

جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

قسم / تخصص ماجستير ادارة مشاريع



اعادة استخدام المياه الرمادية كحل مستدام صديق للبيئة

إعداد الطالب/ عبدالعزيز زامل جميل قمصاني

إشراف/

د.الفیصل عبد الحمید

د.فايز جراد

العام الدراسي:

2025

مقدمة:

قال الله تعالى:

﴿وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ﴾ [الأنبياء: 30]

تجسد هذه الآية الكريمة الأهمية المحورية للماء في الحياة، فالماء هو الأساس الذي تقوم عليه استمرارية جميع أشكال الحياة على وجه الأرض. وفي ظل النمو السكاني المتسارع، والتوسع الحضاري والعمراني، وتغير المناخ، أصبحت إدارة الموارد المائية من القضايا العالمية التي تتطلب حلولاً مبتكرة ومستدامة.

تُعد المياه الرمادية من المصادر غير التقليدية التي باتت تحظى باهتمام متزايد، نظرًا لما توفره من إمكانيات لإعادة الاستخدام، وتقليل الضغط على موارد المياه العذبة والجوفية والمياه المحلاة. وتُعرّف المياه الرمادية بأنها المياه الناتجة عن الاستخدامات المنزلية اليومية مثل الاستحمام، والغسيل، والمغاسل، أو مياه المواضي في الحرم النبوي والجوامع والمساجد والمرافق العامة مما يجعلها أقل تلوثًا وأسهل في المعالجة.

إن الاتجاه نحو استخدام المياه الرمادية يُمثل أحد أهم الحلول البيئية الحديثة لتحقيق الأمن المائي، ومن هنا تبرز أهمية هذه الدراسة، التي تسعى إلى استكشاف إمكانات إعادة استخدام المياه الرمادية على المستوى المحلي، وتقييم مدى جدواها من الناحية البيئية والاقتصادية، إضافة إلى فهم التحديات التي تعيق تبني هذا التوجه على نطاق أوسع.

كما تسعى الدراسة إلى المساهمة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة للجميع، وتعزيز كفاءة استخدام المياه في جميع القطاعات. وأمل من خلال هذه الدراسة في تقديم نموذج تطبيقي يعزز من مفاهيم الاستدامة البيئية في المجتمع، ويدعم صُنّاع القرار في تبني حلول مستدامة لمواجهة التحديات المائية المستقبلية.

مشكلة الدراسة:

رغم توفر كميات كبيرة من المياه الرمادية الناتجة عن الاستخدامات المنزلية اليومية والجوامع والمساجد والمرافق العامة وغيرها، إلا أن الاستفادة منها لا تزال محدودة جداً في البيئة المحلية. إذ تُهدر هذه المياه غالباً دون أي إعادة استخدام، مما يؤدي إلى تحميل موارد المياه أعباء متزايدة في ظل شح المياه المتزايد وارتفاع الاستهلاك.

وتتمثل إحدى أبرز التحديات في الحاجة إلى تهيئة البنية التحتية للمنازل والمساجد والمرافق العامة وغيرها، حيث يتطلب فصل المياه الرمادية عن غيرها إجراء تغييرات في نظام السباكة تشمل التسليك الجديد، وأعمال تكسير وترميم، الأمر الذي يترتب عليه تكاليف مالية قد تعيق الكثير من الأفراد عن تنفيذ هذه الأنظمة.

كما أن هناك ضعفاً في التوعية المجتمعية، وغياب تشريعات واضحة تنظم إعادة الاستخدام، إلى جانب قلة التجارب الميدانية التي توضح جدوى هذا التوجه عملياً في السياق المحلي.

فهنا نبدا

ما مدى جدوى تطبيق نظام لإعادة استخدام المياه الرمادية في البيئة المحلية، في ظل التحديات الفنية والمالية والاجتماعية؟

أهمية الدراسة:

تبرز أهمية هذه الدراسة في ظل التحديات البيئية التي تواجهها العديد من المجتمعات، وعلى رأسها ندرة المياه، والضغط المتزايد على الموارد الطبيعية، وارتفاع معدلات الاستهلاك المائي في القطاعات المختلفة. وتأتي هذه الدراسة لتُسلط الضوء على المياه الرمادية كأحد البدائل الذكية والمستدامة، والتي يمكن أن تسهم بشكل مباشر في تحقيق الأمن المائي وتقليل الفاقد المائي على مستوى الأفراد والمؤسسات.

ولا تقتصر أهمية الدراسة على المنازل فقط، بل تمتد لتشمل منشآت ذات كثافة استهلاكية عالية مثل:

- المساجد والجوامع، والتي تُعد من أكثر المباني استهلاكًا للمياه بسبب الضوء المتكرر يوميًا.
- المدارس التي تخدم آلاف الطلبة والكوادر التعليمية.
- الجهات الحكومية والمباني الإدارية ذات التردد العالي.
- المرافق العامة مثل الحدائق، مراكز الخدمات، والمجمعات السكنية.

وتكمن أهمية تطبيق أنظمة إعادة استخدام المياه الرمادية في هذه المواقع في قدرتها على:

- توفير كميات كبيرة من المياه يمكن توجيهها لاستخدامات أكثر أهمية.
- خفض فواتير الاستهلاك بشكل ملموس، خاصة في المرافق الكبيرة.
- تقليل الضغط على شبكات الصرف الصحي، مما يطيل عمر البنية التحتية ويقلل من تكاليف الصيانة.
- دعم الاقتصاد المحلي من خلال تخفيض الاعتماد على موارد المياه المحلاة.

كما تساهم هذه الدراسة في رفع مستوى الوعي البيئي لدى المجتمع المحلي، وتعزيز من تبني السلوكيات الصديقة للبيئة. ومن الناحية المؤسسية، فإن نتائج هذه الدراسة يمكن أن تُسهم في:

- دعم صُناع القرار في وضع سياسات وتشريعات تُشجّع على إعادة الاستخدام.
- توجيه الاستثمارات نحو حلول منخفضة التكلفة قابلة للتنفيذ الفعلي في مختلف أنواع المباني.

وأخيرًا، فإن هذه الدراسة تتماشى مع أهداف رؤية المملكة العربية السعودية 2030، وتحديداً:

- ضمان توفر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع.
- الاستهلاك والإنتاج .
- الحفاظ على البيئة

وإلى جانب البعد البيئي، فإن لهذه الدراسة أبعادًا اقتصادية واجتماعية ومالية، إذ يمكن أن تؤدي إعادة استخدام المياه الرمادية إلى تخفيض فواتير المياه، وتقليل التكلفة للري، وتقليل حجم المياه المصروفة إلى شبكات الصرف، وتحقيق نوع من الاكتفاء الجزئي بالماء ، ما يعزز من الاستقرار البيئي والاقتصادي باذن الله.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم معالجة متكاملة وشاملة لموضوع إعادة استخدام المياه الرمادية، تجمع بين الأبعاد العلمية، والبيئية، والاقتصادية، والاجتماعية، والتنظيمية، وذلك من خلال تحقيق الأهداف التالية تفصيلاً:

1. تحديد المفهوم العلمي للمياه الرمادية وخصائصها الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية ضمن السياق المحلي:

يتناول هذا الهدف تقديم تعريف دقيق للمياه الرمادية، مع تصنيف مصادرها داخل المنشآت المختلفة مثل الاستحمام، أحواض الغسيل، غسالات الملابس، مغاسل الوضوء، مع توضيح الخصائص الفنية لكل نوع من هذه المياه، من حيث درجة العكارة، ودرجة الحموضة، ودرجة الحرارة، والمواد العضوية وغير العضوية، والمحتوى البكتيري.

ويتم ذلك لتحديد نوعية المعالجة المناسبة لكل مصدر، واستبعاد المصادر ذات التلوث العالي، وصولاً إلى بناء فهم علمي أساس يُمكن من تصميم أنظمة معالجة فعالة وآمنة.

2. تحليل الجدوى البيئية والاقتصادية لتطبيق أنظمة إعادة الاستخدام في أنواع متعددة من المنشآت:

يُركز هذا الهدف على إجراء تقييم شامل للعوائد البيئية والاقتصادية لاستخدام المياه الرمادية، وذلك في القطاعات التالية:

- المنازل
- المساجد والجوامع (بسبب استهلاك الوضوء)
- المدارس والجامعات (بسبب الاستخدام المتكرر خلال اليوم الدراسي)
- الجهات الحكومية
- الحدائق والمرافق العامة

ويشمل التحليل تقدير كمية المياه التي يمكن توفيرها، والانخفاض المتوقع في فواتير الاستهلاك، وتقليل الأحمال على شبكات الصرف، مع عرض مقارنة بين الكلفة الاستثمارية الأولية والعوائد على المدى البعيد...

3. استكشاف مستوى وعي المجتمع المحلي وإدراكه للمفهوم البيئي لإعادة الاستخدام:

يهدف هذا الجزء إلى فهم مدى معرفة الأفراد بوجود مفهوم "المياه الرمادية"، ومدى إدراكهم لفوائدها ومخاطرها، وتحليل الاستجابات الاجتماعية لممارسات إعادة الاستخدام، ومدى قبولهم لتنفيذ أنظمة معالجة في منازلهم أو بيئاتهم الوظيفية، بما في ذلك مدى استعدادهم لتخصيص جزء من دخلهم أو وقتهم للتفاعل مع هذه الأنظمة.

4. رصد وتحليل التحديات والمعوقات التي تعترض التطبيق الواقعي:

يتناول هذا الهدف دراسة العوائق التي قد تمنع التوسع في تطبيق هذه الأنظمة، وتشمل:

- عوائق فنية مثل الحاجة إلى فصل الشبكات، وصعوبة التسليك في المباني القائمة.
- عوائق تنظيمية وتشريعية مثل غياب اللوائح والمعايير المحددة لإعادة الاستخدام.
- عوائق مالية مثل ارتفاع التكاليف الأولية للتركيب والصيانة.
- عوائق اجتماعية تتعلق بالمفاهيم الخاطئة حول "نظافة" المياه الرمادية ورفض استخدامها.

ويتم تقييم هذه العوائق من وجهة نظر السكان، والمختصين، وصناع القرار.

5. اقتراح نماذج تطبيقية عملية وقابلة للتكرار:

يقترح هذا الهدف نماذج لأنظمة معالجة بسيطة يمكن تنفيذها بتكلفة منخفضة نسبيًا في مختلف البيئات (منازل، مساجد، مدارس...)، مثل أنظمة الترشيح بالرمل، أو إعادة التدوير عبر خزانات نباتية (biofilters)، ويشرح الأسس العلمية التي تجعل هذه النماذج فعالة وآمنة.

6. دعم التوجه الوطني نحو الاستدامة ضمن إطار رؤية المملكة 2030:

ترتبط هذه الدراسة ارتباطاً وثيقاً بأهداف التنمية الوطنية، حيث تساهم في تحقيق:

- أهداف التنمية المستدامة: "ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع"
- ضمان أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة
- اتخاذ إجراءات عاجلة لمكافحة تغير المناخ والحفاظ على البيئة

كما تدعم برامج كفاءة الإنفاق، والتحول الوطني، والمبادرات البيئية لوزارة البيئة والمياه والزراعة، مما يجعل نتائج هذه الدراسة ذات أثر وطني طويل المدى.

تساؤلات الدراسة

تنطلق هذه الدراسة من تساؤل رئيسي تتمحور حوله مختلف جوانب البحث، وهو:

ما مدى جدوى إعادة استخدام المياه الرمادية كحل مستدام وصديق للبيئة في البيئة المحلية؟

ويتفرع من هذا التساؤل الرئيس عدد من التساؤلات الفرعية:

1. ما مدى معرفة المجتمع المحلي بمفهوم المياه الرمادية؟
2. ما أبرز الفوائد المتوقعة من إعادة استخدام المياه الرمادية على المستوى البيئي والاقتصادي؟
3. ما التحديات التي قد تواجه الأفراد أو الجهات الحكومية عند تنفيذ هذا النوع من الحلول؟
4. هل توجد نماذج ناجحة محلياً أو عالمياً يمكن الاستفادة منها؟
5. إلى أي مدى يساهم هذا النوع من الحلول في دعم الاستدامة البيئية داخل المنازل؟
6. هل المياه الرمادية صالحة لإعادة الاستخدام؟
7. هل لها مخاطر عند إعادة الاستخدام؟
8. هل تم عمل مقارنة قبل التنقية وبعدها؟

فروض الدراسة:

بناءً على الدراسات السابقة والإطار النظري، تفترض هذه الدراسة ما يلي:

1. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين مستوى الوعي البيئي لدى الأفراد بشكل بسيط واستعدادهم لتبني أنظمة إعادة استخدام المياه الرمادية.
2. إعادة استخدام المياه الرمادية يؤدي إلى تقليل استهلاك المياه بشكل ملحوظ.
3. وجود عوائق تنظيمية وثقافية وتقنية يحد من انتشار تطبيق أنظمة إعادة استخدام المياه الرمادية.
4. تبني حلول معالجة المياه الرمادية يمكن أن يحدث أثرًا اقتصاديًا إيجابيًا على الأسر من حيث تقليل التكاليف.
5. يمكن تنفيذ نماذج منزلية فعالة ومنخفضة التكلفة لمعالجة المياه الرمادية باستخدام تقنيات بسيطة

الدراسات السابقة:

حظيت قضية إعادة استخدام المياه الرمادية باهتمام متزايد في الأوساط الأكاديمية والبيئية، حيث أجريت العديد من الدراسات التي تناولت هذا الموضوع من زوايا متعددة، سواء بيئية أو صحية أو اقتصادية. وفيما يلي عرض لأبرز الدراسات ذات العلاقة، وتحليل لمضمونها ومدى ارتباطها بموضوع هذه الدراسة.

1. دراسة هارموني وآخرون – (Harmonie et al., 2018) أستراليا:

أجريت هذه الدراسة لتقييم الجدوى البيئية لأنظمة معالجة المياه الرمادية في المنازل الأسترالية ذات الكثافة السكانية العالية. وخلصت إلى أن إعادة استخدام المياه الرمادية في ري الحدائق وغسيل السيارات خفض استهلاك المياه بنسبة 35%.

وجه الشبه: دراسة منزلية، تهدف لترشيد الاستهلاك.

الاختلاف: لم تشمل الدراسة مباني عامة أو تحليل الجوانب الاجتماعية والثقافية.

2. دراسة "باتيل وآخرون – (Patel et al., 2020) "الهند:

ركزت هذه الدراسة على المدارس الحكومية في الهند، حيث تم تركيب أنظمة لمعالجة مياه مغاسل اليدين وإعادة استخدامها في تنظيف دورات المياه. وأثبتت التجربة نجاحًا كبيرًا في تقليل الضغط على شبكة الصرف وتحسين سلوك الطلبة في الترشيح.

وجه الشبه: دمج بين الحلول التقنية والتنظيف.

الاختلاف: اقتصر على المدارس دون منازل أو منشآت أخرى.

3. دراسة بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية – (KACST, 2016) السعودية:

قامت KACST بتجربة مشروع تجريبي لجمع مياه الوضوء من أحد المساجد في الرياض، وتصفيتها واستخدامها في ري المساحات الخضراء المحيطة بالمسجد. وبيّنت النتائج إمكانيات وأعدة، إلا أن التحديات الفنية والصيانة كانت أبرز العوائق.

وجه الشبه: السياق المحلي.

الاختلاف: لم تتناول النواحي الاجتماعية أو التنظيمية.

4. دراسة القحطاني (2021) – جامعة الملك سعود:

تناولت الدراسة وعي سكان مدينة الرياض بمفهوم المياه الرمادية، وخلصت إلى أن 72% من العينة لم تكن لديهم معرفة كافية بالمصطلح، رغم موافقتهم المبدئية على الفكرة. وأوصت بتكثيف الحملات التوعوية وربطها ببرامج الاستدامة.

وجه الشبه: قياس وعي المجتمع السعودي.

الاختلاف: اقتصر على التحليل الاجتماعي دون تقديم نموذج تطبيقي.

على الرغم من تنوع الدراسات السابقة، إلا أن هناك فجوة واضحة في البحث العربي والسعودي تحديداً، تتعلق بـ:

- دمج البعد الفني مع الاقتصادي والاجتماعي في دراسة واحدة شاملة
- توسيع نطاق الدراسة ليشمل المنازل، المساجد، المدارس، والجهات الحكومية بدل التركيز على نوع واحد من المنشآت
- اقتراح نماذج تطبيقية بسيطة وقابلة للتنفيذ في البيئة السعودية
- ربط النتائج مباشرة برؤية المملكة 2030

ومن هنا تنبع أهمية هذه الدراسة في كونها محاولة متكاملة لسد هذه الفجوة، وتقديم تصور علمي وتطبيقي شامل لإعادة استخدام المياه الرمادية بما يتناسب مع الواقع المحلي.

المنطلقات النظرية للدراسة:

ترتكز هذه الدراسة على مجموعة من الأسس النظرية والمفاهيمية التي تمثل الإطار العلمي الذي تستند إليه:

1. نظرية الاستدامة: التي تركز على إدارة الموارد بطريقة تضمن الحفاظ على المياه والبيئة.
2. مفهوم الاقتصاد الدائري: الذي يدعو إلى إعادة استخدام الموارد وتقليل الهدر.
3. النظرية السلوكية في التبنى البيئي: التي تفترض أن وعي الفرد وثقافته البيئية تؤثر على سلوكه في اعتماد حلول صديقة للبيئة.
4. مفهوم إدارة المياه المتكاملة: الذي ينظر إلى المياه كمورد مشترك يتطلب تنسيقًا بين مختلف الجهات الحكومية والمجتمعية.

المنهجية وطرق البحث:

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، الذي يُستخدم لتوصيف موضوع الدراسة، وتحليلها لفهم أسبابها وتقييم نتائجها. وسيتم تطبيق أدوات بحثية كمية ونوعية لجمع البيانات من العينة المستهدفة، ودراستها بشكل معمق.

كما تتبنى الدراسة مدخلاً تطبيقياً مقترناً بواقع المجتمع المحلي، بهدف تقديم نموذج عملي يعكس جدوى إعادة استخدام المياه الرمادية على مستوى المنازل.

أدوات الدراسة:

تعتمد هذه الدراسة على مزيج من الأدوات الكمية والكيفية، التي تتيح للباحث جمع بيانات دقيقة ومتكاملة تخدم أهداف البحث بشكل تطبيقي وميداني. ومن أبرز هذه الأدوات:

1. التطبيق العملي الميداني في المنزل:

تُنقذ هذه الدراسة تجريبيًا داخل منزل الباحث، حيث يتم فصل مصدر المياه الرمادية الناتجة عن مغسلة الحمام أو غسالة الملابس، وتوجيهها إلى نظام أولي بسيط لمعالجة المياه الرمادية.

يشمل التطبيق:

- تصميم وتنفيذ نظام فصل وتجميع
- تنفيذ مراحل مبدئية للمعالجة (مثل الترسيب أو الفلترة البسيطة)
- مراقبة التغيرات على مدار فترة زمنية معينة
- توثيق الملاحظات الفنية والصعوبات التنفيذية والتكلفة التقريبية

2. جمع العينات وتحليلها مخبريًا:

سيقوم الباحث بجمع عينات من المياه الرمادية قبل المعالجة وبعدها، وإرسالها إلى المختبر لتحليل الخصائص التالية:

- الخصائص الفيزيائية: اللون، العكارة، درجة الحرارة
- الخصائص الكيميائية: الرقم الهيدروجيني (pH)، المواد الصلبة الذائبة (TDS)، الطلب الكيميائي للأكسجين (COD)
- الخصائص الميكروبيولوجية: وجود البكتيريا مثل القولونيات (Coliforms)

وسيتم مقارنة النتائج قبل المعالجة وبعدها، بهدف تقييم مدى فعالية النظام المنزلي المقترح، وبيان إن كان صالحًا لبعض الاستخدامات غير الشرب (مثل ري الحدائق أو الغسيل الخارجي).

3. الاستبانة:

سُتستخدم أداة الاستبانة لجمع بيانات من مجموعة أفراد حول:

- مدى معرفتهم بالمياه الرمادية
- آراؤهم حول إعادة الاستخدام
- مدى استعدادهم لتطبيق التجربة في منازلهم

تُصمم الاستبانة باستخدام مقياس ليكرت الخماسي، وتوزع على عدة محاور.

4. الملاحظة المباشرة:

سيوثق الباحث جميع مراحل التجربة المنزلية من خلال:

- تسجيل الملاحظات اليومية
- رصد التغيرات في خصائص المياه
- تحليل التحديات أثناء التركيب والاستخدام

وتُسجل هذه الملاحظات في جداول منظمة تدعم تحليل النتائج لاحقًا.

5. تحليل الوثائق والمراجع:

تشمل مراجعة الأدبيات العلمية، والتقارير المحلية، والمواصفات السعودية المتعلقة بإعادة استخدام المياه الرمادية، بما يعزز الخلفية النظرية ويوفر معايير للمقارنة مع نتائج التجربة.

أهمية هذا التنوع في الأدوات:

إن اعتماد الدراسة على تجربة تطبيقية مباشرة في منزل الباحث، وتحليل مخبري واقعي، ومصادر علمية معتمدة، يعزز من دقة النتائج ويمنحها قوة علمية وتطبيقية، تُمكن صُنَّاع القرار من الاستفادة منها في نماذج واقعية قابلة للتكرار.

حدود الدراسة:

- الحدود المكانية: تُجرى الدراسة في منطقة حضرية داخل المملكة العربية السعودية.
- الحدود الزمانية: تغطي الدراسة الفترة من بداية الفصل الدراسي الثاني لعام 2025 وحتى نهايته.
- الحدود الموضوعية: تركز فقط على المياه الرمادية دون غيرها من مصادر المياه المستعملة.
- الحدود المنهجية: تعتمد على أدوات وصفية وتحليلية، دون إجراء تجارب مخبرية أو ميدانية فعلية.

المراجع:

1. عبدالعزيز القحطاني (2021). وعي المجتمع السعودي بمفهوم المياه الرمادية: دراسة حالة سكان مدينة الرياض. جامعة الملك سعود، كلية العلوم.
2. مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية (KACST). (2016). تقرير حول مشروع إعادة استخدام مياه الوضوء في المساجد. الرياض، السعودية.
3. برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP). (2021). مستقبل المياه في المدن: خيارات مستدامة لإعادة الاستخدام. <https://www.unep.org>
4. World Health Organization (WHO). (2020). Greywater reuse in low-income countries: Health risks and health protection measures. <https://www.who.int>
5. Harmonie, J., & Watson, A. (2018). Feasibility of Domestic Greywater Reuse Systems in Urban Australia. Journal of Environmental Management, 215, 324–335. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.029>
6. Patel, S., Kumar, R., & Joshi, V. (2020). Greywater Recycling in Government Schools in India: A Case Study. Water Resources and Economics, 29, 100144.
7. وزارة البيئة والمياه والزراعة. (2022). تقرير كفاءة استخدام المياه في المملكة العربية السعودية. <https://www.mewa.gov.sa>
8. منظمة اليونيسف (UNICEF). (2020). المياه والصرف الصحي والنظافة في المدارس: إطار عمل عالمي.
9. Al-Zahrani, M. A., & Baig, M. B. (2017). Greywater reuse in the Middle East and North Africa region. Desalination and Water Treatment, 87, 162–171.
10. الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة (SASO). (2019). اللوائح الفنية لاستخدامات المياه الرمادية.