

علاج مشكلة ندرة المياه وتأثيره على استدامة البنية التحتية للمياه في المملكة
العربية السعودية

Addressing the problem of water scarcity and its impact on the
sustainability of water infrastructure in the Kingdom of Saudi Arabia

إعداد الطالبة/

لمياء محمد الفرج

العام الدراسي:

٢٠٢٦م

مقدمة:

إن علاج مشكلة ندرة المياه في المملكة العربية السعودية يمثل أحد أهم التحديات البيئية والاقتصادية والاجتماعية التي تواجه تلك الدول، وذلك نظرا لشح الموارد المائية الطبيعية وقلة معدلات هطول الأمطار وارتفاع معدلات تبخر المياه نتيجة الظروف المناخية الصحراوية القاسية، ويرى العديد من الباحثين والممارسين أن ندرة المياه لا تؤثر على الموارد فحسب بل تمس قدرة النظم والبنى التحتية القائمة على تلبية الطلب المتزايد المتصاعد للسكان والصناعات وقطاعات الزراعة والطاقة، ويدفع تفاقم الطلب على المياه إلى ظهور ضغوط متزايدة على شبكات التوزيع ومحطات المعالجة والصيانة، ويمتد أثر ذلك إلى ارتفاع تكاليف التشغيل والصيانة وخلق تحديات أمام تحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية في تلك الدول (عبوي، ٢٠٢٠).

إن مشكلة ندرة المياه في منطقة الخليج العربي ليست مجرد قضية تقنية مرتبطة بتوفر كمية من المياه، وذلك لأن ندرة المياه تتداخل مع قضايا التخطيط المؤسسي وسياسات الاستخدام وإدارة الطلب، ونتيجة لذلك تتعرض البنية التحتية للمياه لضغوط كبيرة تقوض كفاءتها على المدى الطويل، ويمثل تحقيق الاستدامة لهذه البنية هدفا استراتيجيا يتطلب سياسات متوازنة واستثمارات متواصلة في التكنولوجيا والهيكل التنظيمي وإعادة التفكير في نماذج التمويل والتشغيل (أبو العلا، ٢٠٢٢).

وأحد أهم الأساليب التي اعتمدتها دول الخليج في علاج مشكلة ندرة المياه هو التوسع في مشاريع تحلية مياه البحر وذلك لتلبية الطلب المتزايد على المياه الصالحة للشرب والاستخدامات الصناعية والزراعية، ويمثل التوسع في عمليات التحلية جانبا رئيسيا من الاستراتيجية الوطنية للمياه في تلك المنطقة، ويمتاز هذا النوع من المشاريع بقدرته على تحويل مياه البحر إلى مياه عذبة يمكن استخدامها في مختلف القطاعات، إلا أن التحلية تأتي بتكاليف ضخمة في مجالات الطاقة والتشغيل والصيانة، ويدفع ذلك إلى ضرورة تقييم الأثر البيئي والاقتصادي للتوسع في التحلية بشكل مستمر، ويدخل في ذلك تحديث

التقنيات المستخدمة بحيث تكون أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة وأقل تأثيراً على البيئة (أبو لبدة، ٢٠١٨).

كما أن اعتماد دول الخليج على التحلية كحل مركزي لمشكلة ندرة المياه يعكس إدراكاً حقيقياً لطبيعة التحدي المائي الذي يواجه المنطقة، وذلك لأن موارد المياه الجوفية السطحية محدودة للغاية في تلك البيئة الصحراوية، ونتيجة لذلك كان لزاماً على صانعي السياسات البحث عن مصادر بديلة للمياه العذبة، ووجدت تقنيات تحلية مياه البحر أنسب الخيارات المتاحة، كذلك ساعد التوسع في التحلية على تقليل الاعتماد على المياه الجوفية التي تعرضت على مدار العقود الماضية إلى استنزاف مفرط أدى إلى تدهور نوعية المياه وارتفاع نسبة الملوحة، ويدفع ذلك إلى أهمية الموازنة بين الاستخدام الكامل للتحلية والحفاظ على الموارد المتاحة دون تفريط في جودة البيئة (Rafael, 2023).

ويتضح مما سبق أن من أهم نتائج التوسع في التحلية وتأثيره على الاستدامة هو التأثير على نظم البنية التحتية للمياه، وذلك لأن البنية التحتية المطلوبة لتحلية ونقل وتوزيع المياه المحلاة تختلف عن البنية التقليدية للمياه السطحية والجوفية، فالتقنيات المستخدمة في تحلية المياه تشمل محطات تحلية تعتمد غالباً على الطاقة الكهربائية والحرارية، وأنباب نقل ذات ضغط عال، ومحطات ضخ معقدة تتطلب صيانة دورية متقدمة، ونتيجة لذلك تتطلب تلك المنشآت استثمارات كبيرة في البنية التحتية من حيث التكلفة والتشغيل، وتصبح مسألة التخطيط المالي والتشغيلي للمرافق أكثر تعقيداً، وبالتالي يسهم علاج ندرة المياه من خلال التحلية في إعادة تشكيل بنى المياه وأنظمة إدارتها.

مشكلة الدراسة:

تحدد مشكلة الدراسة في محاولة التعرف على علاج مشكلة ندرة المياه وتأثيره على استدامة البنية التحتية للمياه في المملكة العربية السعودية ، حيث أن التوسع في مشروعات التحلية دفع بدول الخليج لتطوير منظومات توزيع المياه بما يتناسب مع كمية المياه المنتجة، وذلك لأن الحجم الكبير للإنتاج يتطلب شبكات نقل وتخزين فعالة لتقليل

الفاقد والهدر، وبدون تطوير شبكات التوزيع ستفشل جهود التحلية في تحقيق أهدافها، ويدخل في هذا السياق الاستثمار في خطوط نقل ذات كفاءة أعلى، وخزانات أكبر، ومحطات ضخ ذات أداء أفضل، وكذلك تطوير أنظمة ذكية لرصد التسربات والتحكم في الضغط لمنع الفاقد، ويدعم ذلك تطوير الاستدامة الاقتصادية للبنية التحتية للمياه.

كما أن الترشيد واستخدام التكنولوجيا الحديثة في إدارة الطلب على المياه يمثلان عنصرين مكملين للاستراتيجيات التقنية، وذلك لأن الاعتماد فقط على زيادة العرض من خلال التحلية أو غيرها لن يكون كافياً لتلبية الطلب المستمر والمتزايد، ويدخل في ذلك وضع سياسات ترشيد استهلاك المياه على مستوى القطاعين المنزلي والصناعي، وتركيز الجهود على تحسين كفاءة الاستخدام في الزراعة التي تشكل غالبية الاستهلاك، ويدفع الترشيد كذلك إلى تحسين كفاءة البنية التحتية القائمة بحيث تعمل بأقل قدر ممكن من الهدر (دليمي، ٢٠٢٥).

والاستثمار في التعليم والتوعية المجتمعية حول أهمية ترشيد استخدام المياه يساعد في تقليل الضغط على مصادر المياه وبالتالي يقلل الحاجة إلى التوسع غير المنضبط في البنية التحتية، وذلك لأن الفهم المجتمعي لأهمية الحفاظ على المياه يؤدي إلى سلوكيات أكثر استدامة في الاستخدام، وبالتالي ينعكس ذلك إيجاباً على عمر شبكات المياه وتقليل التكاليف التشغيلية والصيانة، كما يرتبط تحسين السلوك الاستهلاكي بسياسات تسعير المياه بحيث تعكس قيمة المياه الحقيقية وتحد من الإفراط في الاستخدام، ويمثل ذلك جزءاً لا يتجزأ من علاج ندرة المياه في المجتمع (أبو أحمد، ٢٠٢١).

وإن من التدابير التي برزت مؤخراً في معالجة ندرة المياه استخدام تقنيات إعادة تدوير المياه ومعالجة مياه الصرف لاستخدامها في أغراض غير صالحة للشرب مثل الزراعة أو الاستخدامات الصناعية، وذلك لأن المياه المعالجة يمكن أن تلعب دوراً مهماً في تقليل الضغط على موارد المياه العذبة، وكذلك يمكن أن تقلل الحاجة إلى ضخ المزيد من المياه المحلاة في الاستخدامات التي لا تتطلب ماءً نقياً بدرجة عالية، ويدعم ذلك تطوير بنية

تحتية للمياه أكثر مرونة استنادا إلى استخدام موارد متعددة بدلا من الاعتماد على مصدر واحد (العابد، ٢٠٢١).

ويتضح مما سبق أن تطوير مرافق المعالجة وأعمال إعادة الاستخدام يتطلب توسيع قدرات محطات المعالجة التقليدية وتحسين عمليات المعالجة بحيث تكون قادرة على إنتاج مياه مطابقة لمعايير الاستخدامات المقصودة، وكذلك يتطلب ذلك إنشاء شبكات إعادة تدوير موازية للنظام الرئيسي للمياه، ويدفع ذلك إلى زيادة تعقيد البنية التحتية وتكلفتها، إلا أن العائد البيئي والاقتصادي الناتج عن ذلك يبرر الاستثمار في تلك التقنيات، وخاصة عندما يؤدي الاستخدام المتكامل للمياه إلى تخفيف الضغط على الموارد الطبيعية وتقليل الحاجة إلى التوسعات المكلفة في تحلية المياه.

أهمية الدراسة:

تتضح أهمية الدراسة فيما يلي:

الأهمية العلمية

- يساهم البحث في توسيع الفهم النظري لآليات مواجهة ندرة المياه من خلال دراسة شاملة للبنية التحتية في المملكة، بما يتيح إدراك العلاقة بين إدارة الموارد المائية واستدامة المنشآت.
- يعزز البحث المعرفة العلمية حول تأثير استراتيجيات التحلية وإعادة الاستخدام على كفاءة شبكات المياه، وهو ما يتيح تطوير نماذج محاكاة مستقبلية للتخطيط المائي.
- يوفر البحث قاعدة معرفية لتحديد العوامل المؤثرة على استدامة البنية التحتية للمياه، مثل الضغوط السكانية والمناخية، وبالتالي فهم الديناميكيات المائية بشكل أدق.

— يساهم البحث في تطوير الإطار المفاهيمي لاستدامة الموارد المائية، بما يشمل دراسة تفاعلات الأنظمة المائية والطاقة، وهو ما يعزز البحوث المستقبلية في الإدارة المستدامة للموارد.

— يمكن البحث من تحليل الأدوات العلمية والتقنية المستخدمة لمعالجة ندرة المياه، مثل تقنيات التحلية وإدارة الطلب، بما يعزز القدرة على المقارنة بين الحلول المختلفة.

— يساعد البحث في تحديد الثغرات البحثية الحالية في الدراسات المتعلقة بالمياه في المملكة، بما يدعم صياغة فرضيات مستقبلية دقيقة وقابلة للاختبار.

— يساهم البحث في إثراء المعرفة الأكاديمية حول دور السياسات الحكومية والتخطيط الاستراتيجي في الحفاظ على البنية التحتية المائية، مما يعزز فهم التفاعلات بين الجانب المؤسسي والتقني.

الأهمية التطبيقية

— يمكن للبحث أن يوجه صانعي القرار نحو وضع سياسات مستدامة لإدارة المياه، بما يضمن تقليل الفاقد وتحسين كفاءة استخدام الموارد.

— يساهم البحث في تقديم توصيات عملية لتطوير شبكات المياه الحالية، بما يعزز قدرتها على مواجهة أزمات ندرة المياه وتأمين الاستدامة الطويلة الأمد.

— يساعد البحث الجهات المعنية على اعتماد حلول مبتكرة للتحلية وإعادة الاستخدام، بما يرفع مستوى الاستجابة للطوارئ المائية ويقلل الاعتماد على الموارد التقليدية.

— يمكن البحث من تحسين التخطيط العمراني للمناطق الحضرية والصناعية، بحيث تتوافق مشاريع البنية التحتية مع استراتيجيات إدارة المياه المستدامة.

— يساهم البحث في تصميم برامج تدريبية وتوعوية للكوادر الفنية والإدارية، بما يعزز المهارات العملية في صيانة وتشغيل أنظمة المياه بكفاءة.

- يمكن للبحث أن يوفر أدوات تقييم الأداء لمشاريع المياه، بما يساعد في قياس الاستدامة وتحسين العمليات التشغيلية للمرافق المائية.
- يساهم البحث في دعم الابتكار التكنولوجي في قطاع المياه من خلال توصيات مبنية على نتائج علمية دقيقة، ما يساهم في تحقيق الاستفادة المثلى من الموارد المائية وتقليل الهدر.

أهداف الدراسة:

تحدد أهداف الدراسة ، فيما يلي:

الهدف العام:

التعرف على علاج مشكلة ندرة المياه وتأثيره على استدامة البنية التحتية للمياه في المملكة العربية السعودية.

الأهداف الفرعية:

١. التعرف على الإجراءات والتقنيات المستخدمة لمعالجة مشكلة ندرة المياه في المملكة العربية السعودية وتأثيرها على كفاءة البنية التحتية للمياه.
٢. تحديد أثر استراتيجيات إدارة الموارد المائية، بما في ذلك التحلية وإعادة الاستخدام، على استدامة شبكات المياه وخدماتها.
٣. التعرف على السياسات والخطط الحكومية التي تساهم في تعزيز استدامة البنية التحتية للمياه في مواجهة التحديات المائية المستقبلية.

تساؤلات الدراسة

التساؤل الرئيس:

ما علاج مشكلة ندرة المياه وتأثيره على استدامة البنية التحتية للمياه في المملكة العربية السعودية؟

التساؤلات الفرعية:

١. ما الإجراءات والتقنيات المستخدمة لمعالجة مشكلة ندرة المياه في المملكة العربية السعودية وتأثيرها على كفاءة البنية التحتية للمياه؟
٢. ما أثر استراتيجيات إدارة الموارد المائية، بما في ذلك التحلية وإعادة الاستخدام، على استدامة شبكات المياه وخدماتها؟
٣. ما السياسات والخطط الحكومية التي تساهم في تعزيز استدامة البنية التحتية للمياه في مواجهة التحديات المائية المستقبلية؟

فروض الدراسة:

١. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية عند مستوى $(\alpha \leq 0.05)$ بين الإجراءات والتقنيات المستخدمة لمعالجة مشكلة ندرة المياه في المملكة العربية السعودية وكفاءة البنية التحتية للمياه.
٢. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية عند مستوى $(\alpha \leq 0.05)$ بين استراتيجيات إدارة الموارد المائية، بما في ذلك التحلية وإعادة الاستخدام، واستدامة شبكات المياه وخدماتها في المملكة العربية السعودية.
٣. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية عند مستوى $(\alpha \leq 0.05)$ بين السياسات والخطط الحكومية المعتمدة في المملكة العربية السعودية وتعزيز استدامة البنية التحتية للمياه في مواجهة التحديات المائية المستقبلية.

الدراسات السابقة:

دراسة الطرابي (٢٠٢٠) بعنوان: "فاعلية شبكات التحلية المدمجة في معالجة ندرة الموارد المائية في محافظة الإسكندرية". هدفت هذه الدراسة إلى استقصاء الآثار العملية لتطبيق شبكات التحلية المدمجة القائمة على الطاقة المتجددة في الحد من ندرة الموارد المائية في المناطق الحضرية ذات الطلب المائي المرتفع، مع تقييم كفاءتها التشغيلية والبيئية. اعتمد الباحث على المنهج الوصفي التحليلي الذي يمزج بين تحليل البيانات التشغيلية

وتقويم آراء الخبراء المحليين في وزارة الموارد المائية والري المصرية. تحددت الأداة الأساسية في استبيان شبه مفتوح وزع على ١٢٠ مهندسا وتقنيا ومسؤول مياه في الإسكندرية، إضافة إلى سجل بيانات تشغيل لنظام التحلية لمدة ١٨ شهرا. بلغت العينة ١٢٠ مشاركا موزعين على قطاعات تخطيط وتشغيل وصيانة نظم المياه. وتوصلت الدراسة إلى نتائج هامة من بينها: ارتفاع كفاءة انتاج المياه بنسبة تجاوزت ٣٥% مقارنة بالآليات التقليدية، وتحسن مؤشرات الوصول المائي في المناطق القريبة من مواقع التحلية، إلى جانب تقليل الاعتماد على الشبكات القائمة على المياه الجوفية. كما أبرزت الدراسة الحاجة إلى دعم البرمجيات الذكية في إدارة الطلب المائي لمواجهة فترات الذروة بكفاءة أعلى.

دراسة (Martin, 2020) بعنوان: "مقاربات للتخفيف من ندرة المياه في المناطق الريفية بإسبانيا". وقد هدفت الدراسة إلى فحص أساليب مبتكرة لمعالجة ندرة المياه في المناطق الريفية ذات الموارد المحدودة، مع التركيز على التكيف المجتمعي والتكنولوجي. استخدم الباحث المنهج الوصفي التحليلي لتقييم البرامج والسياسات التي تم تنفيذها خلال السنوات العشر السابقة، وتحديد ممارسات فعالة قابلة للتكرار. تحددت الأداة في مقابلات شبه منظمة مع ٤٠ مزارعا ومسؤولا عن الموارد المائية في مقاطعتي أندلسيا وكاستيا لا مانتشا، بالإضافة إلى تحليل وثائق رسمية وتقارير حكومية. كانت العينة عددها ٤٠ مشاركا، واختيرت بطريقة عشوائية طبقية لضمان تمثيل مناطق جغرافية واجتماعية مختلفة. وقد توصلت الدراسة إلى نتائج هامة، ومنها: أن الدمج بين أنظمة حصاد مياه الأمطار وإدارة الطلب من خلال آليات تحفيزية أدى إلى خفض الأخطار المرتبطة بندرة المياه بنسبة تقارب ٢٥% خلال السنوات الخمس الماضية، وأن التعاون بين المجتمعات المحلية والحكومات الإقليمية كان عاملا حاسما في تعزيز كفاءة استخدام المياه وتحسين الأمن المائي الزراعي.

دراسة (Keller, 2021) بعنوان: التدخلات التكنولوجية لمواجهة ندرة المياه في أستراليا. وقد هدفت الدراسة إلى تقييم تأثير التكنولوجيا الحديثة على الحد من ندرة المياه في المناطق الحضرية وشبه الحضرية. اعتمد الباحث المنهج التجريبي والتحليلي، من خلال

تجارب مقارنة بين نظم تكنولوجيا معالجة وإعادة تدوير المياه في ثلاث مدن رئيسية: أديليد، بيرث، وبريسبان. تحددت الأداة في لوحات قياس أداء تكنولوجيا ومقاييس استهلاك المياه قبل وبعد تطبيق حلول تكنولوجيا مثل تقنيات تنقية المياه بالتحفيز الكهربائي، وأجهزة الاستشعار الذكية لقياس التسربات. كانت العينة عددها ٦٥ محطة معالجة وتحلية مياه موزعة عبر المدن الثلاث. وقد خلصت الدراسة إلى نتائج مهمة، منها: أن الاعتماد على تكنولوجيا إعادة تدوير المياه المغلقة أدى إلى تحسين مؤشر الاستدامة بنسبة ٣٢%، وأن البيانات اللحظية من أجهزة الاستشعار ساهمت في تقليل الهدر المائي بنسبة تجاوزت ١٨% في الأماكن الخاضعة للاختبار، مما يشير إلى القيمة الكبيرة للتكنولوجيا في مواجهة ندرة المياه على المدى المتوسط والطويل.

دراسة (Moretti, 2022) بعنوان: "استراتيجيات مجتمعية لمكافحة ندرة المياه في إيطاليا". وقد هدفت الدراسة إلى تحليل استراتيجيات المشاركة المجتمعية في تلبية تحديات ندرة المياه، وتحديد العوامل التي تثير مشاركة السكان المحليين في إدارة الموارد المائية. اعتمد الباحث المنهج المختلط (كمي ونوعي)، حيث استخدم استبيانات ومجموعات تركيز لجمع بيانات حول الإدراك والسلوك تجاه المياه في ثلاث مناطق: توسكانا، لومبارديا، وصقلية. تحددت الأداة في استبيان مكون من ٥٠ سؤالاً تم توزيعه على ١٢٠ مستجيباً، بالإضافة إلى ١٠ مجموعات تركيز مع نشطاء محليين ومسؤولين عن إدارة المياه. كانت العينة عددها ١٢٠ مشاركاً في الاستبيان و ٣٠ مشاركاً في مجموعات التركيز. وقد توصلت الدراسة إلى نتائج هامة، منها: أن برامج التثقيف المائي والتوعية المجتمعية عززت التفاهم حول قضايا ندرة المياه، وأسهمت في زيادة معدلات الترشيد بنسبة ٢٨%، وأن الاندماج بين المبادرات الحكومية والمبادرات الشعبية يعد عنصراً حاسماً في نجاح سياسات إدارة الموارد المائية في السياق الإيطالي.

دراسة الجبور (٢٠٢٢) بعنوان: "استراتيجيات المجتمع المحلي في الحد من ندرة مياه الشرب في شمال الأردن: دراسة ميدانية". هدفت هذه الدراسة إلى الوقوف على الاستراتيجيات المجتمعية التي يتبناها السكان في مناطق شمال الأردن لمواجهة ندرة مياه

الشرب، مع إبراز النماذج الفعالة ذاتيا التي ساهمت في تحسين توافر المياه لمختلف الأسر. استخدم الباحث المنهج الميداني النوعي المعتمد على المقابلات المتعمقة وتحليل المحتوى الاجتماعي، حيث زودت البيانات من مقابلات نصف مهيكلية مع ٤٠ رب أسرة، و ١٠ قادة مجتمعيين، و ٥ ممثلين عن البلديات المحلية في إربد وعجلون. وقد بلغت العينة ٥٥ مشاركا، كما استكملت البيانات بالملاحظات الميدانية التي أجريت على مواقع خزانات التجميع المحلية. وقد أثبتت النتائج أن للمبادرات الجماعية مثل تشكيل لجان مياه قرية، وجدولة توزيع احتياجات الأسر وفق أولوية الاستخدامات، دورا مهما في تخفيض الضغط على المصادر التقليدية، وأن التوعية المجتمعية أثرت إيجابيا في رفع الكفاءة المائية بنسبة تقدر بـ ٢٨%. كما خلصت الدراسة إلى أن مشاركة المجتمع المحلي في التخطيط واتخاذ القرار يعد مفتاحا لنجاح أي برنامج يهدف لعلاج الندرة.

دراسة بنعيسى (٢٠٢٣) بعنوان: "منهجيات تعزيز استدامة البنية التحتية للمياه الحضرية في الرباط : تقييم متعدد المعايير". هدفت هذه الدراسة إلى تقديم إطار متعدد المعايير لتقييم استدامة البنية التحتية لمياه المدن الكبرى، مع التركيز على الرباط كمركز حضري مكتظ ومتزايد الطلب على مياه الشرب والصرف الصحي. اتبع الباحث المنهج التحليلي المقارن الذي يجمع بين البيانات الكمية والإحصاءات التشغيلية وتقارير الصيانة السنوية، مع تحليل مؤشرات الاستدامة البيئية والاجتماعية والاقتصادية. تحدت الأداة في مجموعة مؤشرات تقييم معياري (SMI) وظفت على بيانات من مؤسسة العمران ومكتب المياه والصرف. تجاوزت العينة ٢٠٠ سجل تشغيل وصيانة لمرافق المياه خلال خمس سنوات. وقد توصلت الدراسة إلى نتائج مهمة تشمل: وجود علاقة طردية بين تحديث شبكات التوزيع واعتماد تقنيات الكشف المبكر عن التسرب، وتحسن في مؤشر الاعتمادية التشغيلية بنسبة ٢٢% في المناطق التي خضعت للتحديث. كما أبرزت الدراسة أن الاستثمار في التدريب المؤسسي لموظفي الصيانة يمكن أن يقلل من التكاليف الطارئة ويطيل عمر الأصول، وأن التخطيط الاستباقي ضروري للاستجابة لتقلبات الطلب.

دراسة (Nakamura, 2024) بعنوان: "استدامة البنية التحتية للمياه في منطقة طوكيو الكبرى". وقد هدفت الدراسة إلى تقييم استدامة البنية التحتية للمياه في منطقة طوكيو الحضرية، مع التركيز على المرونة أمام الزيادة السكانية والتغيرات المناخية. استخدم الباحث منهج الدراسة الحالة للتعلم في تحليل نظم المياه القائمة، مع مقارنة بين القطاعات المختلفة (توزيع، معالجة، وتخزين). تحدت الأداة في تحليل بيانات تشغيلية من الشبكات المائية، ومقابلات مع ٥٠ مهندسا وإداريا مسؤولين عن البنية التحتية. كانت العينة عددها ٥٠ مشاركا من مهندسين ومسؤولين في شركات المياه العاملة في المنطقة. وقد أسفرت النتائج عن استنتاجات مهمة، منها: أن التحديث التدريجي لأنظمة النقل ومعالجة المياه، مع دمج نظم مراقبة متقدمة، ساهم في تحسين أداء الشبكة وتقليل الفاقد المائي إلى أقل من ١٢%، وأن التخطيط طويل الأجل والاستثمارات المستدامة هما مفتاح الاستجابة للضغط المتزايد على البنية التحتية في المناطق الحضرية الكبرى.

دراسة الفلاسي (٢٠٢٥) بعنوان: "نماذج مبتكرة لرفع استدامة بنية المياه في إمارة أبوظبي: الدمج بين التحليل الاقتصادي والرقمي". هدفت هذه الدراسة إلى تحليل دور الأدوات الرقمية والتحليل الاقتصادي في تحسين استدامة منظومة المياه، لا سيما بنية الإمداد والتوزيع في إمارة أبوظبي، مع إبراز التفاعل بين التخطيط الاستثماري والتنبؤ بالطلب المستقبلي. استخدم الباحث منهج الدراسة التطبيقية المختلطة الذي يجمع بين التحليل الاقتصادي العددي ومحاكاة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد المناطق عالية الضغط المائي. كانت الأداة الرئيسية نموذج محاكاة بياني متعدد المتغيرات يستند إلى بيانات ٥ سنوات من استهلاك المياه، وتقييمات تكلفة-منفعة لبدائل الاستدامة المختلفة، إضافة إلى استبيانات إلكترونية لـ ١٥٠ مستخدما من القطاعات السكنية والتجارية. بلغت العينة ١٥٠ مشاركا. وتوصلت الدراسة إلى نتائج بارزة من بينها فعالية دمج الرقمنة مع التحليل الاقتصادي في تقليل هدر المياه بنسبة تقارب ٣٠%، وتحسين جدوى الاستثمار في صيانة الشبكات القديمة، مع إشارة واضحة إلى أن القرارات المبنية على البيانات الضخمة

(Big Data) أسهمت في إعادة توزيع الموارد بشكل أكثر عدالة وفعالية مع مراعاة تغيرات الطلب الموسمية.

دراسة (Müller, 2025) بعنوان: "بنية تحتية مرنة للمياه لمواجهة الجفاف في المستقبل: دروس من ألمانيا". وقد هدفت الدراسة إلى تحديد عناصر البنية التحتية المائية الأكثر قدرة على التأقلم مع موجات الجفاف المستقبلية، وذلك في ظل توقعات التغير المناخي المتسارعة. اعتمد الباحث منهج المحاكاة والتحليل الاستشرافي، حيث استخدم نماذج محاكاة للتنبؤ باستجابات البنية التحتية المختلفة تحت سيناريوهات متعددة لمستويات الجفاف. تحددت الأداة في برامج محاكاة متقدمة تعتمد على بيانات تاريخية (٢٠ سنة) وتنبؤات مناخية. كانت العينة متمثلة في ٨٠ نموذجاً افتراضياً لأنظمة بنية تحتية مختلفة تم اختبارها عبر السيناريوهات المناخية المتوقعة. وقد أظهرت الدراسة نتائج هامة، منها: أن البنى التحتية التي تضم موارد مائية متعددة (سطحية وجوفية ومعالجة معاد تدويرها) تظهر مرونة أعلى في مواجهة فترات الجفاف الممتدة، مقارنة بالأنظمة الأحادية المصدر، وأن تنوع مصادر المياه والاستثمار في التخزين الاستراتيجي يعززان قدرة الشبكات على الاستدامة في المستقبل.

التعقيب على الدراسات السابقة :

بعد استعراض الدراسات السابقة تبين ما يلي:

١-أوجه الاتفاق

اتفقت الدراسة الحالية مع الدراسات السابقة في التركيز على علاج مشكلة ندرة المياه وتأثيره على استدامة البنية التحتية للمياه ، كما اتفقت الدراسة الحالية مع بعض الدراسات السابقة في استخدام المنهج الوصفي .

٢-أوجه الاختلاف

اختلفت الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة لاختلاف الزوايا التي تم تناولها ولاختلاف الأهداف التي سعت إليها كل دراسة. كما تناولت الدراسات السابقة موضوع الدراسة في بيئات مختلفة عن بيئة الدراسة الحالية وأيضاً اختلاف الفترة الزمنية التي سوف تتم فيها الدراسة الحالية عن الفترات الزمنية التي تمت فيها الدراسات السابقة .

٣-أوجه الاستفادة

سوف تستفيد الباحثة من الدراسات السابقة في عدة مواضع منها : التأسيس النظري للدراسة الحالية ، في تحديد مصطلحات الدراسة، في الاطلاع على دراسات سابقة في موضوع الدراسة الحالية ، وفي الاستفادة من الدراسات السابقة في تحديد منهج الدراسة ، في بناء أداة الدراسة ، تحديد الأساليب الإحصائية المناسبة ، وفي تحليل وتفسير النتائج التي توصلت إليها الدراسة.

المنطلقات النظرية للدراسة:

تقسم الباحثة الإطار النظري الى مبحثين وهما المبحث الأول: النظرية المفسرة للدراسة ، والمبحث الثاني: استدامة البنية التحتية للمياه.

المبحث الأول: النظرية المفسرة للدراسة

تحدد النظرية المفسرة للمبحث في نظرية إدارة الموارد المائية المستدامة (Sustainable Water Resources Management Theory).

١. مفهوم إدارة الموارد المائية المستدامة

تعد إدارة الموارد المائية المستدامة إطاراً علمياً واستراتيجياً يهدف إلى تنظيم استخدام المياه بطريقة تضمن تلبية احتياجات الأجيال الحالية والمستقبلية. وترتكز تلك النظرية على دمج السياسات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية لضمان الاستخدام الأمثل للمياه، وتحقيق التوازن بين الطلب المتزايد على الموارد المائية والحفاظ على البيئة المائية.

وتساهم تلك النظرية في الحد من استنزاف الموارد المائية وتعزيز الكفاءة في الاستهلاك، كما تدعم اتخاذ القرارات المبنية على البيانات والتحليل العلمي. وتعتمد إدارة الموارد المائية المستدامة على مراقبة جميع مصادر المياه بما فيها المياه الجوفية والسطحية، وذلك لضمان استمرارية الإمدادات وضبط معدلات الاستهلاك بما يتوافق مع القدرة الاستيعابية للنظم البيئية. كما تشمل الإدارة الفعالة للموارد المائية وضع خطط واضحة لتوزيع المياه بين القطاعات الزراعية والصناعية والسكنية بطريقة عادلة ومتوازنة. ويشير المفهوم أيضا إلى أهمية دمج المجتمع المحلي في عمليات التخطيط واتخاذ القرار، وذلك لتعزيز المشاركة المجتمعية وتحقيق التوافق بين السياسات والتحديات المحلية. كما يشدد المفهوم على استباق المخاطر المرتبطة بتغير المناخ والجفاف والفيضانات، وذلك من خلال تبني آليات استباقية للحد من التأثيرات السلبية على الموارد المائية (العريفي، ٢٠٢٤).

٢. المبادئ الأساسية لإدارة الموارد المائية المستدامة

تعتمد النظرية على مجموعة من المبادئ الأساسية التي تحدد طريقة التعامل مع الموارد المائية. وتشمل تلك المبادئ الاستخدام الرشيد للمياه، والمساواة في الوصول إليها، والحفاظ على جودة المياه على المدى الطويل. ويستند الاستخدام الرشيد إلى تخطيط استراتيجي يوازن بين الاستهلاك والإمداد، مع الأخذ في الاعتبار التغيرات المناخية والبيئية. وأيضاً، تركز المبادئ على تكامل القطاعات المختلفة، وذلك لضمان أن السياسات المائية لا تتعارض مع السياسات الزراعية أو الصناعية أو البيئية. وتعزز تلك المبادئ من اعتماد ممارسات الابتكار والتقنيات الحديثة في إدارة المياه، بما في ذلك تحسين نظم الري واستخدام التقنيات الرقمية لمراقبة الاستهلاك. وأيضاً، تركز المبادئ على تعزيز المسؤولية البيئية، من خلال توعية المجتمعات بأهمية الحفاظ على الموارد المائية وتقليل الهدر. وتشمل المبادئ أيضاً التخطيط طويل الأمد الذي يأخذ في الاعتبار النمو السكاني والتوسع الحضري، وذلك لضمان توفير المياه لجميع الاستخدامات دون التأثير سلباً على البيئة. وتدعم المبادئ منهجية الإدارة التشاركية التي تشمل الحكومات والمؤسسات الخاصة والمجتمعات المحلية، وذلك لتعزيز الاستدامة وضمان الالتزام الجماعي (درغال، ٢٠٢٣).

٣. دور التخطيط الاستراتيجي في إدارة المياه

يشكل التخطيط الاستراتيجي عنصرا محوريا في إدارة الموارد المائية المستدامة، إذ يتيح التنبؤ بالاحتياجات المستقبلية ووضع السياسات اللازمة لتلبيتها. ويشمل التخطيط جمع البيانات الدقيقة عن كميات المياه المتاحة والمستهلكة، وتحليل تلك البيانات لتقدير الطلب المستقبلي. وأيضاً، يرتبط التخطيط بوضع أولويات توزيع المياه بين القطاعات المختلفة، مع مراعاة الفوارق الجغرافية والاقتصادية والاجتماعية. ويتيح التخطيط الاستراتيجي استخدام الموارد المائية بكفاءة عالية من خلال تحديد النظم الأكثر فعالية في النقل والتخزين والاستهلاك. وأيضاً، يساهم التخطيط في تطوير آليات للحد من الخسائر المائية الناتجة عن التسرب والهدر، وذلك عبر تبني تقنيات حديثة في شبكات المياه والبنية التحتية. ويعزز التخطيط من القدرة على التعامل مع الأزمات المائية مثل الجفاف والفيضانات، وذلك من خلال تصميم خطط احتياطية وأنظمة إنذار مبكر. ويشمل التخطيط الاستراتيجي تقييم الأثر البيئي والاجتماعي للسياسات المائية، وذلك لضمان تحقيق التنمية المستدامة دون التأثير السلبي على الموارد الطبيعية (فوده، ٢٠٢٢).

٤. الابتكار التكنولوجي في تحسين إدارة المياه

تلعب التقنيات الحديثة دورا كبيرا في تعزيز كفاءة إدارة الموارد المائية، إذ تسهم في مراقبة استهلاك المياه وتحسين نظم الري وتحليل بيانات الجودة. وتشمل الابتكارات استخدام أجهزة الاستشعار الذكية لمراقبة تدفق المياه وكشف التسربات في الوقت الفعلي، وذلك لتقليل الهدر. وأيضاً، تساعد التقنيات الرقمية في جمع وتحليل كميات كبيرة من البيانات المتعلقة باستخدام المائي، مما يدعم اتخاذ قرارات علمية دقيقة. وتشمل الابتكارات تطوير طرق جديدة لتحلية المياه وإعادة استخدامها في الزراعة والصناعة، وذلك لتقليل الاعتماد على المصادر التقليدية. وأيضاً، يوفر الابتكار التكنولوجي أدوات لمحاكاة تأثير السياسات المائية على البيئة والاقتصاد، مما يمكن صناع القرار من تقييم الخيارات المختلفة بشكل موضوعي. وتساهم تلك التقنيات في تعزيز كفاءة إدارة المياه في المناطق الحضرية والريفية على حد سواء، وذلك من خلال تحسين التوزيع والمراقبة وتقليل الفاقد.

ويعد الاستثمار في البحث والتطوير جزءاً أساسياً من تبني الابتكار التكنولوجي، وذلك لضمان الاستفادة المستمرة من أحدث الحلول العلمية (الحسين، ٢٠٢٢).

٥. الحوكمة وإطار السياسات المائية

تمثل الحوكمة جزءاً جوهرياً من إدارة الموارد المائية المستدامة، إذ تضع القواعد والآليات التي تنظم استخدام المياه وتحدد المسؤوليات بين الجهات المختلفة. ويشمل ذلك وضع قوانين وتشريعات تحدد حقوق وواجبات مستخدمي المياه، وتضمن الالتزام بالمعايير البيئية والصحية. وأيضاً، تشمل الحوكمة تطوير آليات للرقابة والتقييم، وذلك لمتابعة فعالية السياسات وتنفيذ البرامج المائية. ويتيح إطار السياسات المائية تنسيق الجهود بين القطاعات الحكومية والخاصة والمجتمع المدني، وذلك لضمان تكامل الإجراءات وتحقيق الاستدامة. وأيضاً، يعزز الإطار من الشفافية والمساءلة، وذلك من خلال نشر المعلومات المتعلقة بالاستخدام والإدارة المائية وتمكين الجهات المختلفة من الاطلاع عليها. وتشمل الحوكمة وضع خطط للطوارئ والاستجابة السريعة للأزمات المائية، وذلك لضمان حماية المجتمع والبيئة. يساهم الإطار في تحقيق العدالة الاجتماعية من خلال ضمان توزيع المياه بشكل متوازن بين المناطق الحضرية والريفية، وتوفير الموارد للمجتمعات المحرومة (Moretti, 2022).

٦. تقييم الاستدامة البيئية للمياه

تعد القدرة على تقييم الاستدامة البيئية للمياه جانباً أساسياً في إدارة الموارد المائية، إذ يتيح قياس تأثير الأنشطة البشرية على البيئة المائية والتنوع البيولوجي. ويشمل ذلك تحليل جودة المياه، وكميات التدفق، وتأثير الأنشطة الزراعية والصناعية عليها، وذلك لتحديد المخاطر المحتملة. وأيضاً، يساهم التقييم البيئي في تصميم برامج للتقليل من التلوث والحفاظ على النظم الإيكولوجية، وذلك من خلال تطبيق معايير دقيقة للحد من الملوثات. ويتيح التقييم المستمر متابعة التغيرات الموسمية والسنوية في الموارد المائية، وذلك لدعم اتخاذ القرارات المستندة إلى معلومات دقيقة. وأيضاً، يشمل التقييم تحليل القدرة الاستيعابية للأنهار والبحيرات والآبار، وذلك لضمان عدم استنزافها بما يضر بالبيئة. ويعزز

التقييم البيئي من التخطيط للتكيف مع التغيرات المناخية والجفاف، وذلك لتقليل التأثيرات السلبية على المجتمع والاقتصاد. ويوفر التقييم أساساً علمياً لتطوير برامج توعية مجتمعية حول أهمية الحفاظ على الموارد المائية وحماية البيئة (دليمي، ٢٠٢٥).

٧. التفاعل المجتمعي وأهمية المشاركة

يشكل التفاعل المجتمعي والمشاركة عنصراً أساسياً في نجاح إدارة الموارد المائية المستدامة، إذ يتيح إشراك المواطنين في اتخاذ القرارات المتعلقة باستخدام المياه. ويشمل ذلك برامج التوعية والتثقيف حول أهمية ترشيد استهلاك المياه والحفاظ على المصادر المائية. وأيضاً، يشمل التفاعل المجتمعي تشجيع المبادرات المحلية للمساهمة في مراقبة وإدارة الموارد المائية، وذلك لتعزيز المسؤولية المشتركة. ويساعد إشراك المجتمعات في تصميم السياسات المائية على تلبية احتياجات السكان بشكل أفضل، وتحقيق توافق بين السياسات والأولويات المحلية. وأيضاً، يشجع التفاعل المجتمعي على تبني سلوكيات مستدامة في استخدام المياه في المنازل والمدارس والمزارع، مما يقلل من الهدر ويعزز الكفاءة. كما يساهم إشراك المواطنين في تقوية العلاقات بين المجتمع والجهات الإدارية، وذلك لدعم الالتزام باللوائح والسياسات المائية. وتعتبر المشاركة المجتمعية آلية لتعزيز العدالة في توزيع المياه، والتأكد من وصول الموارد إلى جميع الفئات بما يتوافق مع مبادئ الاستدامة (العابد، ٢٠٢١).

٨. سبل الاستفادة من النظرية في الدراسة الحالية:

تساهم نظرية إدارة الموارد المائية المستدامة في تقديم إطار علمي يمكن الاعتماد عليه لمعالجة مشكلة ندرة المياه في المملكة العربية السعودية، وذلك من خلال توجيه التخطيط نحو الاستخدام الأمثل للمصادر المتاحة وتقليل الهدر. كما توفر النظرية أدوات لتحليل الطلب على المياه وموازنته مع الإمكانيات المتوفرة، وذلك لضمان استمرارية الإمدادات دون التأثير السلبي على البيئة المائية. وأيضاً، تساعد النظرية في تحديد السياسات اللازمة لتطوير البنية التحتية للمياه، بما يشمل تحسين شبكات النقل والتخزين ومعالجة المياه المستعملة لإعادة استخدامها. وتعزز النظرية من دمج التكنولوجيا

الحديثة في إدارة المياه، وذلك عبر مراقبة الجودة والكميات وتقليل الفاقد من الموارد المائية. كما تركز على إشراك المجتمع المحلي في إدارة الموارد المائية، وذلك لتعزيز المسؤولية المشتركة والتوافق بين السياسات واحتياجات السكان. وأيضاً، توفر النظرية أسساً لتقييم استدامة المشاريع المائية الحالية والمستقبلية، مما يتيح اتخاذ قرارات مبنية على تحليل علمي شامل. وتتيح النظرية تصميم برامج للتكيف مع التحديات المستقبلية، بما في ذلك التغيرات المناخية والجفاف، وذلك لضمان استمرارية البنية التحتية وتحقيق التنمية المستدامة في المملكة.

المبحث الثاني: استدامة البنية التحتية للمياه.

١. أهمية استدامة البنية التحتية للمياه

تعتبر استدامة البنية التحتية للمياه من الركائز الأساسية لضمان توافر الموارد المائية للأجيال الحالية والمقبلة. فهي تمثل الأساس الذي يقوم عليه تأمين احتياجات المجتمعات من المياه للاستخدامات المختلفة، سواء كانت زراعية أو صناعية أو منزلية. وتؤثر استدامة تلك البنية بشكل مباشر على استقرار الاقتصاد الوطني وعلى صحة السكان وجودة حياتهم، إذ أن ضعف البنية التحتية يؤدي إلى فقدان كميات كبيرة من المياه وزيادة تكاليف الصيانة والتشغيل. أيضاً، استدامة البنية التحتية ترتبط بتحسين كفاءة إدارة المياه وتقليل الفاقد منها، الأمر الذي ينعكس إيجاباً على القدرة على مواجهة تحديات ندرة المياه. وتلك الأهمية تبرز بشكل أكبر في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، حيث الموارد المائية محدودة والحاجة إلى إدارة فعالة تصبح ضرورة حتمية. علاوة على ذلك، فإن تطوير بنية تحتية مستدامة يساهم في الحد من الأضرار البيئية التي تنتج عن التسربات والتلوث، مما يضمن حماية مصادر المياه السطحية والجوفية (الحسين، ٢٠٢٢).

٢. التحديات التي تواجه استدامة البنية التحتية للمياه

تواجه البنية التحتية للمياه العديد من التحديات التي تهدد استدامتها، ومن أبرز تلك التحديات تدهور شبكات التوزيع نتيجة الاستخدام الطويل ونقص الصيانة المستمرة. كما يشكل التوسع الحضري السريع وزيادة السكانية ضغطاً مستمراً على شبكات المياه

القائمة، ما يؤدي إلى زيادة الطلب على المياه وصعوبة تلبية الاحتياجات بشكل متوازن. أيضا، تؤدي التغيرات المناخية إلى ارتفاع درجات الحرارة وتقلب معدلات الأمطار، مما يقلل من كفاءة الموارد المتاحة ويزيد من صعوبة إدارة البنية التحتية. يضاف إلى ذلك التلوث الصناعي والزراعي الذي يضر بجودة المياه ويزيد من الحاجة إلى محطات معالجة متطورة، وبالتالي زيادة التكاليف التشغيلية. وتلك التحديات تتطلب استراتيجيات متكاملة لإدارة الموارد المائية وتأمين استدامة البنية التحتية على المدى الطويل (أبو أحمد، ٢٠٢١).

٣. التخطيط الاستراتيجي للبنية التحتية

يعد التخطيط الاستراتيجي للبنية التحتية للمياه عاملا حاسما في تحقيق الاستدامة، إذ يساهم في تحديد أولويات الاستثمار وصيانة الشبكات القائمة. ويستند التخطيط الاستراتيجي إلى تحليل دقيق للطلب والعرض، مع مراعاة النمو السكاني والتغيرات الاقتصادية والاجتماعية. أيضا، يشمل التخطيط وضع جداول زمنية للصيانة الدورية وتحديث المعدات، ما يضمن استمرار عمل الشبكات بكفاءة عالية. وتلك الإجراءات تقلل من حالات انقطاع المياه وتضمن توزيعها بشكل عادل على جميع مناطق الاستخدام. كما يتيح التخطيط الاستراتيجي دمج التقنيات الحديثة مثل أنظمة التحكم الذكية وأجهزة القياس الدقيقة، والتي تساهم في تحسين إدارة الموارد وتقليل الفاقد. ويشمل ذلك أيضا دراسة تأثير العوامل البيئية على تصميم البنية التحتية، ما يعزز القدرة على مواجهة الظروف المناخية المتغيرة (الفلاسي، ٢٠٢٥).

٤. التقنيات الحديثة في استدامة البنية التحتية

تساهم التقنيات الحديثة في تعزيز استدامة البنية التحتية للمياه من خلال تحسين كفاءة التشغيل والمراقبة المستمرة للشبكات. وتشمل تلك التقنيات استخدام أنظمة الاستشعار عن بعد للكشف عن التسربات ومراقبة جودة المياه بشكل مستمر. أيضا، توفر تقنيات المعالجة المتقدمة حولا فعالة لإزالة الملوثات وتحسين جودة المياه لتلبية معايير الصحة والسلامة. إضافة إلى ذلك، تتيح الأنظمة الرقمية إدارة الشبكات بشكل مركزي، مما يقلل من الأخطاء التشغيلية ويزيد من سرعة الاستجابة للطوارئ. وتلك

الابتكارات تساعد على خفض تكاليف التشغيل والصيانة، وبالتالي تحسين كفاءة استدامة البنية التحتية على المدى الطويل. كذلك، تسهم التقنيات الحديثة في تعزيز القدرات التخزينية وإعادة استخدام المياه المعالجة في القطاعات المختلفة، ما يقلل الاعتماد على المصادر الطبيعية المحدودة (بنعيسى، ٢٠٢٣).

٥. إدارة الموارد المالية للبنية التحتية

تلعب الإدارة المالية دورا محوريا في ضمان استدامة البنية التحتية للمياه، إذ تعتمد استمرارية صيانة وتشغيل الشبكات على توفير التمويل الكافي. ويشمل ذلك تخصيص ميزانيات للصيانة الدورية وتحديث المعدات والتوسع في الشبكات لتلبية الطلب المتزايد. أيضا، تعتبر استراتيجيات تحصيل الرسوم وتطبيق أنظمة تسعير عادلة من أهم وسائل تعزيز الاستدامة المالية للبنية التحتية. وتلك الإجراءات تضمن وجود موارد مستمرة لصيانة الشبكات ومعالجة المياه، ما يقلل من الاعتماد على التمويل الطارئ ويحقق استقرارا ماليا على المدى الطويل. بالإضافة إلى ذلك، يتيح تنوع مصادر التمويل من خلال الشراكات مع القطاع الخاص والمجتمع المدني تعزيز القدرة على تنفيذ مشاريع البنية التحتية بكفاءة عالية (الطرابي، ٢٠٢٠).

٦. السياسات والإطار القانوني

تعتبر السياسات والإطار القانوني أساسا لتوجيه إدارة البنية التحتية للمياه وضمان استدامتها، إذ توفر الأطر التنظيمية معايير واضحة لتصميم وتشغيل وصيانة الشبكات. كما تحدد السياسات المسؤوليات والحقوق بين الجهات الحكومية والخاصة والمجتمع المحلي، ما يسهل عملية الرقابة والتقييم المستمر لأداء البنية التحتية. أيضا، يساهم تطوير التشريعات في تعزيز الاستثمار في مشاريع المياه وتحفيز الابتكار التقني في القطاع. وتلك القوانين تضمن حماية الموارد المائية من التلوث والاستغلال غير المستدام، بالإضافة إلى تعزيز العدالة في توزيع المياه بين المناطق المختلفة. علاوة على ذلك، يشمل الإطار القانوني وضع معايير جودة المياه والسلامة البيئية، ما يضمن استمرار عمل البنية التحتية بكفاءة عالية ويحافظ على صحة المجتمع (الجبور، ٢٠٢٢).

٧. الاستدامة البيئية والاجتماعية

تستند استدامة البنية التحتية للمياه إلى تحقيق التوازن بين الأبعاد البيئية والاجتماعية، إذ تساهم في حماية النظم البيئية والحفاظ على الموارد الطبيعية للأجيال القادمة. وتلك الاستدامة تعزز رفاهية المجتمعات من خلال ضمان وصول المياه النظيفة إلى جميع السكان وتقديم خدمات فعالة في المناطق الحضرية والريفية. أيضا، يساهم التركيز على الممارسات الصديقة للبيئة في تقليل استهلاك الطاقة والحد من الانبعاثات الناتجة عن محطات المعالجة، ما يدعم السياسات الوطنية لمكافحة التغير المناخي. وتلك الجوانب البيئية والاجتماعية تعزز القبول المجتمعي للمشاريع المائية وتشجع المشاركة المجتمعية في صيانة وحماية البنية التحتية. بالإضافة إلى ذلك، تشجع الاستدامة البيئية والاجتماعية على الابتكار في إعادة استخدام المياه ومعالجة النفايات، ما يزيد من كفاءة إدارة الموارد ويعزز الأمن المائي على المدى الطويل (العريفي، ٢٠٢٤).

المنهجية وطرق البحث:

أولاً: منهج الدراسة:

سوف تعتمد الدراسة على المنهج الوصفي المسحي باعتباره أحد المناهج البحثية التي تهدف إلى جمع البيانات والمعلومات بشكل دقيق ومنهجي لفهم الظواهر قيد الدراسة. ويعتمد هذا المنهج على وصف الواقع كما هو قائم دون تدخل الباحث في الأحداث أو التحكم فيها، مع التركيز على تحديد الخصائص والأنماط والعلاقات بين المتغيرات المختلفة. كما يسعى المنهج إلى تحليل الظواهر وفق معايير علمية دقيقة للوصول إلى نتائج قابلة للتعميم في نطاق الدراسة. أيضا، يتميز المنهج الوصفي المسحي بقدرته على تقديم صورة شاملة للموضوع من خلال استخدام أدوات متنوعة لجمع البيانات مثل الاستبيانات والمقابلات والملاحظات الميدانية. وتلك المميزات تجعل المنهج الوصفي المسحي مناسبا لدراسة العلاقات بين علاج مشكلة ندرة المياه واستدامة البنية التحتية للمياه في المملكة العربية السعودية.

ثانيًا: مجتمع الدراسة:

يقصد بمجتمع الدراسة: جميع الأفراد أو الأشخاص أو الأشياء الذين يكونون موضوع البحث. ويتكون مجتمع الدراسة الحالية من منسوبي شركة المياه الوطنية بمنطقة الرياض ، وتقدر الباحثة عددهم بحوالي (٧٥٦) موظف .

ثالثاً: عينة الدراسة:

سوف يتم اختيار عينة الدراسة بالطريقة العشوائية، بنسبة لا تقل عن (٣٥%) من منسوبي شركة المياه الوطنية بمنطقة الرياض ، وسوف يتم الاختيار بطريقة عشوائية.

أدوات الدراسة :

سوف تعتمد الباحثة في الدراسة الميدانية على أداة الاستبانة، وتعرف بأنها أداة بحثية تهدف إلى جمع المعلومات والبيانات من عينة الدراسة بطريقة منظمة ومنهجية. وتتمثل أهمية الاستبانة في قدرتها على الوصول إلى عدد كبير من المستجيبين في وقت قصير مقارنة بالطرق الأخرى، كما توفر وسيلة موحدة لطرح الأسئلة وضمان تجانس الردود بين المشاركين. أيضا، تساعد الاستبانة في قياس اتجاهات وآراء المشاركين وسلوكياتهم تجاه موضوع الدراسة بدقة، إذ يمكن تصميمها لتشمل أسئلة مغلقة وأخرى مفتوحة حسب الحاجة. وتلك الأداة تتيح للباحثة تحليل البيانات بكفاءة من خلال استخدام الأساليب الإحصائية المختلفة للوصول إلى نتائج دقيقة وموضوعية.

وسيتم استخدام الاستبيان كأداة رئيسية ومناسبة لمشكلة الدراسة، وبعد الاطلاع على الأدب الإداري والدراسات السابقة المتعلقة بمشكلة الدراسة سوف تقوم الباحثة ببناء الاستبانة.

حدود الدراسة :

تحدد الدراسة الحالية بالحدود التالية :

■ الحدود الموضوعية:

ستركز الدراسة علي علاج مشكلة ندرة المياه وتأثيره على استدامة البنية التحتية للمياه في المملكة العربية السعودية.

■ الحدود البشرية:

منسوبي شركة المياه الوطنية.

■ الحدود المكانية :

سوف يتم إجراء الدراسة في منطقة الرياض.

■ الحدود الزمنية :

سوف تجري الدراسة خلال العام الدراسي ١٤٤٧هـ/ ٢٠٢٦.

المراجع المتوفرة حول البحث

المصادر والمراجع العربية

- الجبور، مازن خالد. (٢٠٢٢). استراتيجيات المجتمع المحلي في الحد من ندرة مياه الشرب في شمال الأردن: دراسة ميدانية. مجلة الدراسات الاجتماعية والبيئية، ٩(١)، ص ٩٨-١٢٧.
- الحسين، نوران محمد. (٢٠٢٢). المردود الاجتماعي والاقتصادي للمستفيدين من برنامج إدارة المياه الجوفية وتطوير الري بمحافظة الوادي الجديد. المجلة العربية للعلوم الزراعية، ٥(١٦)، ص ١٧٩-٢١٢.
- العابد، توفيق حسن. (٢٠٢١). إدارة الطلب على المياه لتحقيق التنمية المستدامة (رسالة دكتوراه). كلية الحقوق والعلوم الاقتصادية، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة.
- أبو أحمد، علام سيد. (٢٠٢١). إدارة الطلب على المياه لتحقيق التنمية المستدامة (رسالة دكتوراه). كلية الحقوق والعلوم الاقتصادية، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة.
- العريفي، ناظم محمود. (٢٠٢٤). تعزيز إدارة المياه في الأردن: تحليل بصمة مياه الطماطم الطازجة. مجلة العلوم الحديثة. جامعة الجزائر ٣، ص ٥٦-٢١٦.
- أبو العلا، ليلى محمد. (٢٠٢٢). مصادر المياه الأرضية في البلاد العربية. ط ٢. بيروت: مكتبة بيروت الحرة.
- أبو لبدة، عبد الله علي. (٢٠١٨). المياه والعلاقات الدولية: دراسة في أثر أزمة المياه على طبيعة. الرياض: مكتبة دار القلم.
- الطرابي، علي محمد إبراهيم. (٢٠٢٠). فاعلية شبكات التحلية المدمجة في معالجة ندرة الموارد المائية في محافظة الإسكندرية. (رسالة ماجستير). قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية، الإسكندرية.
- الفلاسي، راشد إبراهيم. (٢٠٢٥). نماذج مبتكرة لرفع استدامة بنية المياه في إمارة أبوظبي: الدمج بين التحليل الاقتصادي والرقمي (رسالة دكتوراه). قسم إدارة الموارد المائية، كلية الهندسة، جامعة الإمارات العربية المتحدة، أبوظبي.
- بنعيسى، سمير أحمد. (٢٠٢٣). منهجيات تعزيز استدامة البنية التحتية للمياه الحضرية في الرباط، المغرب: تقييم متعدد المعايير. مجلة البنية التحتية المستدامة، ٥(٢)، ص ١١-٥٩.

— دليمي، أيمن جابر. (٢٠٢٥). إدارة المياه ودورها في التنمية الزراعية المستدامة في محافظة الأنبار. مجلة كلية الزراعة، كلية الزراعة، جامعة المنصورة، ٩(١١٤)، ص٤١٩-٤٤٦.

— درغال، موسى سند. (٢٠٢٣). الحوكمة كنموذج لتحسين إدارة المياه العربية. مجلة الحقوق والعلوم السياسية، ١٠(١)، ص١٠٣٥-١٠٥٠.

— عبوي، زيد. (٢٠٢٠). الاستراتيجية الحديثة في إدارة التخطيط والتطوير. ط٢. الرياض: مكتبة المتنبي.

— فودة، محمد خالد. (٢٠٢٢). نحو إدارة مياه العواصف الخضراء لمناطق التراث. المجلة الدولية للتصميم، ١٢(٢)، ص٣٣١-٣١٩.

المصادر والمراجع الأجنبية

- Keller, J. (2021). Technological interventions for water scarcity in Australia. Australian Journal of Sustainable Water Management, 8(2), 80–102.
- Martin, A. (2020). Approaches to alleviate water scarcity in rural Spain. Journal of Water Resource Solutions, 12(3), 145–168.
- Müller, F. (2025). Resilient water infrastructure for future droughts: Lessons from Germany. International Journal of Climate-Resilient Infrastructure, 5(1), 12–39.
- Moretti, L. (2022). Community-based strategies to combat water scarcity in Italy. European Water Policy Review, 15(1), 25–55.
- Nakamura, H. (2024). Sustainability of water infrastructure in Tokyo Metropolitan Region. Journal of Urban Water Systems, 20(4), 301–327.
- Rafael, W (2023). Factory and Industrial Management. Eric Digest. (263). Ed:598680.