

عادل حمود لطف ناجي[1]، علي محمد أحمد غلاب[2]
[1]قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة إب، اليمن
[2]المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي محافظة إب، إب، اليمن
joodtabark2021@gmail.com
a123qlib@gmail.com

الملخص

يهدف هذا البحث 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%)؛ إذ تتصدر مديرية المشنة في الاستحواذ على شبكات المياه من حيث الكثافة العالية لشبكة مياه الشرب؛ إذ بلغت نسبة أطوال الشبكة فيها (57.5%)، بينما بلغت نسبة أطوال الشبكة في مديرية الظهار (34%)، 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%)، ومن أبرز المشاكل التي تُعاني منها شبكة مياه الشرب، استخدام الخطوط الناقلة للمياه بوصفها خطوط توزيع في الوقت نفسه.

الكلمات المفتاحية: مياه الشرب، شبكة المياه، قاعدة البيانات الجغرافية، أنابيب، أطوال، أقطار، مدينة إب.

Spatial Distribution of Lengths and Diameters of Drinking Water Network Pipes in Ibb City according to the Updated and Developed Geographic Database in the Year (2024 AD)

Adel Hammood Lotf Nagi[1*], Ali Mohammed Khalab [2]
[1]Department of Geography and Geographical International System, College of Arts, Ibb University, Yemen
[2] Local Water and Sanitation Corporation of Ibb Governor, Yemen.

Abstract

This research aimed mainly to use GIS technology as an integrated tool in updating and developing the old geographic database for the lengths and diameters of drinking water network pipes in Ibb city. New data was added for pipes with a length of (64.472 km) in addition to merging and arranging the different pipe diameters, as well as merging all pipelines. Accordingly, the total length of drinking water network pipes in the updated and developed geographic database became (407.576 km). Finally, a modern and independent geographic database was designed for each water network for the directorates located within the framework of Ibb city water network. There are now (4) modern, independent geographic databases for the drinking water network for each of Al-Mashnah Directorate, with a total length of (234.16 km), Al-Dhahar Directorate, with a length of (138.933 km), Rif Ibb Directorate (27.291 km), and Jeblah Directorate (7.192 km). The area of the areas served by the water network reached (20 km^2), which represents (32.3%) of the total area of the study area (62 km^2), while the area of the unserved areas reached (42 km^2), which is equivalent to (67.7%); as Al-Mashnah Directorate leads in acquiring water networks in terms of the high density of the drinking water network; the percentage of network lengths in it reached (57.5%), while the percentage of network lengths in Al-Dhahar Directorate reached (34%), and the total length of the main pumping lines reached (14.31 km), at a rate of (3.5%), while the length of the main transmission lines No. (1) reached (61.54 km), (15%), while the length of the secondary transmission lines No. (2) reached (158.198 km), (38.8%), and the length of the secondary transmission lines No. (3) reached (136.916 km), (33.5%), while the length of the direct connection lines from the hot lines (28.774 km), which is equivalent to (7%), and one of the most prominent problems that the drinking water network suffers from is the use of water transmission lines as distribution lines at the same time.

Keywords: *drinking water, water network, geographic database, pipe, lengths, diameters, Ibb city.*

مقدمة:

هدفت الدراسة الحالية بشكل رئيس إلى استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) بوصفها أداة متكاملة في تحديث قاعدة البيانات الجغرافية وتطويرها لشبكات مياه الشرب في مدينة إب؛ إذ تعد نظم المعلومات الجغرافية (GIS) أحد الأدوات المهمة التي تستخدم لحل العديد من المشاكل المهمة التي لها علاقة بالتوزيع والتحليل المكاني، فضلاً عن أهميتها في عملية الحصر الدقيق للمعلومات المكانية والوصفية وتخزينها وتحديثها ومعالجتها وتحليلها؛ للوصول إلى نتائج تستهم في اتخاذ القرارات المناسبة لمتابعة البنية التحتية لشبكات المياه ومراقبتها، ومن أهم إسهامات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في مجال شبكات مياه الشرب في مدينة إب، التي تم تنفيذها في هذه الدراسة، إدخال البيانات المتكاملة لإجمالي أطوال وأقطار أنابيب شبكات مياه الشرب بما فيها بياناتها الرقمية والإحصائية خاصة المستخدمة في عمليات التوسعة، أو في عمليات الصيانة والإحلال والتحسين للأنابيب القديمة التالفة حسب أطوالها وأقطارها الصحيحة، والمضبوطة في المدة الزمنية الواقعة بين (1990-2024م)؛ بحيث أصبحت قاعدة البيانات الجغرافية المحدثة، والمطورة لشبكات مياه الشرب في مدينة إب سهلة القراءة والتتبع للشبكة، وكذلك أصبحت سهلة في تتبع حركة سريان المياه داخل الشبكة ومعرفة اتجاهها، فضلاً عن تتبع تفاصيل مراحل التطور التاريخي لشبكات مياه الشرب في مدينة إب.

مشكلة الدراسة:

تعد ندرة توافر التقارير والدراسات المتعلقة بتاريخ تطور شبكات مياه الشرب في مدينة إب وتوسعتها من أبرز المشكلات التي واجهت الباحثين؛ إذ تكاد تلو من المعلومات الوصفية، والمكانية الصحيحة والدقيقة، فضلاً عن عدم الاستعانة بمنهجية تكنولوجيا الجيومكانية المتكاملة في أثناء إعدادها، إلى جانب عدم توافر قاعدة البيانات الجغرافية المكتملة لجميع أجزاء مكونات شبكة مياه الشرب في مدينة إب، وعدم الاستفادة من القدرات العالية للتقنيات الحديثة بإدخال البيانات الإحصائية وتخزينها ومعالجتها، وسائر البيانات المتكاملة الخاصة بعمليات التوسعة في أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب، وفقاً لأقطار وأطوال الأنابيب، وتاريخ تنفيذها، بالإضافة إلى صعوبة تحديثها، وعدم تنسيقها وتبويبها بشكل يجعل الحصول على بيانات شبكات مياه الشرب في مدينة إب سهلاً؛ وهو ما أدى إلى صعوبة الاستفادة من قاعدة البيانات الجغرافية البسيطة لشبكات مياه الشرب في مدينة إب، فضلاً عن صعوبة معالجتها وإخراج المعلومات المكانية الدقيقة منها، وربطها بالمعلومات الوصفية، وفي ضوء ما سبق؛ فإن المشكلة الرئيسة في هذه الدراسة تكمن في تحديث قاعدة البيانات الجغرافية لشبكة مياه الشرب في مدينة إب وتطويرها من بداية نشأتها إلى الوقت الراهن، ويمكن صياغة المشاكل الفرعية عبر التساؤلات الآتية:

1-ما مراحل التطور التاريخي لشبكة مياه الشرب في مدينة إب؟.

2-ما خصائص التوزيع المكاني لأطوال وأقطار أنابيب شبكات مياه الشرب في منطقة الدراسة بشكل عام، وفي مناطق مدينة إب وفي مديرياتها بشكل خاص؟.

3-ما نسب المناطق المخدومة، وغير المخدومة في شبكات مياه الشرب في منطقة الدراسة؟.

4-ما أبرز الإشكاليات التي تُعاني منها شبكات مياه الشرب في مدينة إب؟.

أهداف الدراسة: تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق الآتي:

1-دراسة مراحل التطور التاريخي لشبكة مياه الشرب في مدينة إب.

2-تحديث قاعدة البيانات الجغرافية لأطوال وأقطار أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب وتطويرها؟

3-التعرف إلى خصائص التوزيع المكاني لأطوال وأقطار أنابيب شبكات مياه الشرب في منطقة الدراسة بشكل عام، وفي مناطق والمديريات مدينة إب بشكل خاص.

4-تحديد نسب المناطق المخدومة، وغير المخدومة في شبكات مياه الشرب في منطقة الدراسة.

5-استخلاص أبرز الإشكاليات التي تُعاني منها شبكات مياه الشرب في مدينة إب.

مبررات الدراسة وأهميتها: تنبع أهمية هذه الدراسة من تحديث قاعدة البيانات الجغرافية لشبكة مياه الشرب في مدينة إب وتطويرها؛ لتصبح قاعدة بيانات جغرافية متكاملة لجميع أطوال وأقطار أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب، فضلاً عن إدخال البيانات القديمة والناقصة لشبكة مياه الشرب لبعض مناطق مدينة إب وتخزينها، وتصحيح البيانات الرقمية لأقطار الأنابيب، فضلاً عن إدخال البيانات الرقمية والإحصائية لتفاصيل عمليات الإحلال، والصيانة، والتحسين للأنابيب القديمة والتالفة، إلى جانب ذلك إدخال البينات الرقمية لأطوال وأقطار أنابيب الشبكة المستخدمة في عمليات توسعة الشبكة، في المدة الزمنية ما بين (1990-2024م)، التي تسهم في مجال إدارة مشاكل شبكة مياه الشرب في مدينة إب.

منهجية الدراسة: في هذه الدراسة تم استخدام المنهج التاريخي؛ لتتبع تفاصيل التطور التاريخي لشبكات مياه الشرب في مدينة إب، وعمليات التوسعة في أطوال أنابيب الشبكة، فضلاً عن استخدام المنهج الوصفي؛ لوصف خصائص المكونات الرئيسة لشبكة ضخ مياه الشرب في مدينة إب وتوزيعها، ووصف توزيعها المكاني، فضلاً عن استخدام

المنهج التحليلي؛ لتحليل خصائص التوزيع المكاني وتفسيره لأطوال وأقطار أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب الرئيسية والفرعية والثانوية؛ اعتماداً على الدراسة الميدانية، وبالاستعانة بالتقنيات الحديثة والمتمثلة ببرنامج (Arc GIS 10.8)؛ لتحديث قاعدة البيانات الجغرافية الحديثة لأطوال وأقطار شبكة مياه الشرب في مدينة إب وتطويرها، منذ تأسيس الشبكة عام (1987م) وصولاً لعام (2024م)، بما في ذلك إدخال بيانات عمليات إحلال الأنابيب القديمة والتالفة، وعمليات التوسعة في شبكة مياه الشرب، وتخزينها.

أدوات الدراسة:

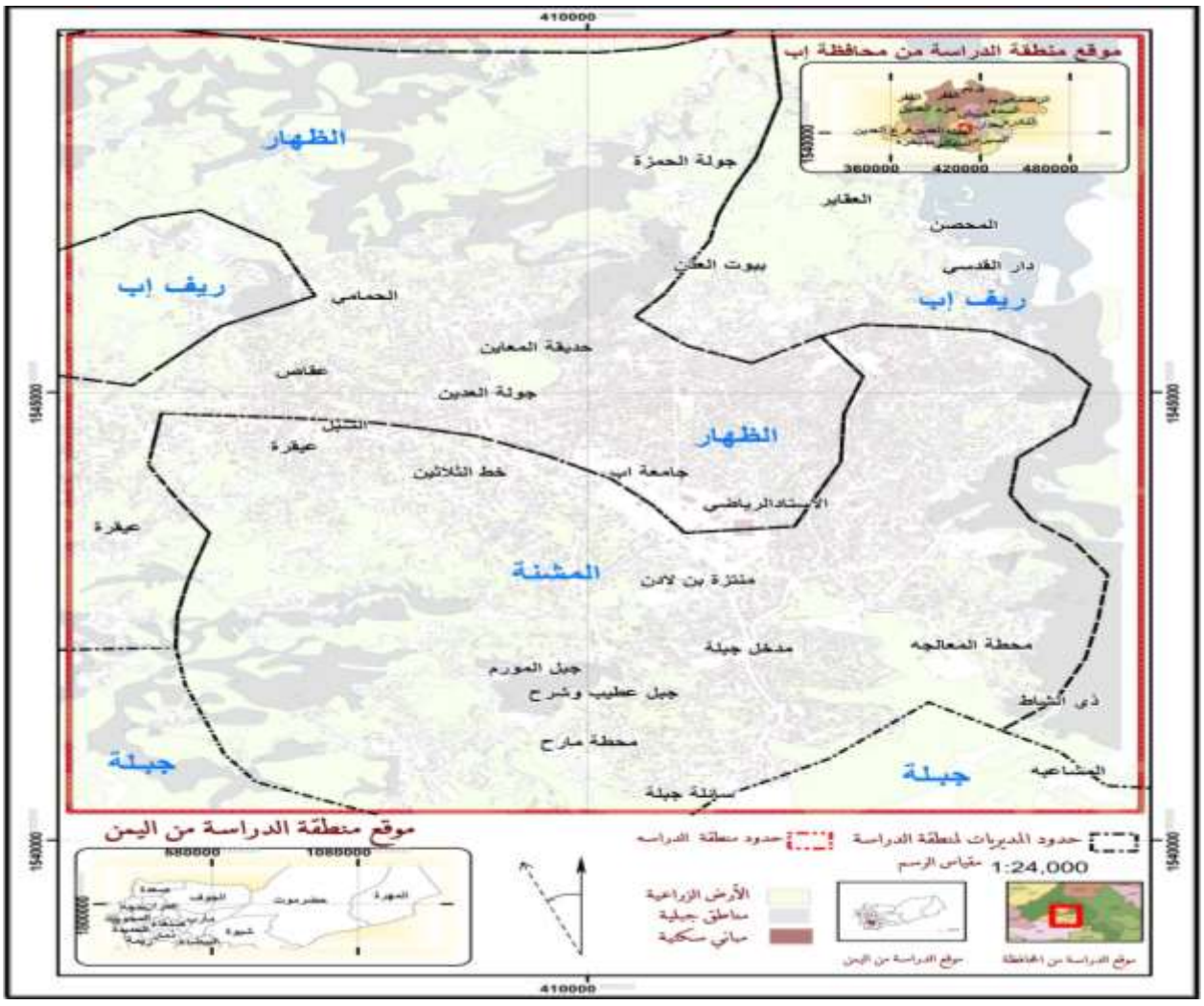
1-التقارير والوثائق المتعلقة بشبكة مياه الشرب في مدينة إب، المتوافرة لدى المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب.

2-النزول الميداني لمواقع مصادر مياه الشرب، فضلاً عن الزيارة الميدانية للمواقع المكانية لأنابيب خطوط الضخ والتوزيع في شبكات مياه الشرب، من تاريخ 2024/1/28م حتى تاريخ 2024/3/1م.

3-الاستعانة في تقنية برنامج (Arc GIS 10.8)، بغرض أعداد الخرائط الرقمية لمراحل التطور التاريخي لشبكة مياه الشرب في مدينة إب، فضلاً عن أعداد خرائط التوزيع المكاني لأطوال أنابيب وأقطار شبكة مياه الشرب.

4-نسخة من قاعدة البيانات الجغرافية غير المحدثة لشبكات مياه الشرب في مدينة إب، من إدارة (GIS) بالمؤسسة.

حدود الدراسة: مدينة إب مركز محافظة إب تقع في الوسط الجنوبي الغربي لليمن، وشبكات ضخ وتوزيع مياه الشرب في مدينة إب، ومصادر تغذيتها (آبار المياه الجوفية)، وخزانات التجميع، تتوزع في منطقة مساحتها بحدود (62 كم^2)؛ إذ تنتشر وتتواجد في المديريات الآتية: مديرية المشنة، بمعدل ما مساحته حوالي (23 كم^2)، وفي مناطق مديرية الظهار، ما مساحته (22 كم^2)، وأجزاء بسيطة من مديرية ريف إب، ما مساحته (13 كم^2)، وأخيراً تنتشر الشبكة في جزء بسيط من مناطق مديرية جبلة، ما مساحته حوالي (4 كم^2)؛ وعليه: فإن منطقة الدراسة تمتد، بين دائرتي عرض (154000)، (155000) شمالاً، وبين خطي طول (403000)، (412500) شرقاً، كما هو مبين في الشكل (1) أدناه.



الشكل (1): خارطة موقع منطقة الدراسة بالنسبة لليمن ولمديريات محافظة إب وأبرز معالمها.
المصدر: الباحثان، باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8.1).

الدراسات السابقة:

1-دراسة (ناجي وغلاب، 2024) بعنوان: **تقييم مياه الشرب المباعة في مدينة إب في الفترة ما بين (2019-2023م)**، وهدفت هذه الدراسة 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؛ إذ لوحظ ارتفاع المعدل العام لفاقد المياه (NRW) خلال المدة ما بين (2023-2019م) إلى (23%) من حجم الإنتاج المائي السنوي للفترة الزمنية (2019-2023م)، وارتفاع المعدل العام لفاقد المياه (UFW) إلى (30.2%) من حجم المياه المباعة خلال المدة ما بين (2019-2023م)، 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.

2-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)، وقد خلصت الدراسة إلى جملة من النتائج؛ أهمها: أن أعلى نسبة لكمية المياه المنتجة حصلت عليها كل من الآبار الآتية: بئر رقم (1)، وبئر شعب عماق رقم (7)، وبئر الصماد السبل رقم (31)، بنسبة (7%)؛ ويعود السبب الرئيس في زيادة كمية المياه المنتجة من الآبار السابقة الذكر، إلى ارتفاع مناسيب مياه تلك الآبار إلى مستوى المياه السطحية؛ الأمر الذي أدى إلى تغيير وحدات ضخ ذات قدرات عالية؛حيث عملت على رفع الطاقة الإنتاجية للآبار؛ لفنتج عنها خفض مناسيبها المائية، و وذلك تجنباً للمياه السطحية الملوثة، في حين بلغت نسبة كمية المياه المنتجة من الآبار الآتية: بئر رقم (2)، وبئر مصلحة الطرق رقم (6)، وبئر البحوث الزراعية رقم (13)، وبئر قحزة رقم (30)، حوالي (5%) من إجمالي كمية المياه المنتجة من الآبار خلال العام (2023م)، البالغة (7,120,141 م^3/سنة)، بينما بلغت أقل نسبة لكمية المياه المنتجة في البئران: بئر رقم (3)، وبئر الأحواض السحول رقم (39)، بنسبة (0%)؛ ويعود السبب إلى قرار العاملين بالمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب تخفيض تشغيل الآبار، التي تتراوح طاقتها الإنتاجية ما بين (5-7 لتر/ثانية)؛ للحفاظ على المناسيب وعدم استنزاف المياه منها، توصي هذه الدراسة بما يأتي: إعادة تأهيل بعض آبار المياه الجوفية، التي إنتاجيتها ضعيفة، أو حفر آبار جديدة بالقرب من الآبار المتوقفة عن العمل.

3-دراسة (ناجي وآخرون، 2024) بعنوان: **أثر تقنية كرف حصاد مياه الأمطار والسيول الموسمية في تنمية مياه آبار وادي ميتم في مدينة إب**، هدفت هذه الدراسة إلى استخلاص كل من: أبرز المدلولات والمؤشرات الهيدرولوجية لآبار المياه الجوفية، التي تؤكد أهمية التغذية الاصطناعية عبر تقنية الكرفانات المائية في وادي ميتم رقم (1 & 2)، فضلاً عن استخلاص أهم مؤشرات التغذية الاصطناعية، وتم تقسيم البحث إلى: تباين أعماق آبار المياه الجوفية، خصائص الكرفانات المائية، قياسات التغذية الاصطناعية، تحليل الخصائص الهيدرولوجية لآبار المياه الجوفية، وأخيراً أهم الإشكاليات التي تُعاني منها مشاريع التغذية الاصطناعية، مستعملاً المنهج الوصفي، والمنهج التحليلي، وبالاستفادة من التقنية الحديثة لبرنامج (Surfer 16.6)؛ إذ تم التوصل إلى عدد من النتائج أهمها: انخفاض منسوب المياه المتحرك في الآبار قبل إنشاء مشاريع التغذية الاصطناعية خلال العامين (2019م، 2020م)؛ إذ تراوح المتوسط السنوي المنخفض لمنسوب المياه ما بين (100-200) متراً، (82-136) متراً على التوالي، وبعد إنشاء مشاريع التغذية ارتفع المتوسط السنوي لمنسوب المياه إلى (34-58) متراً عام 2021م، وإلى (34-52) متراً عام 2022م؛ وهو ما يشير إلى حدوث تحسن كبير في قيم مناسيب المياه بعد إنشاء مشاريع التغذية الاصطناعية.

1.مراحل التطور التاريخي لشبكات مياه الشرب في مدينة إب:

تعتمد المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب في توزيع مياه الشرب في أحياء مدينة إب على نظام الشبكة العامة؛ وهي سلسلة من الأنابيب الممتدة والمتشعبة؛ إذ تكون بدايتها أما مباشرة من آبار المياه الجوفية، أو من خزانات التوزيع، ونهايتها نقاط المستهلك، التي تمثل التوصيلات المنزلية؛ إذ يتم توزيع مياه الشرب وفقاً لبرنامج مزمن في إطار دورة مائية لكل حارة، أو مربع سكني، خلال مدة زمنية محددة؛ إذ تقدر لمركز المدينة كل (10) أيام، وتقدر المدة الزمنية لتوزيع مياه الشرب في جميع الأحياء والحارات التابعة لمدينة إب ما بين (25-30) يوم، وبما يتناسب مع الكثافة السكانية في كل مربع، كما هو حاصل خلال العام (2021م) في مدينة إب، سواءً عبر الآبار، التي تضخ مباشرة إلى شبكات توزيع مياه الشرب، أو عبر الخزانات الموزعة في المدينة وما حولها من المرتفعات والمنحدرات الجبلية المطلة على المدينة؛ إذ يتم سحب مياه الشرب من الخزانات بواسطة الإسالة (سحب المياه من الخزان بواسطة الجاذبية) (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، 2021: 26).

وتتكون خطوط شبكات مياه الشرب في مدينة إب من خطوط ضخ رئيسة، وخطوط ناقلة للمياه رئيسة وفرعية وثانوية، وأيضاً خطوط الربط المباشر من الخطوط الناقلة الرئيسة، وأنابيب الركزات والوصلات المنزلية، فضلاً عن احتواء الشبكة على عدد كبير من الصمامات (المحابس)؛ تستخدم للأغراض التشغيلية المختلفة، وعدادات لقياس تدفقات المياه.

الجدير بالذكر أن تصميم أول نظام لشبكة مياه الشرب لمدينة إب، تم من قبل شركة (Dorsch-Gitec) الاستشارية، وتم تنفيذه من قبل الشركة الصينية للطرق والجسور من العام (1987م) حتى العام (1990م)؛ تسلمت المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب مشروع شبكات مياه الشرب ومياه الصرف الصحي من الشركة الصينية المنفذة، بعد ذلك قامت شركة (Dorsch-Gitec) عام (1995م) بتصميم توسعة نظام لشبكة مياه الشرب لمدينة إب وتم تنفيذ جزء كبير من هذه التوسعات في شبكات توزيع مياه الشرب من قبل إدارة التشغيل والصيانة وإدارة الشؤون الفنية في المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب على فترات متباعدة؛ تماشياً مع التوسع والزحف العمراني، والسكاني المتزايد، الذي تشهده مدينة إب.

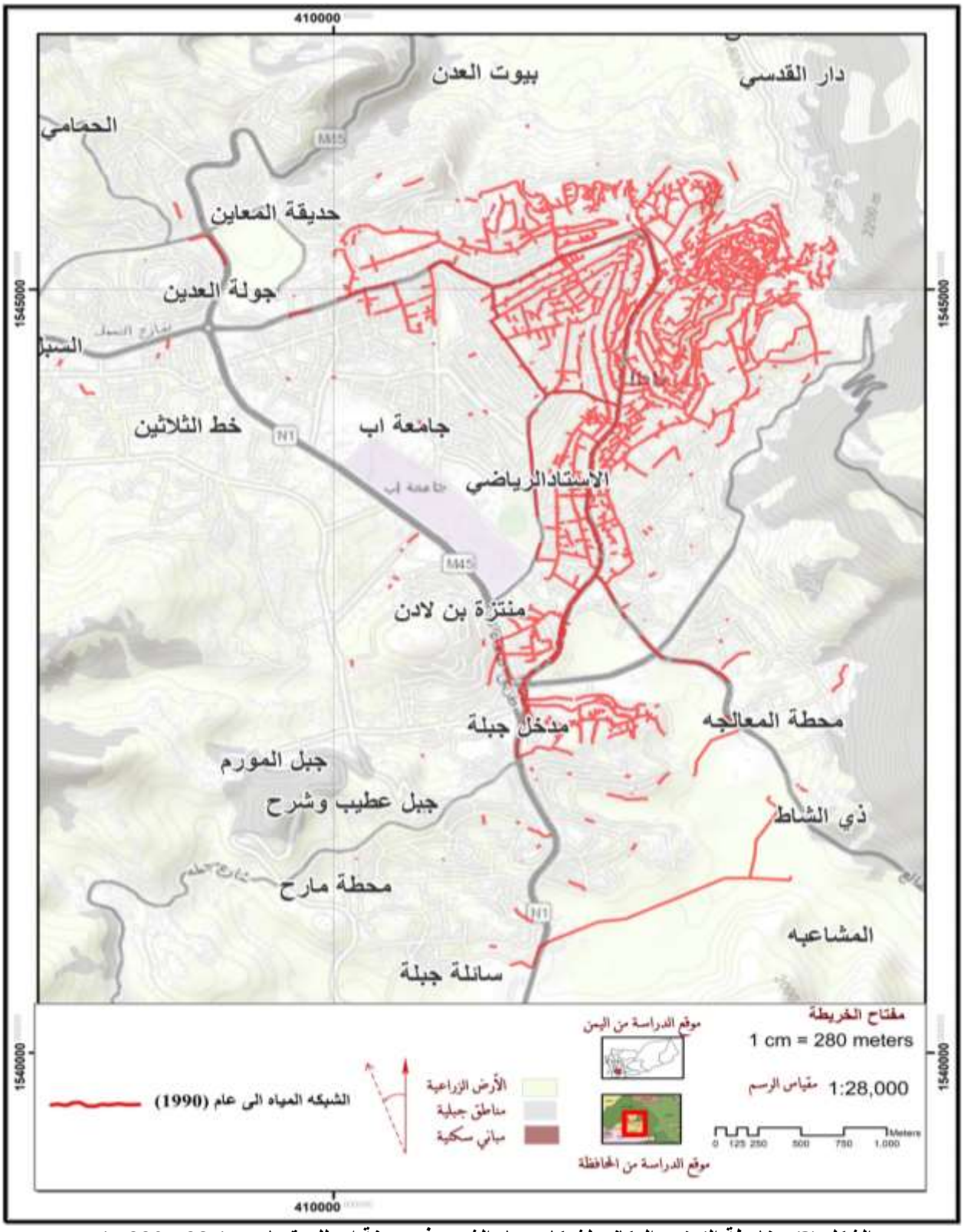
وفيما يأتي تتناول هذه الدراسة الفترات الزمنية المختلفة لمراحل التطور التاريخي لشبكات مياه الشرب في مدينة إب، ومقدار الزيادة في أطوال أنابيب شبكة مياه الشرب خلال تلك الفترات الزمنية، وفقاً لقاعدة البيانات الجغرافية قبل تحديثها وتطويرها:

1.1.بعد انتهاء الشركة الصينية للطرق والجسور من تنفيذ أول شبكة ضخ وتوزيع لمياه الشرب في مدينة إب، بلغ إجمالي أطوال أنابيب الشبكة نهاية العام (1990م) (125.400 كم)، وهو ما يُعادل (36.54%) من إجمالي الطول الكلي لأنابيب الشبكة العالمين (2023-2024)، البالغ (343.104 كم)، كما هو موضح في الجدول (1)، والشكل (2) والمتضمنين التوزيع المكاني لشبكات مياه الشرب في مدينة إب للمدة الزمنية ما بين (1987-1990).

الجدول (1): التباين العددي والنسبي ونسبة الزيادة في أطوال شبكة مياه الشرب في مدينة إب خلال مراحل التطور التاريخي للشبكة.

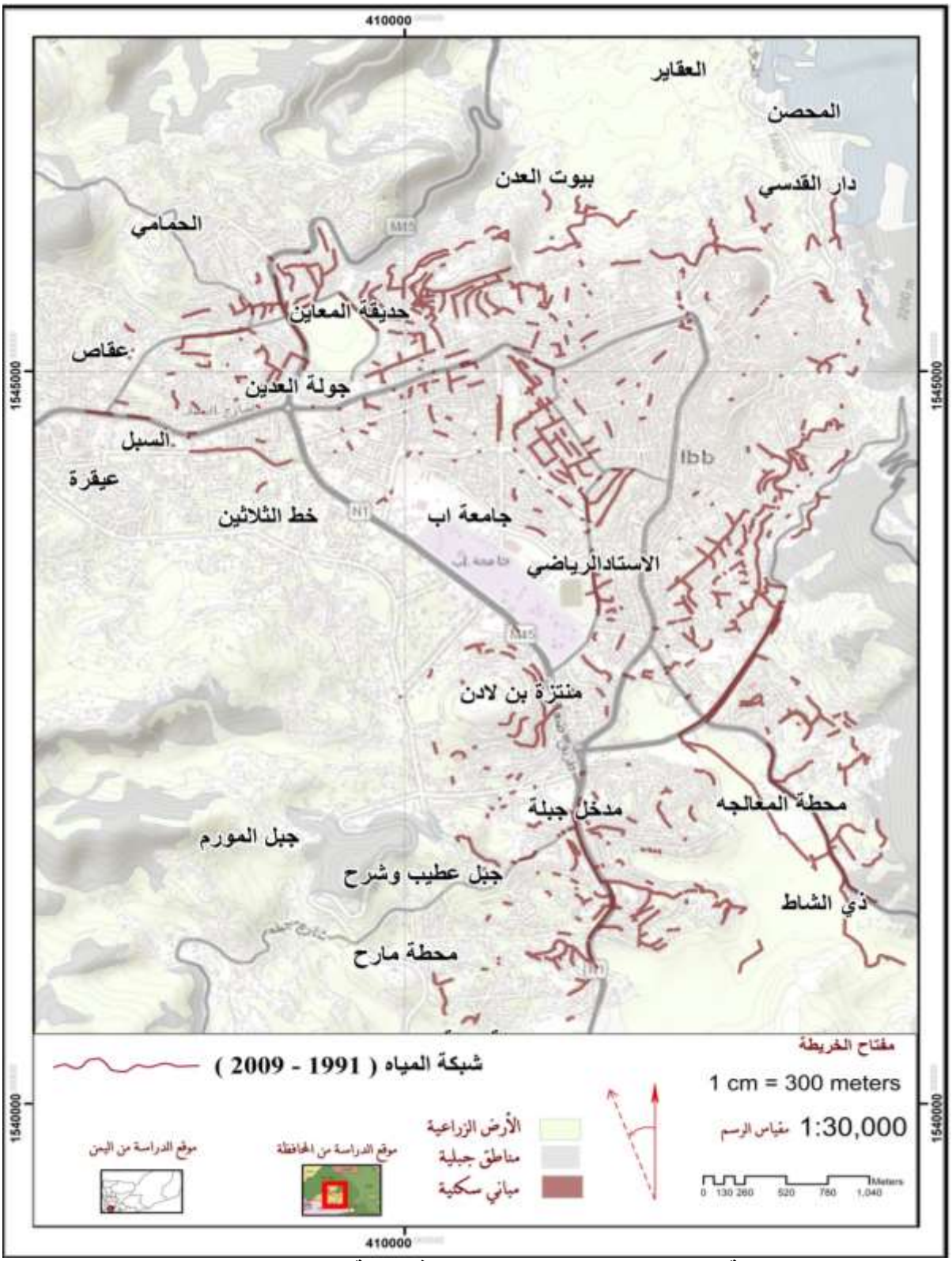
المرحلة (الفترة الزمنية)	الطول الكلي لأنابيب شبكة مياه الشرب (كم)	النسبة %	نسبة الزيادة %
1987-1990م	125.400	%36.54	الأساس
1991-2009م	61.205	%17.83	%49
2010-2019م	132.658	%38.7	%106
2020-2022م	18.628	%5.42	%15
2023-2024م	5.213	%1.51	%4
إجمالي أطوال أنابيب شبكة مياه الشرب (كم)	343.104	%100	

المصدر: الباحثان اعتماداً على قاعدة البيانات الجغرافية لشبكة المياه القديمة (قبل تحديثها وتطويرها).



الشكل (2): خارطة التوزيع المكاني لشبكات مياه الشرب في مدينة إب للمدة ما بين (1987-1990م).
المصدر: الباحثان باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

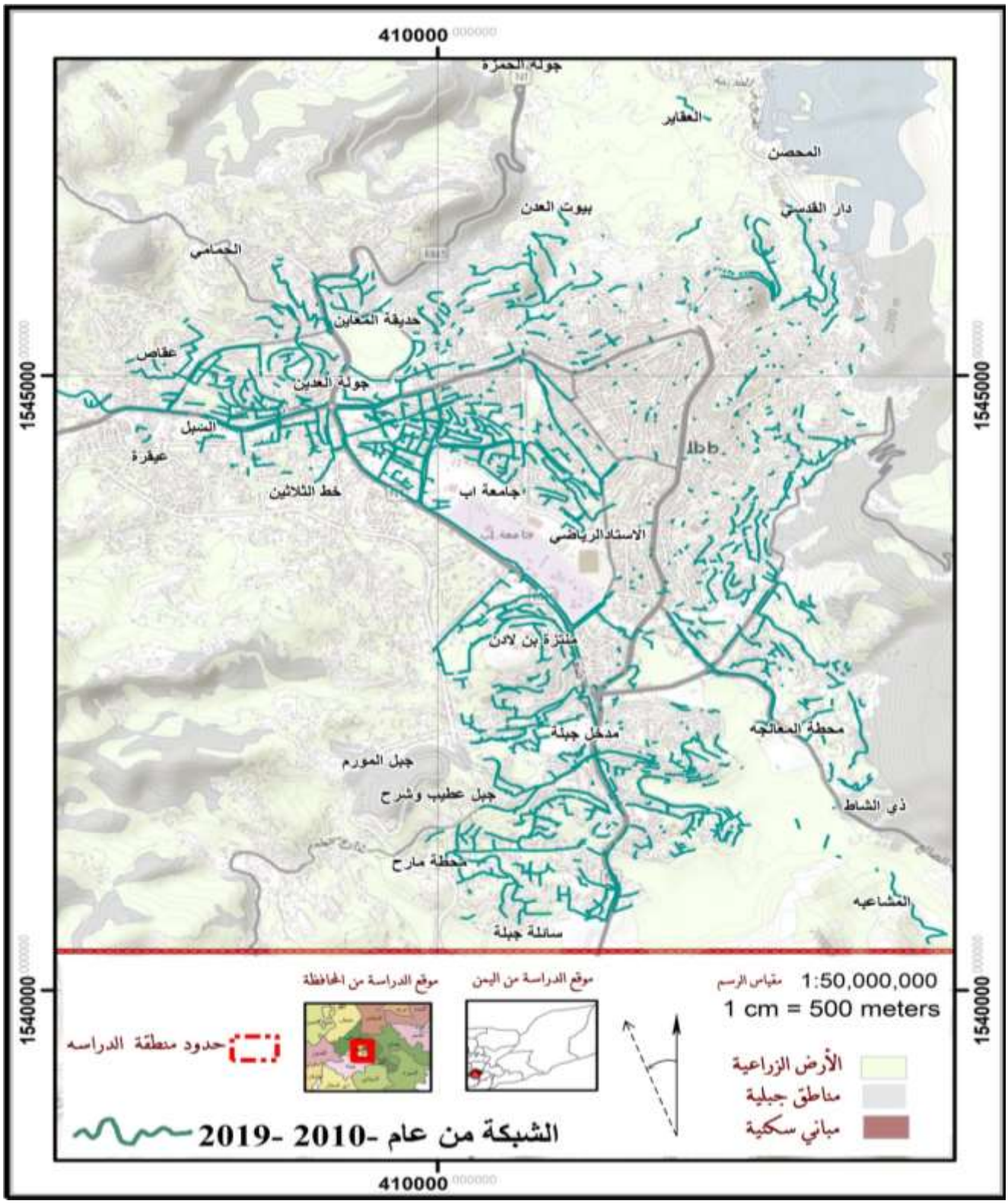
2.1.استمرت عملية تطوير وتوسعة شبكات مياه الشرب في مدينة إب خلال المدة ما بين (1991-2009م)، كما هو موضح في الشكل (3) أدناه؛ إذ بلغ مقدار الزيادة في أطوال الشبكات حوالي (61.205 كم)، وأصبح الطول الكلي لأنابيب لشبكة حوالي (186.605 كم)، وهو ما يُشكل (17.83%) من إجمالي أطوال أنابيب الشبكة نهاية (2023-2024)، وبنسبة زيادة (49%) عن مدة الأساس (1990-1987).



الشكل (3): خارطة التوزيع المكاني لشبكات مياه الشرب في مدينة إب للمدة ما بين (1991-2009م).

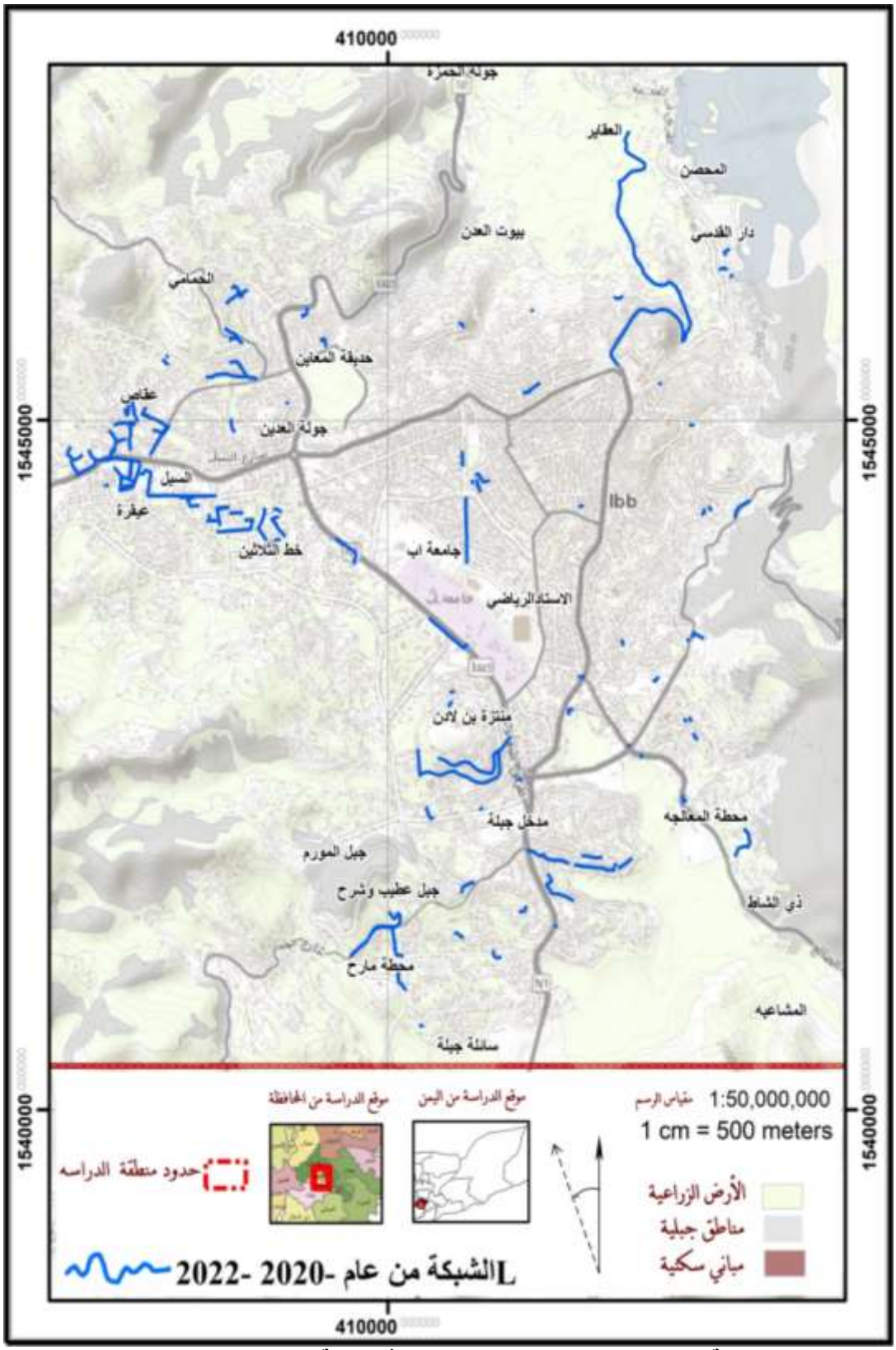
المصدر: الباحثان باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

3.1.إن أعلى نسبة لعملية توسعة شبكة مياه الشرب في مدينة إب حدثت خلال المدة الزمنية ما بين (2010-2019م)؛ إذ بلغ مقدار الزيادة في أطوال شبكات ضخ وتوزيع مياه الشرب في مدينة إب خلال الفترة ما بين (2010-2019م) حوالي (132.658 كم)، ما نسبته (38.7%) من إجمالي أطوال أنابيب شبكة مياه الشرب، وبنسبة زيادة (106%)؛ ليصبح الطول الكلي لأنابيب لشبكات مياه الشرب حوالي (319.263 كم)، كما هو موضح في الشكل (4) أدناه.



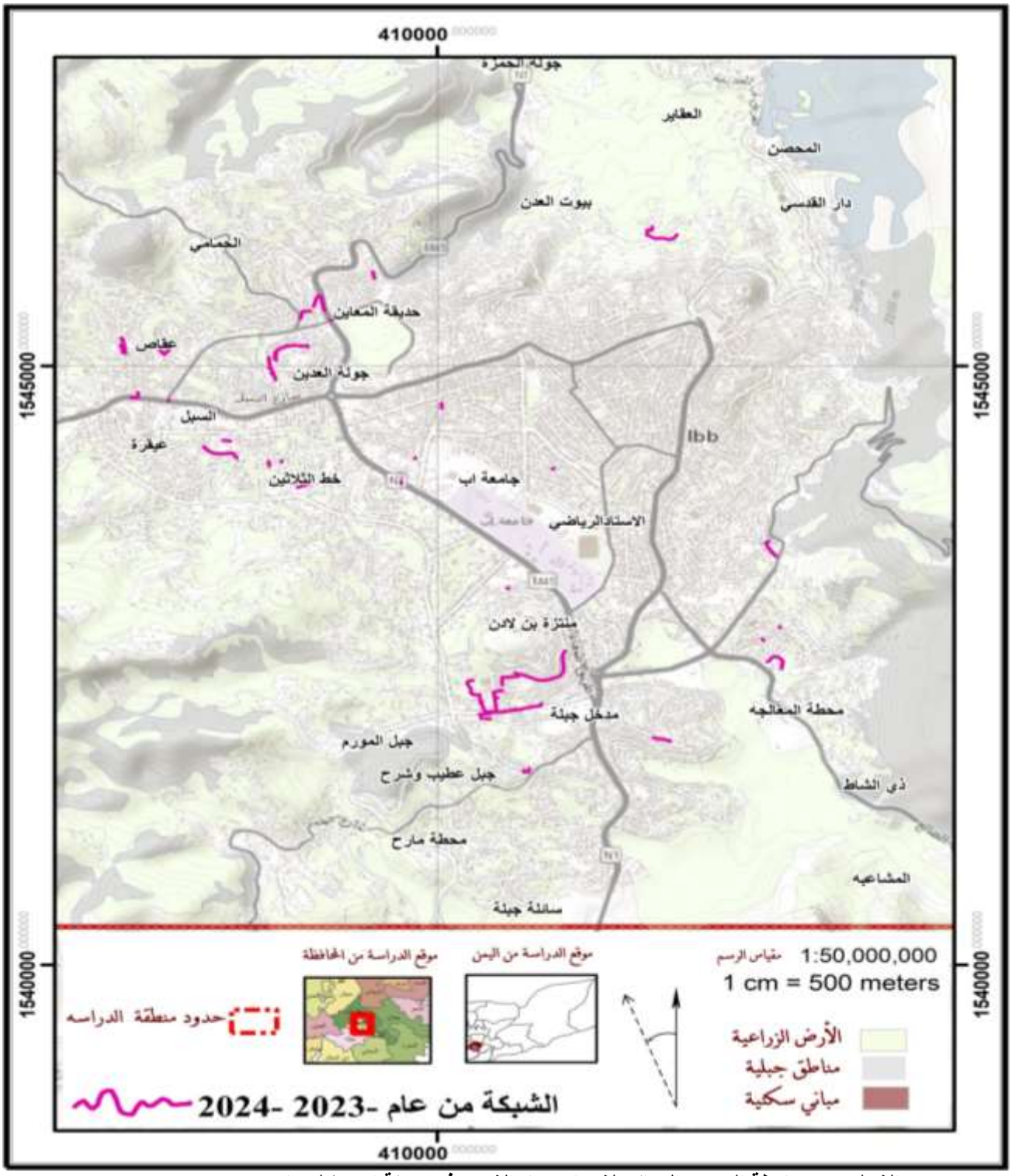
الشكل (4): خارطة التوزيع المكاني لشبكات مياه الشرب في مدينة إب للمدة ما بين (2010-2019م).
المصدر: الباحثان باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

4.1.بلغ مقدار الزيادة في أطوال أنابيب شبكات الضخ والتوزيع لمياه الشرب في مدينة إب خلال الفترة ما بين (2020-2022م) حوالي (18.628 كم)؛ ليصبح إجمالي أطوال الأنابيب لشبكات مياه الشرب حوالي (337.891 كم)، كما هو موضح في الشكل (5) أدناه، وبلغت نسبة التوسعة خلال هذه الفترة الزمنية (5.42%)، وبنسبة زيادة (15%).



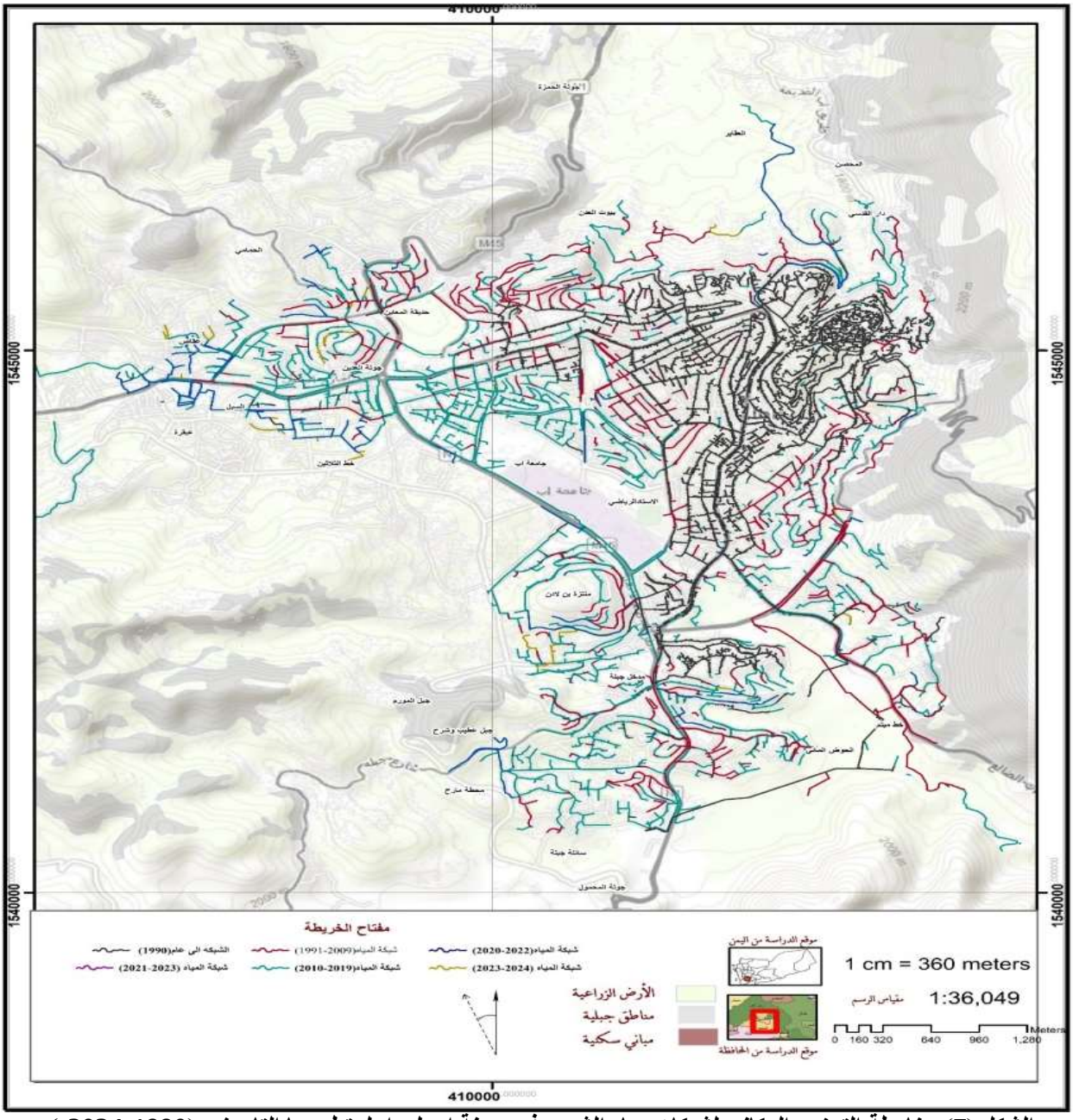
الشكل (5): خارطة التوزيع المكاني لشبكات مياه الشرب في مدينة إب للمدة ما بين (2020-2022م).
المصدر: الباحثان باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

5.1.بلغ مقدار الزيادة في أطوال أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب خلال عامي (2024, 2023م) حوالي (5.213 كم)؛ ليصبح الطول الكلي لشبكات مياه الشرب حوالي (343.104 كم)، وهو ما يُعادل (1.51%) من إجمالي أطوال أنابيب شبكة مياه الشرب (343.104 كم)، وبنسبة زيادة (4%) عن مدة الأساس (1987-1990)، كما هو موضح في الشكل (6) أدناه.



الشكل (6): خارطة التوزيع المكاني لشبكات مياه الشرب في مدينة إب خلال عامي (2024, 2023م).
المصدر: الباحثان باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

الشكل (7) خاصة بخارطة التوزيع المكاني لشبكات مياه الشرب في مدينة إب لجميع مراحل التطور التاريخي للشبكة، البالغ طولها الكلي حوالي (343.104 كم)، وفقاً لقاعدة البيانات الجغرافية غير المحدثة.



الشكل (7): خارطة التوزيع المكاني لشبكات مياه الشرب في مدينة إب لمراحل تطورها التاريخي (1990-2024م).
المصدر: الباحثان باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

2.تحديث وتطوير قاعدة البيانات الجغرافية لشبكة مياه الشرب في مدينة إب:

نتيجة لعدم توافر قاعدة بيانات جغرافية متكاملة ومحدثة لجميع مكونات شبكات مياه الشرب في مدينة إب، وعدم وجود بيانات أطوال وأقطار أنابيب الضخ والإسالة والتوزيع لمياه الشرب لبعض مناطق مدينة إب على سبيل المثال: بيانات شبكة مياه الشرب منطقة (المعاين)، ومنطقة (الجمري) غير موجودة ضمن قاعدة البيانات الجغرافية للشبكات مياه الشرب القديمة، والتي تم إدخالها وتخزينها في هذه الدراسة، فضلاً عن ما تعانيه قاعدة البيانات الجغرافية لشبكة مياه الشرب القديمة من وجود عدد كبير وغير صحيح لأنابيب بأقطار متعددة ومختلفة؛ فمثلاً: وجود بيانات لأنابيب بقطري (0 & 1 ملم)، وهذا غير صحيح؛ إذ تم تصحيحها بإدخال أقطارها الحقيقية من واقع سجلات المؤسسة المحلية للمياه وتقاريرها، ومن المشاكل الموجودة في قاعدة البيانات الجغرافية الشبكة القديمة، وجود بيانات لأنابيب بعدة أقطار؛

مثلاً احتوت على أنابيب بأقطار متعددة (37.5 ,37 ,38 ملم)، وهي بالأصل أنابيب ذات قطر واحد (35 ملم)، إلى جانب ذلك عدم إدخال البيانات الجديدة الخاصة بأقطار وأطوال الأنابيب المستخدمة في عمليات الإحلال والتحسين والصيانة الأنابيب القديمة والتالفة، أو في عمليات التوسعة بأطوال شبكات مياه الشرب، وفي ضوء ما سبق؛ كان لابد من تحديث قاعدة البيانات الجغرافية لأطوال وأقطار أنابيب الشبكة القديمة وتطويرها، وتتمثل أهم المعوقات الرئيسة التي واجهتها هذه الدراسة إما في عدم توافر التقارير والدراسات المتعلقة بتاريخ تطور وتوسعة شبكات مياه الشرب في مدينة إب، وإما في أن التقارير الصادرة عن المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب تم إعدادها بطريقة غير علمية وغير منهجية؛ إذ تخلو من المعلومات الوصفية والمكانية الصحيحة والدقيقة، فضلاً عن عدم الاستعانة بمنهجية تكنولوجيا الجيومكانية في أثناء إعدادها، علاوة على عدم استفادة من القدرات العالية للتقنيات الحديثة من قبل دوائر المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب المعنية بإدخال البيانات الإحصائية وتخزينها ومعالجتها، وسائر البيانات المتعلقة بتاريخ تطوير وتوسيع شبكات مياه الشرب في مدينة إب؛ لذلك هدفت هذه الدراسة إلى تقديم تصور لتحديث قاعدة البيانات الجغرافية الحديثة لشبكات مياه الشرب في مدينة إب وتطويرها؛ بحيث تصبح سهلة القراءة والتتبع للشبكة، وكذلك سهلة في تتبع اتجاه حركة سريان المياه داخل الشبكة.

2.1.الإضافات الجديدة في قاعدة البيانات الجغرافية لشبكات مياه الشرب في مدينة إب:

يمكن تلخيص الخطوات التي تم تنفيذها في هذه الدراسة لتحديث قاعدة البيانات الجغرافية القديمة لشبكة مياه الشرب في مدينة إب وتطويرها، بما يأتي:

1-إضافة بيانات جديدة لأجزاء شبكة المياه لمناطق تنتشر فيها الشبكة غير موجودة في قاعدة البيانات الجغرافية القديمة.

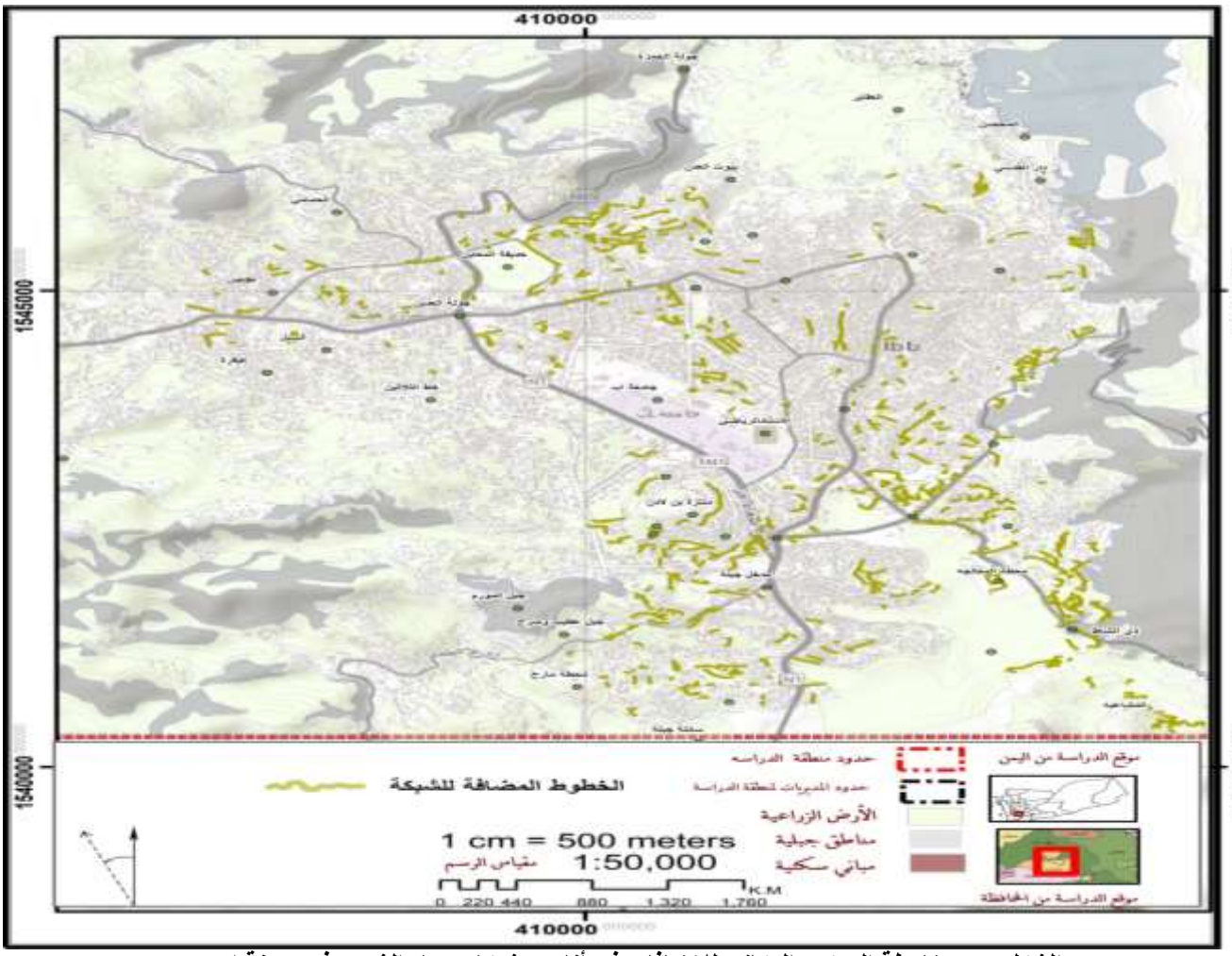
2-إدخال وتخزين البيانات الخاصة بعمليات التوسعة والإحلال والتحسين في أنابيب شبكة المياه لم تكن موجودة في قاعدة البيانات الجغرافية القديمة.

3-دمج أقطار الأنابيب المختلفة وترتيبها.

4-دمج جميع خطوط الأنابيب وتصنيفها وفقاً لاتجاه سريان المياه.

5-أخيراً تصميم قاعدة بيانات جغرافية حديثة لشبكة المياه في المديريات الواقعة ضمن إطار شبكة مياه الشرب؛ فأصبح هناك قاعدة بيانات جغرافية حديثة مستقلة لمديرية المشنة، ولمديرية الظهار، وللمناطق التابعة لمديريتي ريف إب وجبلة.

الشكل (8) أدناه، خاصة بخارطة التوزيع المكاني للأنابيب التي تمت إضافتها؛ إذ تم إضافة بيانات أطوال أنابيب بحدود (64.472 كم) في مختلف الأقطار، وهو ما يُعادل (19%) من إجمالي أطوال أنابيب شبكة مياه الشرب، البالغ (343.104 كم) وفقاً لقاعدة البيانات الجغرافية غير المحدثة، وبنسبة زيادة (119%)؛ فأصبح الطول الكلي لأنابيب شبكة مياه الشرب في مدينة إب في قاعدة البيانات الجغرافية المحدثة والمطورة (407.576 كم) للعام 2024م.

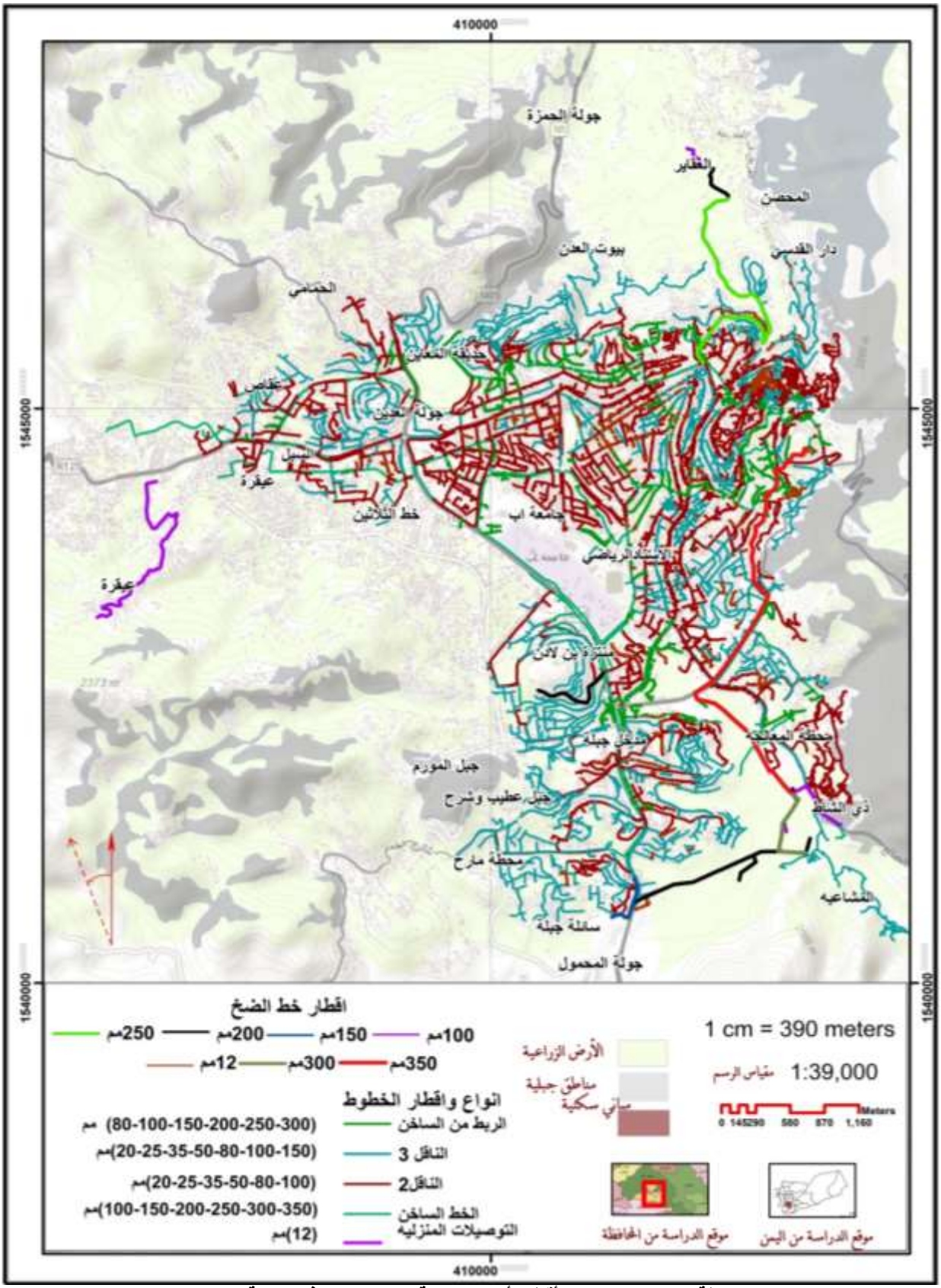


الشكل (8): خارطة التوزيع المكاني للإضافات في أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب.

المصدر: الباحثان اعتماداً على النزول الميداني باستخدام (Arc GIS 10.8).

3.التوزيع المكاني لأطوال وأقطار أنابيب شبكة مياه الشرب في مدينة إب عام (2024م):

الشكل (9)، والجدول (2)، يخصان أطوال وأقطار أنابيب شبكة مياه الشرب في مدينة إب عام (2024م)، وفقاً لقاعدة البيانات الجغرافية الحديثة والمطورة، وبإجمالي أطوال خطوط شبكة مياه الشرب في مدينة إب حتى عام (2024م) بلغ (407.576 كم^2)، واستناداً لما يأتي: أقطار الأنابيب، اتجاه سريان المياه، مواقع محابس الغلق الرئيسة ومواقع محابس الغلق والفتح الرئيسة، وتحديداً لمواقع مصادر التغذية، وتحديد عدادات مقترحة لتغذية المناطق وفقاً للخطوط الناقلة الرئيسة، وكذلك تحزيم المناطق والمربعات السكنية بنظام الصمامات، وتبعاً لنظام توزيع المياه، وحجم المستفيدين، وكثافة السكان، وفي ضوء ما سبق؛ تم التقسيم والتصنيف لخطوط أنابيب شبكة مياه الشرب في مدينة إب إلى خطوط ضخ رئيسة، وخطوط ناقلة رئيسة رقم (1) (الخطوط الساخنة)، وخطوط ناقلة فرعية رقم (2)، وخطوط ناقلة ثانوية رقم (3) حارات، وخطوط الربط المباشر من الخطوط الناقلة الرئيسة رقم (1)، وأخيراً الوصلات المنزلية.



الشكل (9): خارطة التوزيع المكاني لأقطار أنابيب شبكة مياه الشرب في مدينة إب عام (2024م).
المصدر: الباحثان باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

الجدول (2): يوصح التباين العددي والنسبي لأطوال وأقطار أنابيب شبكة مياه الشرب في مدينة إب عام (2024م).

نوع الخط	أقطار الأنابيب	إجمال الطول (كم)	النسبة %
خطوط الضخ الرئيسة	350 ml	3.963	%27.7
	300 ml	0.828	%5.8
	250 ml	2.674	%18.7
	200 ml	2.938	%20.5
	150 ml	0.520	%3.6
	100 ml	3.387	%23.7
الطول الكلي (كم)		14.31	%100
الخطوط الناقلة الرئيسة رقم 1 الخط الساخن	300 ml	2.390	%3.9
	250 ml	7.158	%11.6
	200 ml	1.721	%2.8
	150 ml	6.406	%10.4
	100 ml	29.229	%47.5
	80 ml	13.442	%21.8
	50 ml	0.001	%0
	35 ml	0.818	%1.3
	25 ml	0.054	%0.1
	20 ml	0.321	%0.5
الطول الكلي (كم)		61.540	%100
الخطوط الناقلة الفرعية رقم 2	250 ml	0.348	%0.2
	150 ml	2.892	%1.8
	100 ml	27.793	%17.6
	80 ml	29.105	%18.4
	50 ml	21.929	%13.9
	35 ml	0.036	%0.0
	25 ml	43.222	%27.3
	20 ml	32.757	%20.7
	12 ml	0.116	%0.1
الطول الكلي (كم)		158.198	%100
الخطوط الناقلة الثانوية رقم 3 الحارات	250 ml	0.893	%0.7
	150 ml	0.516	%0.4
	100 ml	8.676	%6.3
	80 ml	16.272	%11.9
	50 ml	35.929	%26.2
	35 ml	3.794	%2.8
	25 ml	38.941	%28.4
	20 ml	30.667	%22.4
	12 ml	1.228	%0.9
الطول الكلي (كم)		136.916	%100
خطوط الربط المباشر من الخطوط الناقلة الرئيسة رقم 1	250 ml	0.026	%0.1
	200 ml	0.111	%0.4
	150 ml	0.112	%0.4
	100 ml	0.03	%0.1
	80 ml	0.493	%1.7
	50 ml	0.02	%0.1
	35 ml	0.144	%0.5
	25 ml	13.670	%47.5
	20 ml	14.141	%49.1
	12 ml	0.027	%0.1
الطول الكلي (كم)		28.774	%100
التوصيلات المنزلية	12 ml	7.838	%100
إجمالي أطوال الأنابيب (كم)		407.576	%100

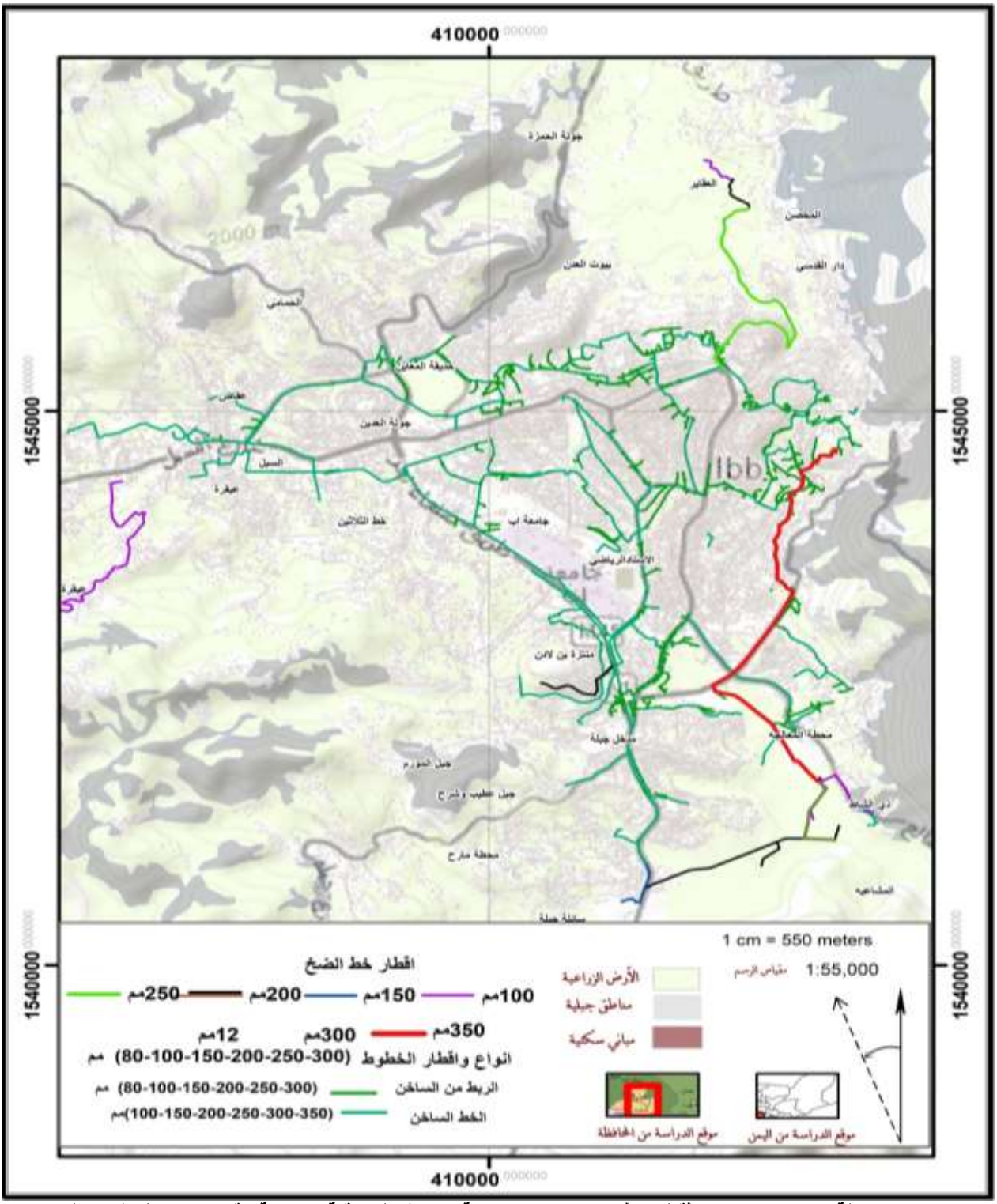
المصدر: الباحثان اعتماداً على قاعدة البيانات الجغرافية الحديثة لشبكة المياه والشكل (9).

3.1.التوزيع المكاني لخطوط الضخ الرئيسة:

هي الأنابيب التي تنقل مياه الشرب من مصادر التغذية من خزانات التجميع أو مباشرة من آبار المياه الجوفية إلى المربعات السكانية في مدينة إب، ووفقاً لقاعدة البيانات الجغرافية المحدثة والمطورة، وتتوافر هذه الخطوط بأقطار مختلفة تتراوح ما بين (-350

80 ملم)، كما هو مبين في الجدول (2) السابق؛ إذ بلغ إجمالي أطوالها (14.31 كم)، وهو ما يُعادل (3.5%) من الطول الكلي لأنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب عام (2024م)، البالغ (407.576 كم).

وتُعد أنابيب الضخ ذات الأقطار (350 ملم)، الأوسع انتشاراً في مدينة إب، وتوجد في مديرية المشنة؛ إذ بلغ مجموع أطوالها (3.963 كم)، ما نسبته (27.7%) من الطول الكلي لأنابيب خطوط الضخ الرئيسة، البالغ (14.31 كم)، كما هو موضح في الشكل (10) أدناه.



الشكل (10): خارطة التوزيع المكاني لأقطار الأنابيب الضخ الرئيسة والخطوط الناقلة الرئيسة رقم (1) وخطوط الربط المباشر.
المصدر: الباحثان باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

3.2.التوزيع المكاني للخطوط الناقلة الرئيسة رقم (1):

يطلق عليها الخطوط الساخنة؛ لأنها تنقل مياه الشرب من مصادر التغذية من خزانات التجميع أو مباشرة من آبار المياه الجوفية إلى المناطق والمربعات السكنية في مدينة إب، وتبدأ هذه الخطوط من محابس الفتح والغلق الرئيسة للمناطق وتنتهي عند محابس الفتح والغلق الرئيسة للمربعات، وتتوافر هذه الخطوط بأقطار مختلفة تتراوح ما بين (80-300 ملم)، وتحتل المرتبة الثالثة من حيث الطول؛ إذ بلغ إجمالي أطوالها (61.54 كم)، وهو ما يُعادل (15%) من الطول الكلي لأنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب عام (2024م)، البالغ (407.576 كم)، ويرجع السبب في المتوسط الإجمالي لأطوالها ونسبتها؛ إلى كونها تمثل خطوطاً ناقلة وسيطة بين الآبار ذات الضخ المباشر وبين المناطق والمربعات السكنية، وما بين الخزانات التجميعية وشبكات التوزيع.

وتُعد الأنابيب ذات الأقطار (100 ملم)، الأوسع انتشاراً في مجموعة الخطوط الناقلة الرئيسة رقم (1)؛ إذ بلغ مجموع أطوالها (29.229 كم)، ما نسبته (47.5%) من الطول الكلي لأنابيب الخطوط الناقلة الرئيسة رقم (1) البالغ (61.54 كم)، كما هو مبين في الجدول (2) السابق؛ ويرجع السبب في ارتفاع نسبتها إلى استخدامها بكثرة بوصفها أنابيب نقل للمياه من الآبار ذات الضخ المباشر، فضلاً عن استخدامها خطوطاً ناقلة من منطقة لأخرى، كما هو موضح في الشكل (10) السابق.

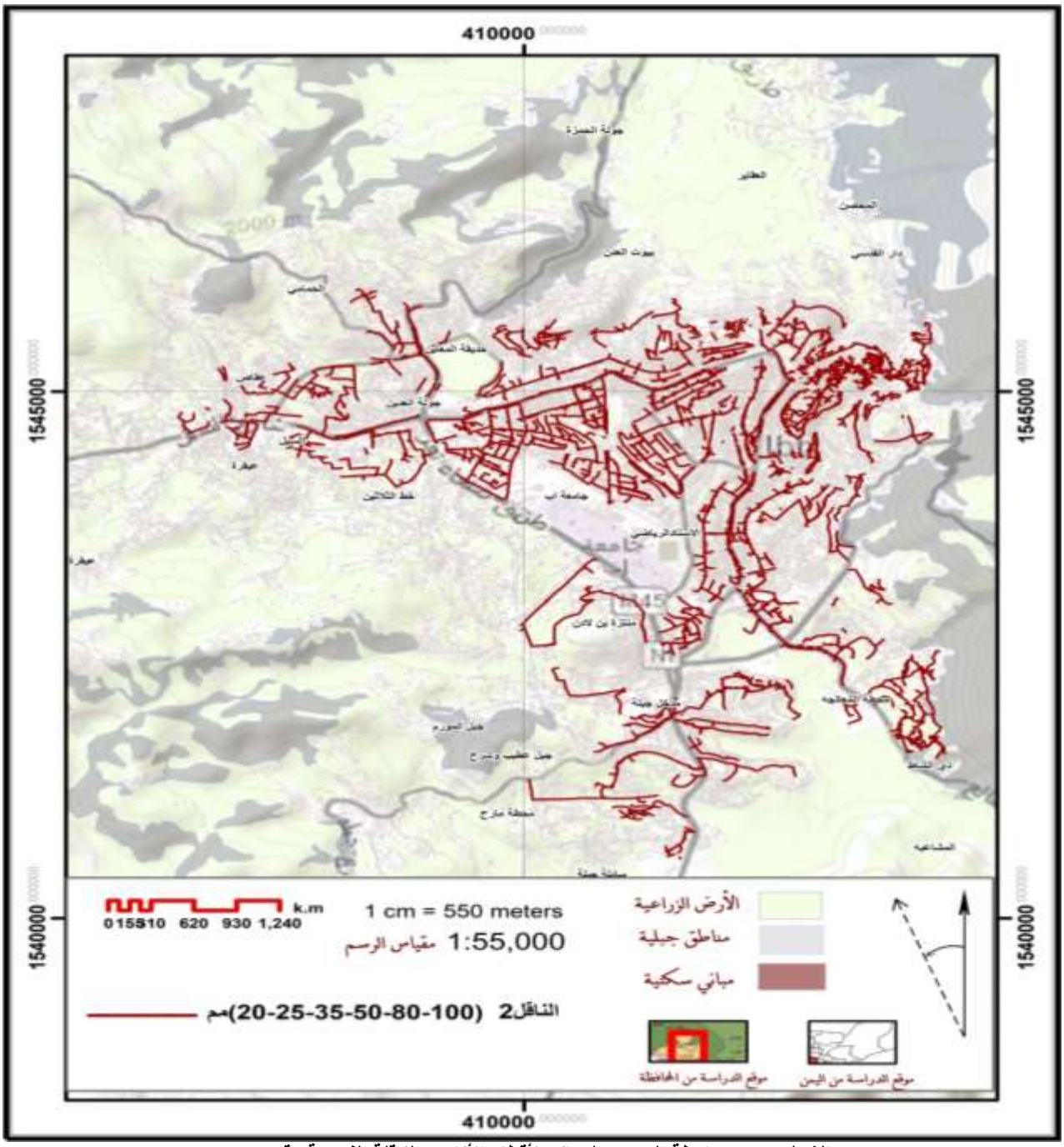
3.3.التوزيع المكاني لخطوط الربط المباشر:

خطوط الربط المباشر أنشئت بوصفها سدلات من الخطوط الناقلة الرئيسة رقم (1) الخط الساخن؛ إذ تستخدم لنقل وتوزيع مياه الشرب من الخطوط الناقلة الرئيسة رقم (1) إلى الركزات والوصلات المنزلية، وتتفرع السدلات من أنابيب الأقطار ما بين (80 – 250 ملم)، كما هو موضح في الشكل (10) السابق، وبقية أقطار خطوط الربط المباشر تعد أنابيب تغذية للركزات والتوصيلات المنزلية، وبلغ إجمالي أطوالها حوالي (28.774 كم) عام (2024م)، ما نسبته (7%) من جملة أطوال شبكات مياه الشرب، وتحتل المرتبة الرابعة من حيث الطول، ويرجع السبب في انخفاض نسبتها إلى مرتبطة بالخطوط الساخنة المحظور الربط منها، وتأتي الأنابيب ذات القطر (20 ملم) في مجموعة خطوط الربط المباشر في المرتبة الأولى؛ إذ بلغ الطول الكلي لها حوالي (14.141 كم)؛ أي: ما نسبته (49.1%) من الطول الكلي لخطوط الربط المباشر البالغ (28.774 كم)، كما هو مبين في الجدول (2) السابق.

3.4.التوزيع المكاني للخطوط الناقلة الفرعية رقم (2):

تستخدم لنقل وتوزيع كميات من مياه الشرب من الخطوط الناقلة الرئيسة رقم (1) إلى داخل المربعات السكانية، وتتشعب منها خطوط ناقلة ثانوية رقم (3) لتغذية الحارات، وتبدأ الخطوط الناقلة الفرعية رقم (2) من محابس الغلق والفتح الرئيسة للمربعات وتنتهي عند محابس الغلق والفتح للحارات، وتتوافر الخطوط الناقلة الفرعية رقم (2) بأقطار مختلفة تتراوح ما بين (20-150 ملم)، وبلغ مجموع أطوالها (158.198 كم)، مشكلة ما نسبته (38.8%) من جملة أطوال شبكات مياه الشرب في مدينة إب عام (2024م)؛ وبذلك تحتل المرتبة الأولى والأوسع انتشاراً في شبكات مياه الشرب، كما هو مبين في الجدول (2) السابق؛ ويرجع ارتفاع نسبة أطوالها إلى استخدامها بشكل كبير في عملية توسعة شبكات توزيع مياه الشرب في مدينة إب، فضلاً عن استخدامها بكثرة في عملية الإحلال والاستبدال للأنابيب القديمة والتالفة، وأيضاً استخدامها في إضافة خطوط توزيع مماثلة لأقطار الأنابيب المنفذة سابقاً.

وفي ضوء التحليل والتفسير للجدول (2) السابق؛ تبين إن الأنابيب ذات القطر (25 ملم) في مجموعة الخطوط الناقلة الفرعية رقم (2)، هي الأوسع انتشاراً في شبكات توزيع مياه الشرب؛ إذ تأتي في المرتبة الأولى من حيث الطول الكلي للخطوط الناقلة الفرعية رقم (2)؛ إذ بلغ الطول الكلي لها حوالي (43.222 كم)؛ أي: ما نسبته (27.3%) من (158.198 كم)؛ ويرجع ارتفاع نسبتها إلى أنها غالباً ما تستخدم خطوط تحويل من قطر إلى آخر، كما هو موضح في الشكل (11) أدناه.



الشكل (11): خارطة التوزيع المكاني لأقطار الأنابيب الناقلة الفرعية رقم (2).

المصدر: الباحثان باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

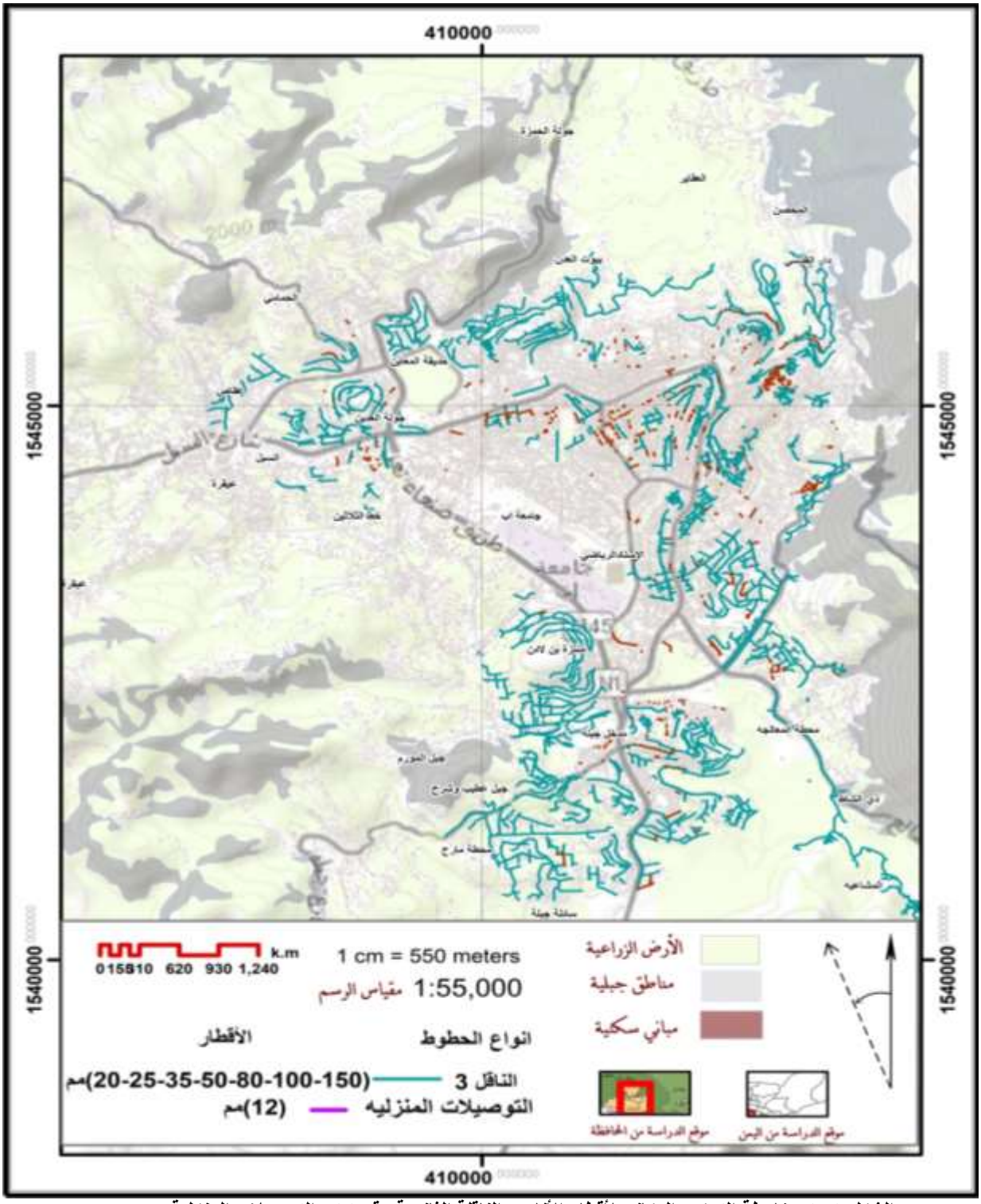
3.5.التوزيع المكاني للخطوط الناقلة الثانوية رقم (3):

عبارة خطوط ناقلة ثانوية تنتشر داخل الحارات السكنية، تتفرع من الخطوط الناقلة الفرعية رقم (2)، وتبدأ من محابس مداخل الحارات إلى داخل الأحياء السكنية، وتتوافر بأقطار تتراوح ما بين (20 – 100 ملم)، وبلغ إجمالي أطوالها حوالي (136.916 كم) عام (2024م)، وهي تمثل مجتمعة ما نسبته (33.6%) من الطول الكلي لأنابيب شبكة مياه الشرب في مدينة إب عام (2024م)؛ وبذلك تحتل المرتبة الثانية؛ إذ يرجع السبب في ارتفاع أطوالها إلى كثرة استخدامها في جميع تفرعات الأحياء وكتمديدات للركزات، كما هو موضح في الشكل (12) أدناه. وعبر التحليل والتفسير للجدول السابق (2)؛ لوحظ أن الأنابيب ذات القطر (25 ملم) تأتي في المرتبة الأولى من حيث الطول ضمن مجموعة الخطوط الناقلة الثانوية رقم (3)؛ إذ بلغ الطول الكلي لها حوالي (35.929 كم)، وهو ما يشكل (28.4%) من الطول الكلي للخطوط الناقلة الثانوية البالغ (136.916 كم)؛ لأنها تستخدم بكثرة بوصفها نواقل

داخل الأحياء، فضلاً عن استخدامها ركزات لتغذية عدادات التوصيلات المنزلية.

3.6.التوزيع المكاني للوصلات المنزلية:

عبارة خطوط تستخدم فقط من بعد العدادات المنزلية، وقطرها (12 ملم)، وبلغ إجمالي أطوالها حوالي (7.838 كم) عام (2024م)، وهو ما يُعادل (2%) من الطول الكلي لشبكة مياه الشرب، وتأتي في المرتبة الأخيرة من حيث الطول؛ ويرجع السبب في الانخفاض الكبير في نسبتها إلى عدم إسقاط الكثير من التوصيلات المنزلية في قاعدة البيانات الجغرافية، وكذلك احتساب جزء منها ضمن خطوط الربط المباشر من الخطوط الساخنة، كما هو موضح في الشكل (12).



الشكل (12): خارطة التوزيع المكاني لأقطار الأنابيب الناقلة الثانوية رقم (3) والتوصيلات المنزلية.

المصدر: الباحثان باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

4.التوزيع المكاني لأطوال وأقطار أنابيب شبكة مياه الشرب في مديريات مدينة إب عام (2024م):

وفي ضوء التحليل والتفسير للجدول (3) أدناه، الخاص بالتباين العددي والنسبي في أطوال وأقطار أنابيب شبكة مياه الشرب في مناطق ومديريات مدينة إب عام (2024م)؛ تبين أن أطوال أنابيب المياه تتوزع توزيعاً متفاوتاً على مستوى مناطق ومديريات مدينة إب، وفيما يأتي أهم النتائج المستخلصة:

4.1-تتصدر مناطق مديرية المشنة مناطق المديريات الأخرى في مدينة إب في الاستحواذ على شبكات مياه الشرب، ذات الكثافة العالية؛ إذ بلغ إجمالي أطوالها حوالي (234.16 كم)، وهو ما يُعادل (57.5%) من جملة أطوال شبكات مياه الشرب في مدينة إب عام (2024م)، البالغة (407.576 كم)، ويرجع ذلك إلى أن مديرية المشنة تضم مدينة إب القديمة، ولكونها مركز مدينة إب، فضلاً عن ارتفاع الكثافة السكانية في جميع حاراتها، فضلاً عن وجود أغلب مصادر التغذية وخزانات تجميع المياه فيها.

4.2-جاء في المرتبة الثانية من حيث الكثافة العالية لشبكات توزيع مياه الشرب في مدينة إب المناطق التابعة إدارياً لمديرية الظهار؛ إذ بلغ إجمالي أطوال أنابيب المياه فيها حوالي (138.933 كم)، وهو ما يُوازي (34%) من مجموع أطوال أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب عام (2024م)؛ ويرجع انخفاض نسبتها مقارنة بمديرية المشنة إلى اتساع مساحة مديرية الظهار، وارتفاع نسبة مساحة المناطق غير المخدومة في شبكة مياه الشرب فيها.

4.3-جاء في المرتبة الثالثة من حيث الكثافة العالية لشبكات توزيع مياه الشرب في مناطق ومديريات مدينة إب، المناطق التابعة إدارياً لمديرية ريف إب؛ إذ بلغ إجمالي أطوال أنابيب المياه فيها حوالي (27.291 كم)، وهو ما يُعادل (6.7%) من جملة أطوال أنابيب شبكات المياه؛ ويرجع انخفاض نسبة أطوال أنابيب شبكات مياه الشرب في مناطق مديرية ريف إب إلى انخفاض المساحة التي تقع ضمن نطاق شبكات توزيع مياه الشرب، التي تتوافر فيها خدمة توصيل مياه الشرب التابعة للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب، إلى جانب ذلك تقع ضمن أطراف مدينة إب الشمالية الشرقية التي توجد فيها فقط بعض آبار المياه الجوفية وخطوط الضخ الرئيسة.

4.4-جاء في المرتبة الأخيرة المناطق التابعة إدارياً لمديرية جبلة، التي تصل إليها خدمة مياه الشرب التابعة للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب؛ إذ بلغ إجمالي أطوال أنابيب شبكات المياه فيها حوالي (7.192 كم)، وهو ما يُعادل (1.8%) من جملة أطوال أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب عام (2024م)؛ ويرجع انخفاض نسبة أطوال الأنابيب إلى محدودية مساحة المناطق المخدومة(صغيرة) ، وتوجد فيها بعض آبار المياه الجوفية وخطوط الضخ الرئيسة.

الجدول (3): التباين العددي والنسبي لأطوال وأقطار أنابيب شبكة مياه الشرب في مديريات منطقة الدراسة عام (2024م).

نوع الخط	أقطار الأنابيب	إجمالي أطوال الأنابيب في مديرية المشنة (كم)	إجمالي أطوال الأنابيب في مديرية الظهار (كم)	إجمالي أطوال الأنابيب في مديرية ريف إب (كم)	إجمالي أطوال الأنابيب في مديرية جبلة (كم)	إجمال الطول (كم)
خطوط الضخ الرئيسة	350 ml	3.963	0	0	0	3.963
	300 ml	0.342	0	0	0.504	0.828
	250 ml	0.741	0	1.933	0	2.674
	200 ml	1.119	0	0.354	1.465	2.938
	150 ml	0.352	0	0	0.168	0.520
	100 ml	1.449	1.498	0.364	0.076	3.387
الطول الكلي (كم)		7.948	1.498	2.651	2.213	14.31
النسبة %		%55.54	%10.47`	%18.53	%15.46	%100
الخطوط الناقلة الرئيسة رقم 1 الخط الساخن	300 ml	2.390	0	0	0	2.390
	250 ml	2.321	1.514	3.323	0	7.158
	200 ml	1.721	0	0	0	1.721
	150 ml	3.196	3.043	0	0.167	6.406
	100 ml	16.149	12.695	0.314	0.071	29.229
	80 ml	6.242	6.325	0.875	0	13.442
	50 ml	0.001	0	0	0	0.001
	35 ml	0	0.818	0	0	0.818
	25 ml	0	0.054	0	0	0.054
	20 ml	0.092	0	0.229	0	0.321
	12 ml	0	0	0	0	0
الطول الكلي (كم)		32.112	24.449	4.741	0.238	61.540
النسبة %		%52.18	%39.73`	%7.7	%0.39	%100

0.348	0	0.015	0.070	0.263	250 ml	الخطوط الناقلة الفرعية رقم 2
0	0	0	0	0	200 ml	
2.892	0	0	1.779	1.113	150 ml	
27.793	0	1.086	9.811	16.896	100 ml	
29.105	0	0.910	10.490	17.705	80 ml	
21.929	0	0.495	13.952	7.482	50 ml	
0.036	0	0	0	0.036	35 ml	
43.222	0.017	1.097	18.219	23.889	25 ml	
32.757	0	1.017	11.633	20.107	20 ml	
0.116	0	0.006	0.027	0.083	12 ml	
158.198	0.017	4.626	66.077	87.478	الطول الكلي (كم)	
%100	%0.0	%2.9	%41.8`	%55.3	النسبة %	
0.893	0	0	0	0.893	250 ml	الخطوط الناقلة الثانوية رقم 3 الحارات
0	0	0	0	0	200 ml	
0.516	0	0	0	0.516	150 ml	
8.676	0	0.391	2.222	6.063	100 ml	
16.272	0	2.545	5.459	8.268	80 ml	
35.929	1.64	4.541	8.993	20.755	50 ml	
3.794	0	0.824	0.711	2.259	35 ml	
38.941	0.566	2.084	7.972	28.319	25 ml	
30.667	2.299	2.429	6.982	18.957	20 ml	
1.228	0	0.564	0.617	0.047	12 ml	
136.916	4.505	13.378	32.956	86.077	الطول الكلي (كم)	
%100	%3	%10	%24`	%63	النسبة %	
0.026	0	0	0	0.026	250 ml	خطوط الربط المباشر من الخطوط الناقلة الرئيسة رقم 1
0.111	0	0	0	0.111	200 ml	
0.112	0	0	0.034	0.078	150 ml	
0.03	0	0	0	0.030	100 ml	
0.493	0	0	0.316	0.177	80 ml	
0.02	0	0	0	0.020	50 ml	
0.144	0	0	0.054	0.090	35 ml	
13.670	0.017	0.803	6.527	6.323	25 ml	
14.141	0.002	0.852	4.555	8.732	20 ml	
0.027	0	0	0	0.027	12 ml	
28.774	0.019	1.655	11.486	15.614	الطول الكلي (كم)	
%100	%0.0	%6	%40`	%54	النسبة %	
7.838	0.200	0.240	2.467	4.931	12 ml	التوصيلات المنزلية
%100	%3	%3	%31`	%63	النسبة %	
407.576	7.192	27.291	138.933	234.16	إجمالي أطوال الأنابيب (كم)	
%100	%1.8	%6.7	%34	%57.5	النسبة %	

المصدر: الباحثان اعتماداً على الأشكال (9, 10, 11, 12).

5.التوزيع المكاني للمناطق المخدومة وغير المخدومة في شبكات توزيع مياه الشرب في مدينة إب خلال العام (2024م):

وفي ضوء ما تم مناقشته سابقاً من عمليات التوسعة في أنابيب الضخ والتوزيع لشبكات مياه الشرب في مدينة إب، والمناطق التي حدثت فيها تلك العملية؛ فإن خارطة التوزيع المساحي لشبكات الضخ والتوزيع لمياه الشرب في مدينة إب في عام (2024م) تغطي مساحة ما يُقارب (62 كم^2)؛ إذ تشمل كلاً من: مديرية المشنة بمساحته حوالي (23 كم^2)، ومديرية الظهار بمساحته حوالي (22 كم^2)، وجزءاً بسيطاً من مديرية ريف إب ما مساحته حوالي (13 كم^2)، وجزءاً بسيطاً من مديرية جبلة (منطقة فندق برج العرب) ما مساحته حوالي (4 كم^2)؛ إذ تبين من خلال الشكل (13) أدناه، الخاص بخارطة التوزيع المكاني للمناطق المخدومة وغير المخدومة بخدمة توصيل مياه الشرب في مدينة إب عام (2024م)، أن مساحة المناطق المخدومة في شكة مياه الشرب بلغت (20 كم^2)، وهو ما يمثل (32.3%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة البالغة (62 كم^2)، بينما بلغت مساحة المناطق غير المخدومة في

شبكات توزيع مياه الشرب في منطقة الدراسة حوالي (42 كم^2)، وهو ما يُعادل (67.7%).

5.1.مساحة المناطق المخدومة وغير المخدومة في شبكة مياه الشرب وفقاً لاستخدامات الأرض:

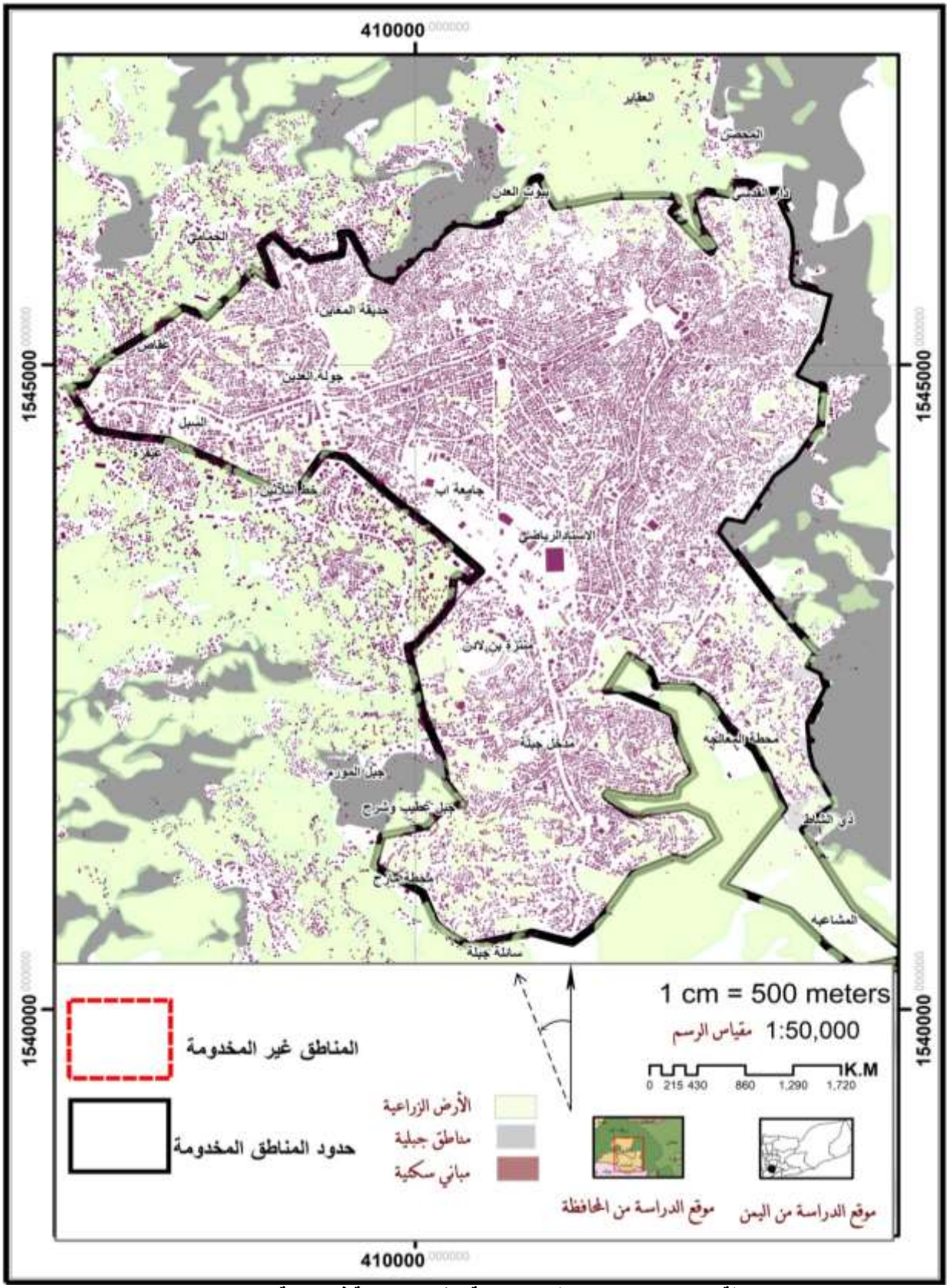
يتضح من بيانات الجدول (4) أدناه؛ التباين العددي والنسبي في مساحة المناطق المخدومة وغير المخدومة في شبكة مياه الشرب في منطقة الدراسة للعام (2024م) وفقاً لاستخدامات الأرض.

الجدول (4) المساحة المخدومة وغير المخدومة في شبكة مياه الشرب العام (2024م).

غطاء واستخدام الأرض	مساحة المنطقة المخدومة (كم^2)	النسبة %	مساحة المنطقة غير المخدومة (كم^2)	النسبة %	إجمالي المساحة (كم^2)	النسبة %
استخدام سكني (المباني)	6	%30	2	%4.8	8	%13
استخدام الزراعي	3	%15	19	%45.2	22	%35
سفوح المنحدرات الجبلية	2	%10	19	%45.2	21	%34
استخدام خدمي (طرق، منتزهات ... الخ)	9	%45	2	%4.8	11	%18
الإجمالي	20	%100	42	%100	62	%100

المصدر: الباحثان اعتماداً على الشكل (13).

وفي ضوء تحليل وتفسير الجدول أعلاه، والشكل (13) الخاصان لتوضيح التباين العددي والنسبي في مساحة المناطق المخدومة وغير المخدومة في شبكة مياه الشرب في منطقة الدراسة عام (2024م) وفقاً لغطاء واستخدامات الأرض الرئيسة؛ تبين أن مساحة الاستخدام السكني (المباني) المخدوم (6 كم^2)، ما نسبته (30%) من إجمالي مساحة المناطق المخدومة البالغة (20 كم^2)، بينما بلغت مساحة الاستخدام السكني غير المخدوم (2 كم^2)، ما نسبته (4.8%) من إجمالي مساحة المناطق غير المخدومة البالغة (42 كم^2)، وكذلك بلغت مساحة أراض الاستخدام الزراعي المخدومة (3 كم^2)، وهو ما يُعادل (15%)، بينما بلغت مساحة أراض الاستخدام الزراعي غير المخدومة (19 كم^2)، ما يُعادل (45.2%)، في حين بلغت مساحة سفوح المنحدرات الجبلية المخدومة (2 كم^2)، مشكلة (10%)، وبلغت مساحة سفوح المنحدرات الجبلية غير المخدومة (19 كم^2)، ما نسبته (45.2%)، وأخيراً بلغت مساحة الاستخدامات الخدمية (طرق، شوارع، منتزهات، ... الخ) المخدومة (9 كم^2)، وهو ما يُعادل (45%) من إجمالي مساحة المناطق المخدومة، بينما مساحة الاستخدامات الخدمية غير المخدومة (2 كم^2)، وهو ما يعادل (4.8%) من إجمالي مساحة المناطق غير المخدومة.



الشكل (13): خارطة التوزيع المكاني للمناطق المخدومة وغير المخدومة في بشبكة مياه الشرب عام (2024م).
المصدر: الباحثان باستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

5.2.مساحة المناطق المخدومة وغير المخدومة في شبكة مياه الشرب وفقاً للتقسيم الإداري:

يتضح من بيانات الجدول (5) أدناه؛ التباين العددي والنسبي في مساحة المناطق المخدومة وغير المخدومة في شبكة مياه الشرب في منطقة الدراسة عام (2024م) وفقاً للتقسيم الإداري.

الجدول (5) مساحة المناطق المخدومة والمحرومة من شبكة مياة الشرب الحكومية للعام 2024م.

أجزاء منطقة الدراسة	المساحة المدروسة (كم^2)	النسبة %	مساحة المناطق المخدومة (كم^2)	النسبة %	مساحة المناطق غير المخدومة (كم^2)	النسبة %
مديرية المشنة	23	%37	10	%50	13	%31
مديرية الظهار	22	%35.5	7	%35	15	%36
أجزاء من مديرية ريف إب	13	%21	2	%10	11	%26
أجزاء من مديرية جبلة	4	%6.5	1	%5	3	%7
	62	%100	20	%100	42	%100

المصدر: الباحثان اعتماداً على الشكل (13).

وعبر التحليل والتفسير للجدول المذكور أعلاه، الخاص بالتباين العددي والنسبي في مساحة المناطق المخدومة وغير المخدومة في شبكة مياه الشرب في منطقة الدراسة عام (2024م)، وفقاً للتقسيم الإداري لمدينة إب، تبين أن مساحة المناطق المخدومة في شبكة مياه الشرب في مديرية المشنة بلغت (10 كم^2)؛ أي: ما نسبته (50%) من إجمالي مساحة المناطق المخدومة بشبكة مياه الشرب في منطقة الدراسة عام (2024م)، البالغة حوالي (20 كم^2)، بينما بلغت مساحة المناطق غير المخدومة في مديرية المشنة (13 كم^2)، وهو ما يُشكل (31%) من إجمالي مساحة المناطق غير المخدومة (42 كم^2)، أما مساحة المناطق المخدومة في مديرية الظهار فبلغت (7 كم^2)؛ أي: ما نسبته (35%) من إجمالي مساحة المناطق المخدومة، فضلاً عن ارتفاع مساحة المناطق غير المخدومة في مديرية الظهار (15 كم^2)، وهو ما يُشكل (36%) من إجمالي مساحة المناطق غير المخدومة في منطقة الدراسة. وبلغت مساحة المناطق المخدومة في مناطق ريف إب (2 كم^2)؛ أي: ما نسبته (10%)، بينما بلغت مساحة المناطق غير المخدومة فيها (11 كم^2)؛ أي: ما يمثل (26%).

وأخيراً بلغت مساحة المناطق المخدومة في المناطق التابعة إدارياً لمديرية جبلة (1 كم^2)، ما نسبته (5%)، بينما بلغت مساحة المناطق غير المخدومة فيها (3 كم^2)؛ أي: ما يمثل (7%) من إجمالي مساحة المناطق غير المخدومة في شبكات توزيع مياه الشرب في منطقة الدراسة عام (2024م)؛ ويرجع السبب في ذلك إلى وجود مشروعين للمياه في تلك المناطق، المشروع الأول تابع لفرع المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة جبلة، داخل الحوض المائي لمدينة جبلة، والمشروع الآخر فرع المعشار داخل الحوض المائي لمدينة إب؛ وبسبب منع بناء المباني السكنية داخل تلك الأحواض المائية؛ فإن عدد المباني السكنية في تلك المناطق غير المخدومة قليلة؛ وهو ما أدى إلى عدم توسعة شبكات توزيع مياه الشرب فيها.

5.3.أسباب ارتفاع مساحة المناطق غير المخدومة في شبكة مياه الشرب:

يتضح مما سبق؛ أنه يعزى سبب وجود المناطق غير المخدومة في شبكة مياه الشرب في منطقة الدراسة، وأيضاً ارتفاع مساحتها إلى الأسباب الآتية:

1-بعض مناطق منطقة الدراسة غير المخدومة بخدمة توصيل مياه الشرب خاصة المناطق التي تتبع إدارياً مديرية جبلة أراضٍ زراعية، تقل فيها المباني السكنية، فضلاً عن تباعد المباني السكنية فيها؛ وبذلك يصعب على المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب إيصال شبكات توزيع مياه الشرب إليها، فضلاً عن وجود مشاريع المياه الأهلية وبعض المشاريع الحكومية (لمياه الريف، وللمؤسسة المحلية للمياه فرع جبلة).

2-المناطق غير المخدومة في شبكات توزيع مياه الشرب الواقعة في الجهة الشرقية والشمالية الشرقية لمدينة إب، التابعة لمديرية ريف إب؛ مناطق على سفوح جبل بعدان شديدة الانحدار؛ وهو ما أدى إلى قلة المباني السكنية فيها، فضلاً عن أن تلك المنحدرات الجبلية يصعب المد والتوسعة لشبكات توزيع مياه الشرب إليها.

3-بالنسبة للمناطق غير المخدومة في شبكات توزيع مياه الشرب التابعة لمديرية الظهار فهي إما مناطق ضمن الخطة المستقبلية للمؤسسة المحلية لمياه الشرب فرع مدينة إب لتوسعة شبكات توزيع مياه الشرب، ولم يتم تنفيذها حتى الوقت الراهن، وإما أنها مناطق تقع ضمن مناطق المنحدرات الجبلية شديدة الانحدار حاصة المناطق الواقعة في الجهة الشمالية والجهة الشمالية الغربية لمدينة إب التي تقل فيها المباني السكنية، ويصعب إيصال شبكات توزيع مياه الشرب إليها، خاصة في ظل الظروف الصعبة التي تمر بها اليمن بشكل عام ومحافظة إب بشكل خاص، فضلاً عن وجود مشاريع المياه الأهلية وبعض المشاريع الحكومية (لمياه الريف).

6.خصائص أنابيب شبكة مياه الشرب في مدينة إب:

في ضوء التحليل والتفسير للجدول (6) أدناه، الخاص بخصائص أنابيب شبكات توزيع مياه الشرب في مدينة إب، التي تشمل مادة الصنع، والقطر، وإجمالي الطول؛ لوحظ أن أنابيب الضخ الرئيسة ذات القطر ما بين (100-350 ملم) مصنوعة من مادة ديكتايل ومادة الحديد استيل مبطن بالإسمنت ومغلف بالبلاستيك، وحديد مجلفن، وحديد مجلفن مغلف؛ إذ بلغ الطول الكلي لها حوالي (14.31 كم)، وهو ما يمثل(3.5%) من إجمالي أطوال أنابيب شبكات توزيع مياه الشرب في مدينة إب عام (2024م)، البالغ حوالي (407.576 كم)، بينما أنابيب الخطوط الناقلة الرئيسة والفرعية والخطوط الناقلة داخل الحارات، التي تتراوح أقطارها ما بين (100-300 ملم) المصنوعة من مادة ديكتايل، في حين أن الأنابيب التي تتراوح أقطارها ما بين (80-150 ملم) بعضها مصنوعة من مادة ديكتايل والبعض الآخر منها مصنوع من مادة الحديد المجلفن، والحديد المجلفن المغلف، بلغ إجمالي أطولها حوالي (356.654كم)، وهو ما يمثل (87.5%)، أما أنابيب خطوط الربط المباشر من الخطوط الناقلة الرئيسة وأنابيب الركزات والوصلات المنزلية في شبكات توزيع مياه الشرب في مدينة إب، التي تتراوح أقطارها ما بين (12-80 ملم)، فمادة صنعها الحديد المجلفن، أو الحديد المجلفن والمغلف بالبلاستيك؛ إذ بلغ طولها الكلي حوالي (36.612 كم)، وهو ما يُعادل (9%) من إجمالي أطوال أنابيب شبكات توزيع مياه الشرب في مدينة إب عام (2024م)، واللوحة (1) أدناه، تظهر مشاهد مختلفة لبعض أنواع أنابيب شبكات توزيع مياه الشرب في مدينة إب.

الجدول (6): خصائص أنابيب شبكات مياه الشرب في مدينة إب للعام (2024م).

نوع الأنبوب	مادة الصنع	القطر (ملم)	إجمالي الطول (كم)	النسبة %
أنابيب الضخ الرئيسة	ديكتايل + حديد استيل مبطن بالإسمنت ومغلف بالبلاستيك + حديد مجلفن+ حديد مجلفن مغلف	350-100	14.31	%3.5
أنابيب الخطوط الناقلة الرئيسة والفرعية والحارات	ديكتايل	300-100	356.654	%87.5
	ديكتايل + حديد مجلفن+ حديد مجلفن مغلف	150-80		
أنابيب خطوط الربط المباشر والركزات والوصلات المنزلية	حديد مجلفن + حديد مجلفن ومغلف بالبلاستيك	80-12	36.612	%9
الإجمالي		350-12 (ملم)	407.576 (كم)	%100

المصدر: الباحثان اعتماداً على قاعدة البيانات الجغرافية المحدثة والمطورة وعلى (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، 2021: 27).

المصدر: الباحثان اعتماداً على الدراسة الميدانية .بتاريخ ؛2/15 /2024م.
لوحة (1): صور مختلفة لأنابيب مختلفة الصنع في شبكة مياه الشرب في مدينة إب.
المصدر: الباحثان اعتماداً على الدراسة الميدانية.

6.أبرز إشكاليات شبكات مياه الشرب في مدينة إب:

في ضوء النزول الميداني ومسح المكونات والأجزاء المختلفة لشبكات مياه الشرب وإجراء بعض اللقاءات مع بعض المشتركين والقائمين على إدارة شبكة مياه الشرب في مدينة إب؛ توصلت هذه الدراسة إلى معرفة بعض الإشكاليات التي تعانيها شبكات مياه الشرب في منطقة الدراسة، ومن أبرزها ما يأتي:

1-التسريبات من المحابس الخاصة بخطوط الضخ والإسالة والخزانات (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، 2021: 27).

2-وجود تسربات بخطوط الضخ (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، 2021: 48).

3-وجود تسربات بخطوط الإسالة (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، 2021: 48).

4-تسربات للمياه من الركزات والتوصيلات المنزلية والتوصيلات الموجودة بعد العدادات.

5-تسربات المياه في الشبكات الداخلية للمنازل؛ نتيجة عدم استخدام للعوامات واستخدام أنابيب ردئية الصنع.

6-تدني ضغوط الشبكة في بعض المناطق؛ نتيجة للكثافة السكانية المتزايدة في بعض المناطق المخدومة، فضلاً عن صغر أقطار الأنابيب في تلك المناطق؛ وهو ما يعني الحاجة إلى فترة زمنية أطول؛ لكي يرتفع الضغط في تلك المناطق (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، 2021: 27).

7-ربط توصيلات منزلية بخطوط الضخ (السدلات) وبالخطوط الناقلة للمياه خاصة في الشبكات القديمة المنفذة من قبل الشركة الصينية (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، 2021: 48).

8-ضعف كفاءة وحدة التعقيم (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، 2021: 48).

9-طول فترة الدورة المائية لتوزيع مياه الشرب على المناطق المخدومة (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، 2021: 49).

10-الربط غير القانوني من قبل المواطنين (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، 2021: 49).

11-عدم استكمال تشغيل خزان جبل حراثة (المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، 2021: 54).

12-ظهور مشاريع المياه الأهلية في المناطق غير المخدومة والمجاورة للمناطق المخدومة في شبكات توزيع مياه الشرب من قبل المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب؛ وهو ما أدى إلى حدوث تداخل بين الشبكات الحكومية والأهلية، فضلاً عن العبث بمياه المؤسسة، علاوةً على السلبيات الكثيرة لمشاريع المياه الأهلية، التي يمكن تلخيصها بما يأتي:

أ-مشاريع المياه الأهلية تقدم الخدمة بأسعار أعلى من أسعار المؤسسة.

ب-عدم إيصال مياه الشرب النظيفة من قبل مشاريع المياه الأهلية؛ لأنها تخلو من عملية تقنية التعقيم للمياه، فضلاً عن عدم الإشراف المباشر على مشاريع المياه الأهلية من قبل الجهات الحكومية المختصة.

ج-لا يطلق على شبكات المياه الأهلية الحالية مصطلح شبكات توزيع مياه الشرب؛ لأنها شبكات عشوائية ولا تكفي لتغطية كمية استهلاك المياه المطلوبة، فضلاً عن رداءة وعدم جودة الأجزاء الرئيسة لشبكات توزيع المياه التابعة للمشاريع المياه الأهلية؛ لأنها شبكات لم تلتزم بالمواصفات المحلية والعالمية الخاصة بشبكات توزيع مياه الشرب؛ لأنها تستخدم أنابيب ذات جودة رديئة.

د-شبكات مشاريع المياه الأهلية الحالية تعمل على استنزاف مخزون المياه الجوفية بطريقة عشوائية؛ لأنها منفذة من قبل جهة غير مسؤولة.

13-استخدام الخطوط الناقلة للمياه خطوط توزيع في الوقت نفسه.

14-عدم تفعيل محابس (الصمامات) التحكم بطريقة سليمة.

النتائج:

من أهم النتائج التي توصلت إليها هذه الدراسة ما يأتي:

1-تم تحديث قاعدة البيانات الجغرافية القديمة لشبكة مياه الشرب في مدينة إب وتطويرها؛ إذ تمت إضافة بيانات لأطوال وأقطار الأنابيب بحدود (64.472 كم)، لم تكن موجودة ضمن قاعدة البيانات الجغرافية القديمة؛ أي: ما نسبته (19%) من إجمالي أطوال أنابيب شبكة مياه الشرب القديم، البالغ (343.104 كم) (قاعدة البيانات الجغرافية القديمة)، وبنسبة زيادة (119%)؛ فأصبح الطول الكلي لأنابيب شبكة مياه الشرب في مدينة إب في قاعدة البيانات الجغرافية المحدثة والمطورة (407.576 كم)، فضلاً عن دمج أقطار الأنابيب المختلفة وترتيبها، وكذلك دمج جميع خطوط الأنابيب وتصنيفها وفقاً لاتجاه سريان المياه، وأخيراً تصميم (4) قواعد بيانات جغرافية حديثة ومستقلة لشبكات المياه في المديريات واقعة ضمن إطار شبكة مياه الشرب في مدينة إب (مديرية المشنة، ومديرية الظهار، وللمناطق التابعة إدارياً لمديريتي ريف إب وجبلة).

2-بلغ إجمالي الطول الكلي للشبكة خلال الفترة الزمنية ما بين (1987-1990)، حوالي (125.400 كم)، وهو ما يُعادل (36.54%)، بينما خلال الفترة ما بين (1991-2009م) بلغ مقدار الزيادة في أطوال الشبكات حوالي (61.205 كم) ليصبح إجمالي أطوال الأنابيب لشبكات مياه الشرب في مدينة إب حوالي (186.605 كم)، وهو ما يُشكل (17.83%) من إجمالي أطوال أنابيب شبكة مياه الشرب نهاية (2024-2023)، وبنسبة زيادة (49%) من مدة الأساس (1990-1987)، في حين بلغ مقدار الزيادة في أطوال شبكات مياه الشرب خلال المدة ما بين (2010-2019م) حوالي (132.658 كم)؛ ليصبح إجمالي أطوال الأنابيب لشبكات حوالي (319.263 كم)، وتجدر الإشارة إلى أن أعلى نسبة لعملية توسعة شبكة مياه الشرب في مدينة إب حدثت خلال هذه المدة الزمنية ما بين (2010-2019م)؛ إذ بلغت (38.7%) من إجمالي أطوال أنابيب شبكة مياه الشرب (343.104 كم)، وبنسبة زيادة (106%) عن المدة الأساس (1987-1990)، وبلغ مقدار الزيادة في أطوال أنابيب شبكات مياه الشرب خلال الفترة ما بين (2020-2022م) حوالي (18.628 كم)؛ ليصبح الطول الكلي للشبكات حوالي (337.891 كم)، وبنسبة (5.42%) من إجمالي أطوال أنابيب شبكات مياه الشرب (343.104 كم)، وبنسبة زيادة (15%)، وبلغ مقدار الزيادة في أطوال الأنابيب خلال عامي (2023, 2024م) حوالي (5.213 كم)؛ ليصبح الطول الكلي حوالي (343.104 كم)، وهو ما يُعادل (1.51%)، وبنسبة زيادة (4%).

3-تم تقسيم وتصنيف خطوط أنابيب شبكة مياه الشرب في مدينة إب إلى الخطوط الرئيسة للضخ، والخطوط الناقلة رئيسة رقم (1) الخطوط الساخنة، والخطوط الناقلة الفرعية رقم (2)، الخطوط الناقلة الثانوية رقم (3) حارات، وخطوط الربط المباشر من الخطوط الناقلة الرئيسة رقم (1)، وأخيراً الوصلات المنزلية، وفقاً لما يأتي: أقطار الأنابيب، اتجاه سريان المياه، مواقع محابس الغلق الرئيسة ومواقع محابس الغلق والفتح الرئيسة، وتحديداً لمواقع مصادر التغذية، وتحديد عدادات مقترحة لتغذية المناطق وفقاً للخطوط الناقلة الرئيسة وكذلك التحزيم لكل منطقة، وتحزيم المناطق والمربعات السكنية بنظام الصمامات، ونظام توزيع المياه، وأخيراً وفقاً لحجم المستفيدين، وكثافة السكان.

4-بلغت مساحة المناطق المخدومة في شبكات المياه في منطقة الدراسة حوالي (20 كم^2)، وهو ما يمثل (32.3%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة (62 كم^2)، بينما بلغت مساحة المناطق غير المخدومة حوالي (42 كم^2)، وهو ما يُعادل (67.7%).

5-يرجع وجود المناطق غير المخدومة في شبكات توزيع المياه، وأيضاً انخفاض مساحتها في منطقة الدراسة إلى الأسباب الآتية:

5.1-وجود بعض مناطق ضمن منطقة الدراسة غير المخدومة بخدمة توصيل مياه الشرب خاصة المناطق التي تتبع إدارياً مديرية جبلة أراضٍ زراعية، تقل فيها المباني السكنية، فضلاً عن تباعد المباني السكنية فيها؛ وبذلك يصعب على المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب إيصال شبكات توزيع مياه الشرب إليها، فضلاً عن وجود مشاريع المياه الأهلية وبعض المشاريع الحكومية (لمياه الريف، وللمؤسسة المحلية للمياه فرع جبلة).

5.2-المناطق غير المخدومة في شبكات توزيع مياه الشرب الواقعة في الجهة الشرقية والشمالية الشرقية لمدينة إب، التابعة لمديرية ريف إب؛ مناطق على سفوح جبل بعدان شديدة الانحدار؛ وهو ما أدى إلى قلة المباني السكنية فيها، فضلاً عن أن تلك المنحدرات الجبلية يصعب المد والتوسعة لشبكات توزيع مياه الشرب إليها.

5.3-بالنسبة للمناطق غير المخدومة في شبكات توزيع مياه الشرب التابعة لمديرية الظهار فهي إما مناطق ضمن الخطة المستقبلية للمؤسسة المحلية لمياه الشرب فرع مدينة إب لتوسعة شبكات توزيع مياه الشرب، ولم يتم تنفيذها حتى الوقت الراهن، وإما أنها مناطق تقع ضمن مناطق المنحدرات الجبلية شديدة الانحدار حاصة المناطق الواقعة في الجهة الشمالية والجهة الشمالية الغربية لمدينة إب التي تقل فيها المباني السكنية، ويصعب إيصال شبكات توزيع مياه الشرب إليها، خاصة في ظل الظروف الصعبة التي تمر بها اليمن بشكل عام ومحافظة إب بشكل خاص، فضلاً عن وجود مشاريع المياه الأهلية وبعض المشاريع الحكومية (لمياه الريف).

6-تتصدر مديرية المشنة في الاستحواذ على شبكات المياه من حيث الكثافة العالية لشبكات مياه الشرب، بإجمالي أطوال الأنابيب فيها (235.16 كم)، وهو ما يُعادل (57.5%) من الطول الكلي لشبكة المياه، البالغ (407.576 كم)، بينما جاءت في المرتبة الثانية مناطق مديرية الظهار؛ إذ بلغ إجمالي أطوال الأنابيب فيها حوالي (138.933 كم)، وهو ما يُوازي (34%).

7-بلغ الطول الكلي لخطوط الضخ الرئيسة (14.31 كم)، ما نسبته (3.5%)، بينما بلغ طول الخطوط الناقلة الرئيسة رقم (1) (الخطوط الساخنة) (61.54 كم)، ما نسبته (15%)، في حين بلغ طول الخطوط الناقلة الفرعية رقم (2) (158.198 كم)، وهو ما يُعادل (38.8%)، وبلغ طول الخطوط الناقلة الثانوية رقم (3) داخل الحارات (136.916 كم)، وهو ما يُشكل (33.5%)، أما طول خطوط الربط المباشر من

الخطوط الساخنة فبلغ (28.774 كم)، وهو ما يُعادل (7%) من الطول الكلي لشبكة مياه الشرب، (407.576 كم).

8-من أبرز الإشكاليات في شبكات مياه الشرب في مدينة إب تسربات المياه من خطوط الضخ والإسالة والتوزيع والركزات والتوصيلات المنزلية، وكذلك استخدام الخطوط الناقلة للمياه خطوط توزيع في الوقت نفسه، فضلاً عن عدم تفعيل محابس (الصمامات) التحكم بطريقة سليمة، والتوصيلات غير الشرعية، إلى جانب ظهور مشاريع المياه الأهلية في المناطق غير المخدومة والمجاورة للمناطق المخدومة في شبكات توزيع مياه الشرب من قبل المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع مدينة إب؛ وهو ما أدى إلى حدوث تداخل بين الشبكات الحكومية والأهلية، فضلاً عن العبث بمياه المؤسسة.

التوصيات:

من أبرز التوصيات ما يأتي:

1-على المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب القيام بعمليات إحلال شبكات توزيع جديدة محل الشبكات القديمة والتالفة، مع مراعاة توسعة أقطار الأنابيب بما يتناسب مع النمو السكاني والعمراني في المناطق المستهدفة بعملية الإحلال.

2-على المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب استهداف المناطق المحرومة من خدمة توصيل مياه الشرب؛ وذلك من خلال أولاً: توفير مصادر مياه جديدة (حفر آبار المياه الجوفية) في المناطق غير المخدومة، ثانياً: توسعة شبكات توزيع مياه الشرب داخل المناطق غير المخدومة.

3-على المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب تسهيل إجراءات الحصول على عدادات المياه؛ حتى يتسنى للأهالي الحصول على خدمة توصيل المياه؛ وهو ما يؤدي إلى عدم خلق فرصة تدفع الأهالي للتوصيل غير الشرعي.

4-على السلطة المحلية بمحافظة إب بشكل عام وعلى المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب بشكل خاص عدم إتاحة الفرصة لمشاريع المياه الأهلية بالتمدد داخل المناطق غير المخدومة بشبكات توزيع مياه الشرب، والمجاورة للمناطق المخدومة في شبكات توزيع مياه الشرب من قبل المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي؛ حتى لا يحصل تداخل بين الشبكات الحكومية والأهلية، فضلاً عن المحافظة على مياه المؤسسة وعدم العبث بها، وأخيراً للسلبيات الكثيرة لمشاريع المياه الأهلية، التي منها: تقدم الخدمة بأسعار أعلى من أسعار المؤسسة، عدم إيصال مياه الشرب النظيفة، عدم الإشراف المباشر عليها من قبل الجهات الحكومية المختصة، فضلاً عن أنها شبكات عشوائية، ورديئة وعدم جودة أنابيب شبكات توزيع المياه الأهلية، علاوة على أنها تعمل على استنزاف مخزون المياه الجوفية بطريقة عشوائية.

المصادر والمراجع:

1-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 (2024/3/1م).**

2-المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، (2024): **نسخة من قاعدة بيانات نظم المعلومات الجغرافية القديمة غير المحدثة.**

3-المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب، (2021): **خطة المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمحافظة إب من عام (2022م) إلى عام (2025م)**، (غير منشور)، إب، اليمن.

4-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.

5-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)، ص 191-207.

6-ناجي، عادل حمود لطف، وغلاب، علي محمد أحمد، الشامي، عبدالسلام عبدالغني، (2024): **أثر تقنية كرف حصاد مياه الأمطار والسيول الموسمية في تنمية مياه آبار وادي ميتم في مدينة إب**، *مجلة الآداب جامعة ذمار، ذمار، اليمن*، 12(1): 148-190.

7-لقاءات الباحثين مع بعض مدراء المشروع والمشرفين على تنفيذة مشاريع شبكة المياه، خلال مدة الدراسة الميدانية، فضلا عن الحصول على بعض المنشورات المتعلقة بموضوع الدراسة.

8-الاستعانة بتقنية نظام المعلومات الجغرافية "GIS" لقياس المسافات الأرضية حيث مرور الأنابيب بمختلف مسافاتها وحجم اقطارها "ملم" وإسقاط البيانات المتاحة على الخرائط الجغرافية وتتبع مسارات خطوط معظم شبكة مياه الشرب المنزلية القديمة منها والحديثة.