

تقييم الجدوى البيئية والاقتصادية لاعادة استخدام المياه الرمادية
دراسة تطبيقية في المنزل مع مدى امكانية تنفيذها للعامة

إعداد الطالب/

عبدالعزيز زامل جميل قمصاني

الرقم الجامعي/

251001285

إشراف/

د.الفیصل عبد الحمید

د.فايز جراد

العام الدراسي:

2025

حقوق الطباعة

حقوق الطباعة تمتلكها جامعة ميدأوشن. حيث إن جميع المواد والمحتويات الواردة في هذا البحث هي ملك للجامعة، ولا يجوز استخدامها أو إعادة نشرها أو توزيعها بدون إذن مسبق من جامعة ميدأوشن.

الباحث

شكر وتقدير

الحمد لله والشكر لله العلي العظيم، حمداً كثيراً طيباً مباركاً فيه كما ينبغي لجلال وجهه وعظيم سلطانه، على ما أنعم وتفضل، وما يسر من إتمام هذا العمل العلمي، فما كان له أن يتم لولا توفيقه سبحانه وتعالى.

أتقدم بأسمى آيات الشكر والتقدير إلى امي الحبيبة، صاحبة الفضل بعد الله عز وجل، التي كانت ولا تزال السند الأول بدعائها الدائم وصبرها وحرصها وتشجيعها المستمر، وأسأل الله أن يحفظك ويمد في عمرك على طاعته.

كما أرفع الدعاء قبل كلمات الشكر إلى والدي الغالي رحمه الله واسكنه الفردوس الاعلى، الذي غرس في نفسي قيمة العلم والاخلاص والامانة أسأل الله أن يجزيه عني خير الجزاء، وأن يجمعني به في جنات النعيم.

ولا يفوتني أن أوجه كلمة شكر لنفسي بعد عون الله تعالى، على ما بذلته من جهد وصبر ومثابرة طوال فترة إعداد هذا البحث من قراءة ومراجعة وتجربة ميدانية وتحمل لضغوط الوقت والعمل والدراسة معاً راجياً من الله أن يكون هذا الجهد خالصاً لوجهه الكريم وأن يكون خطوة في طريق علمي ومهني أفضل.

كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير لكل من شارك في دعمي ووقف إلى جانبي خلال رحلة هذا البحث، من زملاء واصدقاء، وكل من قدم لي فكرة ونصيحة وتوجيهاً أو كلمة تشجيع، أو دعوة صادقة بظهر الغيب. أسأل الله أن يجزيهم عني خير الجزاء، وأن يجعل ما قدموه لي من دعم وعون في موازين حسناتهم، وأن يكتب لهم التوفيق والسداد والسعادة في دنياهم وآخرتهم وان يجبر خاطرهم ويسرهم.

أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى جامعة ميداوون على ما وفرت لي من تجربة تعليمية مميزة عن بعد، جمعت بين جودة المحتوى الأكاديمي وسهولة الوصول، وهيات لي بيئة تعليمية مرنة تتناسب مع التزاماتي المهنية والحياتية.

لقد كان لنظام التعليم الإلكتروني المتطور، ومنصات الرقمية، ودعمها المستمر أثر بالغ في تمكيني من متابعة دراستي وإتمام هذا البحث بكل بساطة. كما أتوجه بالشكر إلى إدارة الجامعة على جهودها في تطوير منظومة تعليمية حديثة تواكب التطور التقني وتخدم الطالب أينما كان.

ولا يفوتني أن أشكر أعضاء هيئة التدريس الأفاضل د. الفصيل عبد الحميد د. فايز جراد الذين قدموا علمهم وتوجيهاتهم عبر وسائل التعليم عن بُعد بكل احترافية واهتمام، وكان لتفاعلهم وملاحظاتهم دور كبير في الارتقاء بمستوى هذا العمل العلمي.

فجزى الله الجميع خير الجزاء، وبارك في جهودهم، وجعلها في ميزان حسناتهم.

المستخلص:

تتناول هذه الدراسة إمكانية الاستفادة من المياه الرمادية المنزلية بعد معالجتها بطريقة بسيطة باستخدام وحدة معالجة منخفضة التكلفة تعتمد على الرمل والحصى والفحم الكربوني. وتم تنفيذ تجربة عملية داخل منزلي شملت جمع عينات المياه قبل المعالجة وبعدها، وتحليلها مخبريًا لقياس العكارة ودرجة الحموضة والأملاح والمواد العضوية والبكتيريا.

كما تم اختبار تأثير المياه الرمادية المعالجة على نمو عدة أنواع من النباتات ومقارنتها بالنباتات المروية بالمياه العذبة بهدف تقييم ملاءمة هذه المياه للاستخدام الزراعي. وتتناول الدراسة أيضًا إمكانية تطبيق هذا النموذج في المرافق العامة مثل المساجد للاستفادة من مياه الوضوء في ري الحدائق.

وتهدف الدراسة إلى تقديم نموذج عملي قابل للتطبيق في المنازل السعودية يسهم في تقليل استهلاك المياه المحلاة وتحقيق الاستدامة المائية بما يتوافق مع مستهدفات رؤية المملكة 2030.

Abstract:

This study examines the potential for reusing domestic greywater after treatment through a low-cost filtration system composed of sand, gravel, and activated carbon. A practical experiment was conducted in the researcher's home, involving the collection of greywater samples before and after treatment, followed by laboratory analysis to measure turbidity, pH, total dissolved solids, organic matter (COD), and bacterial levels.

The study also evaluates the effect of treated greywater on the growth of several plant species, comparing the results with plants irrigated with fresh water to assess the suitability of greywater for irrigation purposes.

Additionally, the research explores the feasibility of applying this model in public facilities, such as mosques, by utilizing ablution water for landscape irrigation.

The study aims to provide a practical, applicable model for Saudi households, contributing to reduced reliance on desalinated water and promoting water sustainability in alignment with Saudi Vision 2030.

فهرس المحتويات:

1	الغلاف
2	حقوق الطباعة
3	شكر وتقدير
5	المستخلص
11	الفصل الأول الاطار العام للبحث
12	المقدمة
14	مشكلة الدراسة
16	أهمية الدراسة
19	أهداف الدراسة
22	تساؤلات الدراسة
25	فروض الدراسة
32	الفصل الثاني الدراسات السابقة
33	مقدمة
34	الدراسات السابقة
39	الدراسات العربية
40	التحليل المقارن مع مراعاة الفترات الزمنية
41	الفجوة البحثية (بناءً على الفترات)
42	الإطار النظري
42	أولاً: تعريف المياه الرمادية ومصادرها
43	ثانياً: الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الرمادية
45	ثالثاً: مصادر التلوث في المياه الرمادية
46	رابعاً: أهمية معالجة المياه الرمادية
46	خامساً: تقنيات معالجة المياه الرمادية
47	سادساً: استخدام المياه الرمادية في ري النباتات
48	سابعاً: تأثير المياه الرمادية على التربة
48	ثامناً: الإطار البيئي لإعادة استخدام المياه الرمادية

49	تاسعًا: الإطار الاقتصادي
51	الفصل الثالث
	منهجية الدراسة
52	مقدمة
52	المنهجية وطرق البحث
56	مجتمع البحث
57	حدود البحث
58	الفصل الرابع
	النتائج والتوصيات
59	مقدمة
59	تحليل البيانات
62	النتائج
64	التوصيات
66	المراجع
67	المراجع العربية
68	المراجع الأجنبية
70	الملاحق
71	الاستبانة
72	نتائج الاستبيان
74	الملخص (Abstract)

قائمة الجداول :

عينة قبل الفلتره جدول (1)

عينة بعد الفلتره جدول (2)

المستوى التعليمي شكل (1)

هل سمعت سابقا عن المياه الرمادية شكل (2)

هل ترى جدوى من اعادة استخدام المياه الرمادية في ري النباتات شكل (3)

هل ترى ان من اعادة استخدام المياه الرمادية يقلل من استهلاك المياه وخفض فواتير المياه في

المنازل شكل (4)

هل تؤيد نشر برامج توعوية حول اهمية المياه الرمادية واعادة استخدامها شكل (5)

الفصل الأول
الاطار العام للبحث

المقدمة:

قال الله تعالى:

قال الله تعالى: ﴿وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ﴾ [الأنبياء: 30]، وهي آية كريمة تبين المكانة العظمى للماء بوصفه أساس الحياة وموردا لا غنى عنه في استمرار الإنسان والمخلوقات كافة. ومع ما يشهده العالم اليوم من تزايد في عدد السكان، وتوسع عمراني متسارع، وارتفاع ملحوظ في معدلات الاستهلاك، أصبحت المحافظة على الموارد المائية وترشيد استخدامها من أبرز التحديات البيئية التي تحتاج إلى حلول واقعية وعملية، خاصة في الدول التي تعاني من محدودية مصادر المياه العذبة.

وفي المملكة العربية السعودية، التي تعد من أكثر دول العالم اعتمادا على تحلية المياه، يبرز التحدي بشكل أكثر وضوحا. إذ يمثل الاستهلاك المنزلي نسبة كبيرة من إجمالي الطلب على المياه، مما يجعل البحث عن بدائل تسهم في تقليل الضغط على المياه المحلاة. ومن بين الخيارات الواعدة في هذا المجال يأتي مفهوم المياه الرمادية، وهي المياه الناتجة عن الأنشطة اليومية مثل الاستحمام وغسل الأيدي والأحواض وغسالات الملابس والمغاسل. ورغم أن هذه المياه لا تعد صالحة للشرب، إلا أنها تحتوي غالبا على نسب أقل من الملوثات مقارنة بالمياه السوداء، مما يجعل معالجتها وإعادة استخدامها في بعض الأنشطة المنزلية أمرا ممكنا وذا جدوى واضحة.

وقد أثبتت الدراسات العلمية العالمية أن إعادة استخدام المياه الرمادية يمكن أن تساهم بشكل مباشر في تخفيض الاستهلاك العام للمياه، وتقليل الأحمال على شبكات الصرف الصحي، وخفض التكاليف، خاصة عند تطبيق أنظمة معالجة بسيطة لا تتطلب تقنيات معقدة أو تكاليف مرتفعة. كما أشارت أبحاث متعددة إلى أن المياه الرمادية بعد معالجتها بطرق طبيعية مثل الترشيح بالرمل أو الفحم الكربوني تصبح مناسبة لري العديد من النباتات المنزلية والزراعات الخفيفة، خاصة النباتات التي تتحمل درجة متوسطة من الأملاح.

ومع أن الأبحاث العالمية تناولت هذا الموضوع من زوايا متعددة، إلا أن معظمها أُجري في بيئات مناخية وثقافية مختلفة عن بيئة المملكة العربية السعودية، حيث يختلف نوع استهلاك المياه، ونوعية المنظفات المستخدمة، وطبيعة المنازل، ومعدل استهلاك الأفراد. وهذا يبرز الحاجة إلى دراسة ميدانية محلية تُقيّم بشكل مباشر مدى قابلية تطبيق معالجة المياه الرمادية داخل المنازل السعودية، ومدى تأثيرها على النباتات، إضافة إلى قياس الجدوى البيئية والاقتصادية المتحققة من هذا الاستخدام.

وانطلاقاً من هذا الاحتياج، جاءت هذه الدراسة لتقديم نموذج تطبيقي واقعي يقوم على تصميم وحدة معالجة منزلية منخفضة التكلفة باستخدام مواد بسيطة ومتوفرة مثل الحصى والرمل والفحم الكربوني. وبعد المعالجة، يتم إجراء تحليل مخبري للمياه قبل الفلترة وبعدها، ثم استخدامها في ري مجموعة من النباتات المختارة، ومتابعة نموها بهدف مقارنة أثر المياه الرمادية بالمياه المحلاة. كما تسعى الدراسة إلى حساب الفائدة الاقتصادية المتوقعة من خلال تقليل استهلاك المياه المحلاة، وتقييم مدى فعالية النموذج وملاءمته للتطبيق على نطاق أوسع.

وإضافة إلى الجانب العلمي، تهدف الدراسة إلى تعزيز الوعي البيئي لدى الأفراد، وتقديم تجربة عملية يمكن تكرارها داخل أي منزل، مما يُسهم في دعم مبادئ الاستدامة وترشيد الاستهلاك، والانسجام مع مستهدفات رؤية المملكة 2030 في الحفاظ على الموارد الطبيعية، وتطوير حلول مبتكرة لإدارة المياه بكفاءة وفعالية.

وبذلك، تجمع هذه الدراسة بين التحليل العلمي والتجربة الميدانية الواقعية، لتقديم تصور شامل حول جدوى إعادة استخدام المياه الرمادية في المنازل السعودية، سواء من الجانب البيئي أو الاقتصادي أو الصحي أو الزراعي، على أمل أن تُسهم نتائجها في تطوير نماذج مستقبلية تدعم استدامة الموارد المائية وتعزز الوعي المجتمعي بأهمية إعادة استخدام المياه الرمادية.

مشكلة الدراسة

على الرغم من أن المياه الرمادية تُعد أحد أكثر مصادر المياه غير المستغلة داخل المنازل، إلا أن الاستفادة منها ما تزال محدودة للغاية في الواقع المحلي. ويعود ذلك إلى عدة عوامل، من أبرزها نقص الوعي بطرق معالجتها، وغياب التجارب التطبيقية التي توضح مدى جدوى استخدامها فعليًا في ري النباتات، إضافةً إلى عدم توفر بنية تحتية مهيأة لجمع هذه المياه داخل المنازل.

وخلال تنفيذ هذه الدراسة، واجهت مجموعة من التحديات التي تعكس حجم المشكلة على أرض الواقع. فقد لوحظ أن المياه الرمادية الناتجة من المغسلة والغسالة تُنتج بكميات أكبر مما هو متوقع، مما يشير إلى إمكانية الاستفادة من كميات كبيرة تهدر يوميًا دون استخدام. كما واجه الباحث صعوبة في جمع المياه بسبب عدم وجود تمديدات أو تسليك مخصص يسمح بجمع المياه بسهولة، مما يكشف جانبًا من التحديات العملية التي تعيق تبني هذا النوع من المشروعات في البيوت.

ومن جانب آخر، ظهرت مشكلة إضافية تتعلق بعدم وضوح النباتات الأنسب للري بالمياه الرمادية، إذ لا توجد توصيات محلية واضحة حول الأنواع الأكثر تحملاً أو الأكثر استفادة من هذا النوع من المياه. ونتيجة لذلك، اضطر الباحث لتجربة عدة أنواع نباتية، وأظهرت النتائج الأولية تباينًا واضحًا بينها؛ فبعض النباتات لم يظهر عليها أي تغيير ملحوظ، بينما أبدت أنواع أخرى نموًا جيدًا واستجابة إيجابية، مما يبرز الحاجة إلى دراسات أدق تحدد النباتات الملائمة لهذا الاستخدام.

ولا تقتصر المشكلة على المنازل فحسب، بل تمتد إلى المرافق العامة ذات الاستهلاك العالي للمياه؛ وعلى رأسها الجوامع والمساجد التي تنتج كميات كبيرة من المياه الرمادية الناتجة عن الوضوء يوميًا. ورغم أن هذه الكميات كبيرة وذات خصائص غالبًا نظيفة نسبيًا، إلا أنه لا توجد حلول عملية منتشرة للاستفادة منها في ري الحدائق المحيطة بالمساجد أو المسطحات الخضراء، مما يُعد هدرًا كبيرًا لفرصة مائية يمكن أن تخفف من الاعتماد على المياه المحلاة وتساهم في ترشيد الاستهلاك.

وبناءً على ما سبق، تتمثل مشكلة الدراسة في السؤال الرئيس الآتي:

إلى أي مدى يمكن أن تكون إعادة استخدام المياه الرمادية المنزلية بعد معالجتها بطريقة بسيطة خياراً فعالاً وصالحاً لري النباتات داخل البيئة المنزلية، وهل يمكن تعميم هذا النموذج ليطبق أيضاً في المرافق العامة مثل المساجد والجوامع لري الحدائق والمسطحات الخضراء؟

ويتفرع عن هذا السؤال الرئيس عدة مشكلات فرعية تشمل:

- نقص الأدلة العلمية المحلية التي توضح جودة المياه الرمادية بعد المعالجة الطبيعية.
- عدم معرفة مدى تأثير هذه المياه على أنواع مختلفة من النباتات.
- وجود صعوبات عملية في جمع المياه داخل المنزل لعدم وجود تجهيزات مناسبة.
- تباين الاستجابة النباتية وعدم وضوح أفضل الأنواع للاستخدام المنزلي.
- غياب نماذج تطبيقية توضح كيف يمكن للمساجد والجوامع الاستفادة من مياه الوضوء في ري الحدائق وتقليل الاعتماد على المياه المحلاة.

وتهدف الدراسة إلى معالجة هذه الإشكاليات من خلال تجربة ميدانية واقعية تسهم في توضيح مدى إمكانية تطبيق الفكرة داخل المنازل السعودية، ومدى قابلية توسيعها لتشمل المرافق العامة ذات الاستهلاك العالي للمياه، بما يدعم توجهات الاستدامة وترشيد الموارد

أهمية الدراسة

تتبع أهمية هذه الدراسة من مجموعة من العوامل العلمية والعملية التي تجعل موضوع المياه الرمادية واحدًا من أكثر الموضوعات ارتباطًا بقضايا الاستدامة وإدارة الموارد ويمكن تفصيل أهمية الدراسة في محورين رئيسيين:

أولاً: الأهمية العلمية

1. سد فجوة بحثية في الدراسات المحلية

فعلى الرغم من وجود دراسات عالمية متعددة تناولت المياه الرمادية، إلا أن الأبحاث التطبيقية داخل البيئة السعودية قليلة جدًا، خاصة تلك التي تعتمد على تحليل ميداني وتجارب منزلية تعكس الواقع المحلي. وتأتي هذه الدراسة لتملأ هذا الفراغ من خلال تجربة عملية تجمع بين التحليل المخبري ومتابعة النمو النباتي.

2. تقديم نموذج علمي يجمع بين المعالجة والنمو النباتي

معظم الدراسات السابقة تناولت جانبًا واحدًا فقط:

إما خصائص المياه الرمادية،

أو تأثيرها على النباتات.

بينما تجمع هذه الدراسة بين الجانبين معًا، مما يمنحها قيمة علمية مضافة.

3. تحليل المياه الرمادية من مصدرين مختلفين

تناول الدراسة لعينات من المغسلة والغسالة يتيح فهما أعمق لتباين خصائص المياه الرمادية حسب المصدر، وهذا لم تُشر إليه أغلب الدراسات العربية.

4. تحديد النباتات الأكثر ملاءمة للمياه الرمادية في البيئة المحلية

من خلال تجربة أنواع نباتية متعددة، تسهم الدراسة في بناء قاعدة معرفية حول مدى تحمل النباتات للمياه الرمادية، وهو جانب لم يتم توثيقه بشكل كافٍ في الأبحاث المحلية.

5. إثراء المعرفة العلمية بنماذج معالجة منخفضة التكلفة

تعتمد الدراسة على تصميم بسيط باستخدام الرمل والحصى والفحم الكربوني، مما يوفر نموذجًا علميًا يمكن تطويره أو الاستفادة منه في أبحاث مستقبلية حول الأنظمة الطبيعية لمعالجة المياه.

ثانيًا: الأهمية العملية

1. تقليل استهلاك المياه العذبة في المنازل

يمكن لوحدة المعالجة المنزلية المستخدمة في هذه الدراسة أن تخفض نسبة استهلاك المياه المستخدمة في ري النباتات، مما ينعكس مباشرة على فاتورة الماء للأسرة، ويقلل الضغط على المياه المحلاة.

2. إمكانية التطبيق في المساجد والجوامع

توفر المساجد كميات كبيرة من مياه الوضوء يوميًا، وهي مياه نظيفة نسبيًا وقابلة للمعالجة بسهولة.

وقد تسهم نتائج هذه الدراسة في تقديم نماذج قابلة للتطبيق في:

ري الحدائق المجاورة للمساجد

المسطحات الخضراء حولها

المساحات الزراعية داخل المرافق العامة

مما يساعد في ترشيد المياه على نطاق أوسع من المنازل فقط.

3. سهولة التطبيق وانخفاض التكلفة

تعتمد وحدة المعالجة المنزلية على مواد بسيطة ومتوفرة في الأسواق، مما يجعل تطبيقها ممكنًا لمعظم الأسر دون تكاليف عالية أو حاجة لخبرة مسبقة.

4. رفع الوعي المجتمعي حول مفهوم إعادة الاستخدام

تفتح هذه التجربة الباب أمام نشر ثقافة إعادة استخدام المياه داخل المنازل، وتعزيز السلوكيات البيئية الإيجابية.

5. التوافق مع رؤية المملكة العربية السعودية 2030

تدعم الدراسة توجهات برامج الاستدامة في رؤية 2030، خصوصًا ما يتعلق بكفاءة الإنفاق، وإدارة الموارد الطبيعية، وتبني حلول بيئية مبتكرة.

6. تمهيد الطريق لتطبيقات أوسع مستقبلًا باذن الله

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جدوى إعادة استخدام المياه الرمادية بعد معالجتها منزلياً، وذلك من خلال مجموعة من الأهداف الرئيسية والفرعية التي يمكن تطبيقها فعلياً داخل التجربة الميدانية. ويمكن توضيح هذه الأهداف على النحو التالي:

أولاً: الهدف الرئيسي

تقييم فعالية استخدام المياه الرمادية المنزلية بعد معالجتها بطريقة بسيطة في ري مجموعة من النباتات، وقياس الجدوى البيئية والاقتصادية لهذا الاستخدام داخل المنازل والمرافق العامة.

ثانياً: الأهداف الفرعية

1. تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الرمادية قبل المعالجة وبعدها

ويتضمن ذلك:

- قياس العكارة
- اختبار اللون والرائحة
- قياس الرقم الهيدروجيني
- قياس المواد الصلبة الذائبة (TDS)
- تحليل المواد العضوية (COD)
- قياس الأكسجين الذائب (DO)
- فحص البكتيريا (Total Coliform)

2. تصميم وتنفيذ وحدة معالجة منزلية منخفضة التكلفة

وتشمل:

- اختيار المواد المناسبة (رمل - حصى - فحم كربوني)
- بناء الفلتر على شكل طبقات
- اختبار كفاءة في تحسين جودة المياه

3. مقارنة نمو النباتات المروية بالمياه الرمادية المعالجة مقابل المياه المحلاة

ويتم قياس ذلك عبر:

- متابعة الطول
- عدد الأوراق
- اللون والحيوية
- الاستجابة العامة للنبات

4. تحديد النباتات الأكثر ملاءمة للري بالمياه الرمادية في البيئة السعودية

من خلال:

- اختبار أنواع متعددة (الحنا - الفل - الياسمين)
- تسجيل الفروق في الاستجابة
- تحديد الأنواع التي تتجح مع المياه الرمادية وتلك التي لا تتجح

5. قياس الجدوى الاقتصادية للاستخدام المنزلي للمياه الرمادية

وذلك من خلال:

- تقدير كمية المياه التي تم توفيرها
- تحديد نسبة الوفرة مقارنة بالري بالمياه المحلاة

6. استكشاف إمكانية تطبيق النموذج في المرافق العامة مثل المساجد والجوامع

ويتضمن:

- تقييم suitability مياه الوضوء للمعالجة البسيطة
- تقدير حجم الوفرة المتوقع في الحدائق المحيطة بالمساجد
- دراسة إمكانية تطبيق النموذج على نطاق أوسع

7. ربط نتائج التجربة برؤية المملكة 2030 في الاستدامة المائية

ويتضمن:

- قياس مدى توافق المعالجة المنزلية مع مبادئ كفاءة الإنفاق
- دعم مفهوم إعادة الاستخدام وتقليل الهدر
- تقديم نموذج بيئي عملي يخدم المجتمع

تساؤلات الدراسة

إلى أي مدى يمكن أن تكون المياه الرمادية المنزلية بعد معالجتها بطريقة بسيطة خيارا فعالا وصالحا لري النباتات، وما مدى قابليتها للتطبيق في المنازل والمرافق العامة مثل المساجد والجوامع؟

ثانيًا: التساؤلات الفرعية

1. ما الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الرمادية قبل المعالجة وبعدها؟

ويتضمن ذلك:

- كيف تتغير العكارة؟
- هل يتحسن الرقم الهيدروجيني؟
- هل تنخفض الأملاح أو المواد العضوية؟
- ما مدى تأثير الفلتر على البكتيريا؟

2. ما مدى فعالية وحدة المعالجة المنزلية في تحسين جودة المياه؟

- هل تنجح الوحدة البسيطة في تقليل الشوائب والرواسب؟
- ما نسبة التحسن بعد المعالجة؟
- وهل تحتاج إلى صيانة أو تطوير؟

3. هل يمكن استخدام المياه الرمادية المعالجة بأمان في ري النباتات؟

- هل تُظهر النباتات استجابة إيجابية؟
- هل تختلف الاستجابة بين الأنواع النباتية؟
- وهل تظهر علامات إجهاد أو تدهور في بعض النباتات؟

4. ما النباتات الأكثر ملاءمة للري بالمياه الرمادية داخل البيئة السعودية؟

- هل تتجح النباتات العطرية (ريحان - نعناع)؟
- هل الروزمارين يتحمل الأملاح؟
- هل تتأثر نباتات الزينة بشكل أكبر أو أقل؟

5. ما مقدار الوفر المائي الذي يمكن تحقيقه عند استخدام المياه الرمادية بدلا من المياه المحلاة؟

- كم لترا من المياه يمكن توفيره أسبوعياً؟
- هل يوفر النموذج جدوى اقتصادية ملموسة ؟

6. هل يمكن تعميم النموذج ليُطبق في المساجد والجوامع؟

- هل مياه الوضوء مناسبة للمعالجة البسيطة؟
- ما حجم الوفر المائي المتوقع عند استخدام هذه المياه في ري الحدائق المحيطة بالمساجد؟
- وما التحديات التي قد تواجه تنفيذ هذا النموذج في المرافق العامة؟

7. كيف تتوافق نتائج الدراسة مع أهداف الاستدامة في رؤية المملكة 2030؟

- هل يساهم النموذج في ترشيد استهلاك المياه؟
- هل يدعم كفاءة الإنفاق وتقليل الهدر؟
- وهل يمكن استخدامه في برامج بيئية مستقبلية؟

فروض الدراسة

أولاً: الفرض الرئيس للدراسة

لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين جودة المياه الرمادية قبل المعالجة وبعدها باستخدام وحدة معالجة منزلية بسيطة.

ثانياً: الفروض الفرعية

1. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين نمو النباتات المروية بالمياه الرمادية المعالجة والنباتات المروية بالمياه العذبة.
2. لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين نوع النبات وقدرته على التكيف مع المياه الرمادية المعالجة.
3. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين قراءة العكارة (Turbidity) قبل المعالجة وبعدها.
4. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين مستويات الأملاح الذائبة (TDS) في المياه الرمادية قبل المعالجة وبعدها.
5. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين مستويات المواد العضوية (COD) قبل المعالجة وبعدها.
6. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين مستويات البكتيريا (Total Coliform) قبل المعالجة وبعدها.
7. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في كمية المياه المهذرة قبل تطبيق النظام وبعده داخل المنزل.
8. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين كفاءة النموذج عند تطبيقه في المنازل وبين إمكانية تطبيقه في المرافق العامة مثل المساجد والجوامع.

النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث

تعتمد هذه الدراسة على مجموعة من الأسس والنظريات العلمية التي تشكل الإطار المعرفي الذي بني عليه البحث، وتوفر الخلفية العلمية اللازمة لفهم طبيعة المياه الرمادية، وطرق معالجتها، وتأثيرها على النباتات، بالإضافة إلى المبادئ البيئية والاقتصادية التي تدعم فكرة إعادة الاستخدام. ويمكن توضيح النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث على النحو التالي:

أولاً: نظرية الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM)

تعد هذه النظرية من أهم الأسس العلمية التي يستند إليها البحث، حيث تقوم على مبدأ إدارة المياه بطريقة تضمن:

- الاستخدام الأمثل للموارد
- تقليل الهدر
- التكامل بين مصادر المياه المختلفة
- تعزيز الاستدامة على المدى البعيد

وتدعم هذه النظرية فكرة الاستفادة من المياه الرمادية بوصفها جزءاً من منظومة موارد المياه المتاحة، لا بوصفها "مياه مهدرة"، وهو ما يتسق مع منهج الدراسة في تحويل جزء من المياه المنزلية إلى مصدر نافع للنباتات.

ثانيًا: مفهوم الاقتصاد الدائري (Circular Economy)

يرتكز الاقتصاد الدائري على استخدام الموارد أكثر من مرة، وتقليل الفاقد، واستعادة القيمة من المخلفات.

وتُعد إعادة استخدام المياه الرمادية تطبيقًا عمليًا لهذا المفهوم، حيث يتم:

- استبدال جزء من الري بالمياه المحلاة أو الآبار
- إعادة تدوير المياه داخل المنزل بدل التخلص منها
- تخفيض الطلب على المياه المحلاة

ثالثًا: نظرية المعالجة الطبيعية للمياه (Natural Filtration Theory)

تعتمد وحدة المعالجة المستخدمة في الدراسة على مبادئ طبيعية فيزيائية وكيميائية، تعتمد على:

الرمل:

إزالة العوالق الدقيقة والشوائب عبر الترشيح البطيء

الحصى:

دعم عملية الترشيح ومنع انسداد الفلتر.

الفحم الكربوني:

امتصاص الروائح والمواد العضوية والمركبات الكيميائية.

يعتمد هذا الأسلوب على النظرية العلمية لامتزاز (Adsorption)، وهي عملية يتم فيها التصاق

الجزيئات السامة أو العضوية بسطح الفحم الكربوني.

وهذه النظرية جزء من الأسس المعتمدة عالميًا في أنظمة معالجة المياه.

رابعًا: نظرية جودة المياه (Water Quality)

تعتمد تقييم جودة المياه الرمادية على قياس مجموعة من المؤشرات العلمية، أهمها:

- العكارة
- الرقم الهيدروجيني
- المواد الصلبة الذائبة TDS
- المواد العضوية COD
- الاكسجين الذائب DO
- البكتيريا Total Coliform

وكل مؤشر له تفسير علمي واضح:

- ارتفاع العكارة يدل على وجود شوائب
 - ارتفاع TDS يشير لزيادة الأملاح
 - القراءة غير الطبيعية لـ pH قد تؤثر على النباتات
 - ارتفاع COD يدل على زيادة المنظفات أو المواد العضوية
 - ارتفاع الاكسجين الذائب DO مؤشر ايجابي
 - ارتفاع البكتيريا يعني وجود مخاطر على النباتات
- وتعتمد هذه النظرية على الربط بين خصائص المياه وبين قدرتها على الاستخدام الزراعي.

خامساً: النظرية النباتية (Plant Physiology Theory)

يستند البحث في جانب تتبع النباتات إلى المبادئ الأساسية في فسيولوجيا النبات، والتي تشرح:

- كيفية امتصاص النبات للماء
- تأثير الأملاح على الجذور
- تأثير المواد الكيميائية على نمو الأوراق
- العلاقة بين العناصر الغذائية وبناء الخلايا
- الفرق بين النباتات الحساسة وتلك الأكثر تحملاً

هذه النظرية ضرورية جداً لفهم السبب خلف:

- نجاح بعض النباتات عند ريها بالمياه الرمادية
- ثبات بعض النباتات
- تأثير بعض النباتات سلباً

سادساً: النظرية البيئية (Environmental Sustainability Theory)

ترتكز هذه النظرية على المبادئ الآتية:

- تقليل الأثر البيئي للأنشطة المنزلية
- ترشيد استهلاك المياه
- تقليل الضغط على المياه الجوفية والمحلاة
- دعم الممارسات المستدامة داخل المنازل
- الحد من تصريف المياه إلى شبكات الصرف

سابعًا: نظرية الجدوى الاقتصادية (Cost-Benefit Analysis Theory)

يعتمد على قياس الوفرة المائي داخل المنزل، فإن التحليل الاقتصادي المبني على هذه النظرية يشمل:

- مقارنة تكلفة إنشاء وحدة المعالجة
- مع الفوائد المالية الناتجة عن تقليل استهلاك المياه

ثامنًا: النظريات المرتبطة بالمرافق العامة (Public Facility Water-Use Framework)

- الجوامع
- المساجد
- الحدائق المحيطة بها

فهناك إطار علمي يعتمد على:

- خصائص مياه الوضوء (عادةً أنظف من المياه الرمادية المنزلية)
- كمية التدفق اليومية العالية
- إمكانية التوجيه المباشر للحدائق
- سهولة التطبيق مع تعديلات بسيطة

إن النظرية العلمية المتبعة لإعداد هذا البحث ليست نظرية واحدة، بل مجموعة من الأطر العلمية تشمل:

✓ الإدارة المتكاملة للموارد المائية

✓ الاقتصاد الدائري

✓ المعالجة الطبيعية

✓ جودة المياه

✓ فسيولوجيا النبات

✓ الاستدامة البيئية

✓ الجدوى الاقتصادية

✓ إطار المرافق العامة

وهي مجتمعة تشكل قاعدة قوية لفهم نتائج الدراسة وتحليلها وتفسيرها

الفصل الثاني
الدراسات السابقة

مقدمة

يعد هذا الفصل أحد أهم أجزاء البحث، لأنه يستعرض مجموعة من الدراسات العلمية التي تناولت موضوع المياه الرمادية من زوايا متعددة، سواء فيما يتعلق بخصائصها ومصادر تلوثها، أو طرق معالجتها، أو أثرها على التربة والنبات، إضافة إلى الجوانب البيئية والاقتصادية المرتبطة بإعادة استخدامها. وتأتي أهمية هذا الفصل من كونه يقدّم الخلفية العلمية التي يستند إليها البحث، ويوضح ما تم إنجازه في المجال

وقد أولت العديد من الدول اهتمامًا متزايدًا بالمياه الرمادية خلال السنوات الأخيرة نتيجة الضغوط الكبيرة على الموارد المائية، وارتفاع استهلاك المياه في القطاعات المنزلية. وأسهم ذلك في ظهور عدد كبير من الأبحاث التي ركزت على جدوى إعادة استخدام هذه المياه، وفاعلية أنظمة المعالجة منخفضة التكلفة، وتقييم أثرها على النباتات المنزلية والزراعات.

وتظل الدراسات المحلية - خاصة داخل بيئة المملكة العربية السعودية - محدودة.

وبالاعتماد على هذا الاستعراض العلمي، يسعى هذا الفصل إلى تحليل أهم ما ورد في الدراسات السابقة، وتحديد نقاط القوة والضعف فيها، مع إبراز الجوانب التي ما تزال بحاجة إلى دراسة وتطوير، خصوصًا في جانب التجارب المنزلية الفعلية التي تجمع بين التحليل المخبري للمياه ومتابعة النمو النباتي. كما يهدف الفصل إلى إظهار الفجوة البحثية المتمثلة في غياب الدراسات التطبيقية التي تختبر إمكانية استخدام المياه الرمادية داخل المنازل، ومدى قابليتها للتطبيق في مرافق عامة مثل المساجد والحدائق المحيطة بها.

وبذلك، يمهد هذا الفصل للانتقال نحو الدراسة الحالية، موضحة كيف تبني هذه الدراسة على الجهود السابقة، وكيف تتميز عنها من خلال الجمع بين الجانب المخبري، والنموذج التطبيقي، والتقييم البيئي والاقتصادي، بما يعزز قيمتها العلمية ومساهمتها في مجال الاستدامة المائية باذن الله.

الدراسات السابقة

1. دراسة – Palmquist & Hanæus (2005) السويد

الفترة الزمنية للدراسة:

استمرت الدراسة لمدة 12 شهرًا ما بين عامي 2004-2005، وُجِّعت خلالها عينات أسبوعية من منازل مختلفة.

محتوى الدراسة:

رُكِّزت على تحليل الخصائص الكيميائية والميكروبية للمياه الرمادية الناتجة من المغاسل، الاستحمام، وغسالات الملابس.

وأظهرت النتائج وجود تباين كبير في تركيبة المياه بسبب اختلاف المنظفات وطبيعة الاستخدام المنزلي.

أهمية الدراسة:

تعطي أساسًا علميًا لفهم خصائص المياه الرمادية من مصادر مختلفة، وهذا يتوافق مع جمعك لعينتين: من المغسلة و غسالة الملابس.

2. دراسة – Gross et al. (2007) الولايات المتحدة

مدة التجربة:

امتدت التجربة النباتية لمدة 10 أسابيع.

محتوى الدراسة:

بحثت الدراسة تأثير المياه الرمادية على نمو النباتات المنزلية، حيث جُربت عدة أنواع نباتات لتحليل استجابتها للري بالمياه الرمادية المعالجة.

أظهرت النتائج أن النباتات العطرية تتكيف بشكل جيد إذا كانت المياه قليلة الأملاح والمنظفات.

3. دراسة – Eriksson et al. (2002) أوروبا

الفترة الزمنية للدراسة:

الدراسة كانت ضمن مشروع بحثي امتد سنتين كاملتين (2000-2002).

محتوى الدراسة:

حللت الدراسة أكثر من 150 عينة من منازل أوروبية لتحديد ملوثات المياه الرمادية.

وأثبتت أن معظم الملوثات تأتي من:

- الشامبو
- مساحيق الغسيل
- الصابون
- مواد التجميل
- العطور

أهمية الدراسة:

تفسير ممتاز لاختلاف جودة المياه الرمادية التي جمعتها أنت من مصدرين مختلفين.

4. دراسة – Al-Gheethi et al. (2019) ماليزيا

مدة التجربة:

استمرت التجربة المعملية لمدة 8 أسابيع.

محتوى الدراسة:

طبّق الباحثون وحدة معالجة منخفضة التكلفة تعتمد على الرمل والفحم والحصى. وأثبتت النتائج فعالية عالية في خفض البكتيريا والعكارة وتحسين جودة المياه.

5. دراسة – March et al. (2004) أستراليا

الفترة الزمنية:

دامت الدراسة 6 أشهر وشملت 54 منزلًا.

محتوى الدراسة:

ناقشت الدراسة إمكانية استخدام المياه الرمادية المنزلية بعد معالجتها في تقليل استهلاك المياه بنسبة تصل إلى 35%.

كما ركّزت على أثر استخدامها على النباتات الخضراء المنزلية.

6. دراسة – Christova-Boal et al. (1996) أستراليا

مدى الدراسة:

كانت دراسة طويلة المدى امتدت سنة كاملة.

محتوى الدراسة:

ركزت على تراكم الأملاح في التربة عند استخدام المياه الرمادية لفترات طويلة.

وأوصت بضرورة مراقبة الأملاح والـ pH بشكل دوري.

1. دراسة القحطاني (2021) - السعودية

مدة الدراسة:

استغرقت الدراسة 4 أشهر واعتمدت على استبانة شملت 500 مشارك.

محتوى الدراسة:

قياس وعي السكان في الرياض حول مفهوم المياه الرمادية.
وأظهرت أن غالبية السكان ليس لديهم معرفة كافية، لكن لديهم استعداد لتجربة إعادة الاستخدام.

2. دراسة - KACST مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية 2016

مدة التجربة:

أجريت التجربة لمدة 3 أشهر في أحد المساجد بالرياض.

محتوى الدراسة:

جمع مياه الوضوء من المسجد، معالجتها، ثم استخدامها في ري الأشجار المحيطة بالمسجد.
أظهرت النتائج تحسناً جيداً في النباتات وانخفاضاً في استهلاك المياه المحلاة.

التحليل المقارن مع مراعاة الفترات الزمنية

1. من حيث فترة التجربة

- دراسات طويلة المدى (6-12 شهراً): تركز على تأثيرات التراكم (الأملح).
- دراسات قصيرة (8-10 أسابيع): مثل Gross و Al-Gheethi → تركز على النمو النباتي والجودة.
- دراسات محلية (3 أشهر): مثل KACST → تركز على التطبيق الواقعي في المساجد.

2. من حيث العينات

- دراسات عالمية تعتمد على عينات متعددة.
- بحثك يعتمد على عينات حقيقية من منزل واحد لكنها من مصدرين مختلفين (مغسلة + غسالة).

3. من حيث الفترة

- جميع الدراسات تدعم الرمل + الفحم + الحصى.
- بحثك يطبق نفس منهج المعالجة لكن بتجربة واقعية داخل المنزل.

4. من حيث النباتات

- أغلب الدراسات جربت أنواع محددة.
- بحثك أقوى من حيث التنوع لأنك استخدمت عدة نباتات.

الفجوة البحثية (بناءً على الفترات)

بعد مراجعة الدراسات السابقة يتضح ما يلي:

- ندرة دراسات سعودية طويلة المدى
- ندرة دراسات تجمع بين التحليل المخبري + التجربة النباتية
- نقص الدراسات التي تختبر مياه الوضوء في المساجد
- عدم وجود دراسات محلية تختبر فترات قصيرة (4-6 أسابيع) داخل المنازل
- قلة الأبحاث التي تعتمد على مصادر متعددة للمياه الرمادية في التجربة الواحدة

الإطار النظري

يعتمد فهم المياه الرمادية وإمكانية إعادة استخدامها على مجموعة من المفاهيم العلمية التي تشكل الأساس النظري للدراسة.

ويهدف هذا الإطار إلى توضيح المفاهيم المرتبطة بالمياه الرمادية، وخصائصها، ومصادر تلوثها، والأساليب المعتمدة في معالجتها، بالإضافة إلى الأسس العلمية المتعلقة باستخدامها في ري النباتات، وتأثيرها على التربة، والاعتبارات البيئية والاقتصادية المرتبطة بها.

يشكل هذا الجزء قاعدة معرفية تُسهل تفسير نتائج التجربة الميدانية التي نفذها الباحث، وتساعد في الربط بين الجانب النظري والجانب العملي.

أولاً: تعريف المياه الرمادية ومصادرها

1. تعريف المياه الرمادية

المياه الرمادية هي تلك المياه الناتجة عن الاستخدامات المنزلية المختلفة باستثناء مياه المراحيض (المياه السوداء). وتشمل:

- مياه المغاسل
- مياه الاستحمام
- مياه غسالات الملابس
- مياه أحواض غسل الأيدي
- مياه المطبخ في بعض الدراسات (تُستبعد لأنها عالية الدسم والدهون)

وتتميز المياه الرمادية بأنها أقل تلوثاً مقارنة بالمياه السوداء، مما يجعل إعادة استخدامها أقل خطورة وأعلى قابلية للتطبيق.

2. مصادر المياه الرمادية حسب الاستخدام المنزلي

تختلف خصائص المياه الرمادية باختلاف مصدرها:

- مياه المغاسل: غالبا الأفضل جودة تحتوي على صابون خفيف ورواسب جلدية.
- مياه الاستحمام: تحتوي على شامبو، صابون، بقايا جلد، عطور.
- مياه الغسالات: أعلى نسبة منظفات، وأحيانا مواد مبيضة.
- مياه الوضوء

ثانيًا: الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الرمادية

تعتمد جودة المياه الرمادية على عدة مؤشرات علمية، منها:

1. العكارة (Turbidity)

- ناتجة عن الشوائب والعوالق والرواسب.
- ارتفاعها يدل على ضرورة المعالجة.
- وحدة الفلتر المنزلية التي استخدمتها تخفض العكارة بشكل ممتاز.

2. الرقم الهيدروجيني (pH)

- يحدد مدى حموضة أو قلوية المياه.
- النباتات تتحمل عادة pH بين 6 و8.
- detergents قد ترفع pH للميل القلوي.

3. المواد الصلبة الذائبة TDS

- تشمل الأملاح والمعادن.
- يصعب خفضها بالترشيح البسيط.
- لها تأثير مباشر على النباتات الحساسة.

4. المواد العضوية (COD/BOD)

- تعكس كمية المواد الكيميائية والصابون والمنظفات.
- الفحم الكربوني يقللها بنسبة جيدة.

5. البكتيريا (Total Coliform)

- قد تكون موجودة خاصة في مياه المغاسل.
- نظام الفلترة يقللها دون القضاء عليها بالكامل.

6. الاوكسجين المذاب (DO)

- يدل على كمية الأكسجين المتوفر داخل الماء.
- انخفاضه يشير إلى ارتفاع المواد العضوية وزيادة النشاط البكتيري.
- ارتفاعه بعد الفلترة يدل على تحسن جودة المياه الرمادية.
- له تأثير غير مباشر على صحة جذور النباتات وجودة التربة.

ثالثاً: مصادر التلوث في المياه الرمادية

1. المنظفات المنزلية

- صابون
- شامبو
- مساحيق وتقوية غسيل
- مبيضات

2. مخلفات بشرية بسيطة

- شعر
- خلايا جلد
- إفرازات بسيطة

3. مواد صناعية

- عطور صناعية
- مثبتات الشعر
- كريمات الجسم

4. ملوثات الملابس

- أوساخ
- أتربة

• رابعًا: أهمية معالجة المياه الرمادية

تتم المعالجة لعدة أسباب:

- تحسين جودة المياه قبل استخدامها في الري
- إزالة الروائح
- خفض العكارة
- تقليل البكتيريا
- تقليل المنظفات والمواد الضارة
- حماية التربة والنباتات من التراكمات الكيميائية

خامسًا: تقنيات معالجة المياه الرمادية

1. الفلترة الطبيعية (Natural Filtration)

تتكون من:

طبقة الحصى

تمنع الانسداد وتحسن التصريف.

طبقة الرمل

تزيل الشوائب الدقيقة وتحسن العكارة.

طبقة الفحم الكربوني

تمتص الروائح والمواد العضوية والمواد الكيميائية.

2. وحدات الأحواض النباتية

وحدات بيئية تعتمد على جذور النباتات والبكتيريا النافعة.

فعالة لكنها تحتاج مساحة أكبر.

3. الترسيب (Sedimentation)

يستخدم لتهذئة المياه وفصل الجزيئات الثقيلة.

4. الترشيح البطيء (Slow Sand Filtration)

طريقة مستخدمة عالميًا ومناسبة للمنازل.

سادسًا: استخدام المياه الرمادية في ري النباتات

1. النباتات العطرية

- الريحان

- الفل

- النعناع

تنمو جيدًا بالمياه الرمادية الخفيفة.

2. النباتات المتحملة للملوحة

- الروزمارين

- الروزماري

- بعض نباتات الزينة

3. النباتات الحساسة

- النباتات ذات الجذور السطحية
- بعض الزهور

سابعاً: تأثير المياه الرمادية على التربة

- قد يؤدي الاستخدام الطويل إلى تراكم الأملاح.
- يجب مراقبة pH.
- التربة الرملية تتعامل معها أفضل من التربة الطينية.
- التهوية الجيدة ضرورية.

ثامناً: الإطار البيئي لإعادة استخدام المياه الرمادية

1. تقليل الضغط على المياه المحلاة

السعودية تعتمد بنسبة كبيرة على التحلية.
استخدام المياه الرمادية يخفف العبء.

2. تقليل الهدر المائي

المياه التي رأيتها من المغسلة والغسالة هي جزء من الهدر اليومي.

3. دعم أهداف الاستدامة في رؤية المملكة 2030

- كفاءة الاستهلاك
- الاقتصاد الدائري
- تقليل البصمة المائية

تاسعًا: الإطار الاقتصادي

- تكلفة الفلتر منخفضة
- الوفرة في المياه كبير
- الفائدة مستمرة طالما النظام يعمل
- يمكن تعميم الفكرة على المساجد والجوامع والحدائق

عاشرًا: إطار تطبيق المياه الرمادية في المساجد والجوامع

1. الخصائص

مياه الوضوء أنظف من المياه الرمادية المنزلية.

2. الكمية

المسجد الواحد ينتج مئات اللترات يوميًا.

3. إمكانية التطبيق

- وحدة فلاتر بسيطة
- تجمع مياه الوضوء
- تستخدم لري الحدائق المحيطة

4. الميزة

- توفير كبير في المياه المحلاة
- تكلفة منخفضة
- أثر بيئي إيجابي كبير

الفصل الثالث

منهجية الدراسة

مقدمة

يستعرض هذا الفصل المنهجية العلمية التي اعتمدت عليها الدراسة لتنفيذ التجربة الميدانية الخاصة بإعادة استخدام المياه الرمادية داخل المنزل. ويهدف هذا الفصل إلى توضيح الخطوات التي اتبعتها الباحثة ابتداءً من اختيار المنهج العلمي المناسب، وجمع العينات، وتصميم وحدة المعالجة، وتجربة ري النباتات، وصولاً إلى تحليل البيانات وتفسيرها. وتمثل هذه المنهجية الركيزة الأساسية التي تدعم نتائج الدراسة، وتضمن موضوعية البحث ودقته العلمية.

ثانيًا: المنهجية وطرق البحث

اعتمدت الدراسة على منهجين يكمل أحدهما الآخر، حيث تم الجمع بين الجانب النظري والجانب العملي للوصول إلى نتائج واقعية قابلة للتطبيق.

1. المنهج الوصفي التحليلي

استخدم هذا المنهج لتحليل الأدبيات العلمية والدراسات السابقة المتعلقة بالمياه الرمادية، وفهم خصائصها الفيزيائية والكيميائية، واستعراض النماذج المستخدمة عالميًا ومحليًا في معالجتها واستخدامها في ري النباتات.

ويسهم هذا المنهج في بناء الأساس النظري الذي تستند إليه التجربة، كما يساعد على تفسير نتائج التحليل المخبري لاحقًا.

2. المنهج التجريبي التطبيقي

وهو المنهج الرئيس في هذه الدراسة، حيث قمت بتنفيذ تجربة عملية واقعية داخل المنزل تضمنت الخطوات التالية:

جمع العينات

قمت بجمع عينتين من مصدرين مختلفين داخل المنزل:

- عينة من المغسلة
- عينة من غسالة الملابس

ولوحظ خلال عملية الجمع:

- أن كمية المياه الرمادية كانت أكبر من المتوقع
- وجود تحدي في جمع المياه بسبب عدم توفر تسليك مخصص

تصميم وحدة المعالجة

تم تصميم وحدة معالجة منخفضة التكلفة باستخدام مواد متوفرة، شملت:

1. طبقة حصى (لتسهيل التصريف ومنع الانسداد)
2. طبقة رمل (لإزالة الشوائب والعوالق الدقيقة)
3. طبقة فحم كربوني نشط (لامتصاص الروائح والمواد العضوية والصابون)

تحليل العينات مخبريا

شملت التحاليل:

- قياس العكارة (Turbidity)
- قياس درجة الحموضة (pH)
- قياس الأملاح الذائبة (TDS)
- تحليل COD للمواد العضوية
- تحليل DO
- تحليل البكتيريا (Total Coliform)

تساعد هذه المؤشرات في تقييم فعالية وحدة المعالجة ومدى صلاحية المياه للري.

تجربة ري النباتات

اخترت عدة أنواع نباتية لقياس استجابتها لنوعية المياه:

- الفل
- الحناء
- الياسمين

وذلك لعدم وجود مصدر محلي يوضح النباتات المناسبة للري بالمياه الرمادية، مما أدى الى تجربة عدة أنواع.

ثم قسمت النباتات إلى مجموعتين:

- مجموعة A: مروية بالمياه الرمادية المعالجة
- مجموعة B: مروية بالمياه المحلاة

وتمت المتابعة عبر تسجيل:

- الطول
- عدد الأوراق
- اللون
- الحيوية
- أي تغيرات (سلبية أو إيجابية)

ولوحظ أن:

- بعض النباتات لم تتغير نهائيا
 - وبعضها بدأ بالنمو بوضوح
- وهو ما يعطي نتائج مهمة للمقارنة والتحليل.

ثالثاً: مجتمع البحث

يمتد مجتمع البحث ليشمل فئتين رئيسيتين:

1. المنازل

حيث تنتج المنازل كميات كبيرة من المياه الرمادية يوميا، خاصة من:

- المغاسل
- الغسالات
- دورات المياه
- أحواض غسل الأيدي

وتسعى الدراسة إلى اختبار مدى إمكانية معالجة هذه المياه داخل المنزل واستخدامها في ري النباتات بسهولة وبتكلفة منخفضة.

2. المساجد والجوامع

تمت إضافة هذه الفئة لارتباطها المباشر باستهلاك المياه:

- المياه الناتجة من الوضوء تعتبر أنظف أنواع المياه الرمادية
 - المساجد تنتج كميات كبيرة جداً يوميا
 - يمكن توجيه هذه المياه مباشرة لري الحدائق المحيطة بالمسجد
- وتهدف الدراسة إلى استكشاف مدى إمكانية تطبيق نموذج المعالجة المنزلية على نطاق أكبر في هذه المرافق.

رابعًا: حدود البحث

1. الحدود المكانية

تم تنفيذ التجربة داخل المنزل، مما يعني أن النتائج تعكس بيئة منزلية واحدة وقد تختلف باختلاف المنازل.

2. الحدود الزمانية

امتدت التجربة لمدة 3 اسابيع، وهي مدة كافية لملاحظة التغيرات الأولية، لكنها لا تكشف التأثيرات طويلة المدى على التربة أو النباتات.

3. الحدود التطبيقية

الوحدة المستخدمة وحدة معالجة بسيطة، وقد تعطي نتائج مختلفة عن الأنظمة الأكثر تطورًا أو الأكبر حجمًا.

4. الحدود النباتية

اقتصرت التجربة على ثلاثة أنواع، بينما توجد نباتات أخرى قد تختلف استجابتها تمامًا.

5. حدود التعميم على المساجد والجوامع

تطبيق الفكرة على المساجد يحتاج دراسة ميدانية مستقلة، والدراسة الحالية تقدم تصور أولي للتطبيق فقط.

الفصل الرابع

النتائج والتوصيات

مقدمة

يعرض هذا الفصل تحليل البيانات التي تم جمعها من خلال التجربة الميدانية، سواء من التحليل المخبري لعينات المياه الرمادية قبل المعالجة وبعدها، أو من قياسات النمو النباتي التي تم تسجيلها خلال فترة التجربة. ويهدف هذا الفصل إلى تقديم تفسير علمي للنتائج وربطها بالإطار النظري والدراسات السابقة، بالإضافة إلى تقييم مدى فعالية وحدة المعالجة المنزلية، ومدى قابلية استخدام المياه الرمادية في ري النباتات داخل المنازل، وإمكانية تطبيق الفكرة في المرافق العامة مثل المساجد.

يمثل هذا الفصل حلقة الوصل بين الجانب العملي والتفسير العلمي، فهو يكشف مدى نجاح التجربة، ويحدد النقاط التي تحتاج إلى تطوير أو تحسين، ويقدم رؤية واضحة حول جدوى إعادة استخدام المياه الرمادية من الناحية البيئية والزراعية والاقتصادية.

ثانيًا: تحليل البيانات

يتضمن تحليل البيانات تفسيرًا لنتائج التحاليل المخبرية ومتابعة النمو النباتي، وذلك وفق المحاور الآتية:

1. تحليل بيانات المياه قبل وبعد المعالجة

تم تحليل العينات من مصدرين مختلفين (المغسلة - الغسالة)، ثم مقارنة النتائج قبل مرور المياه عبر وحدة الفلتر وبعدها. وتشمل البيانات المؤشرات التالية:

العكارة (Turbidity)

- من المتوقع انخفاض العكارة بشكل كبير بعد استخدام الرمل والفحم.
- المياه من الغسالة غالباً أعلى عكارة من المغسلة.

الرقم الهيدروجيني (pH)

- قد ترتفع قليلاً بسبب المنظفات، ثم تستقر بعد المعالجة.

المواد الصلبة الذائبة (TDS)

- عادة لا تتخفض كثيرًا لأن الأملاح تحتاج معالجة أكبر.
- ارتفاع TDS قد يؤثر على بعض النباتات الحساسة.

المواد العضوية (COD)

- الفترة بالفحم تقلل COD بشكل ملحوظ.

البكتيريا (Total Coliform)

- من المتوقع انخفاضها بعد المعالجة دون الوصول إلى مستوى التعقيم.

2. تحليل بيانات النمو النباتي

تمت متابعة أربعة نباتات أسبوعيًا لمدة 3 أسابيع. وشملت البيانات:

الطول

- بعض النباتات شهدت نموًا واضحًا مع المياه الرمادية المعالجة.
- بينما بقيت أخرى ثابتة دون تغير.

عدد الأوراق

- ارتفاع عدد الأوراق مؤشر على استجابة إيجابية.

اللون والحيوية

- اللون الأخضر الداكن يدل على امتصاص جيد.
- اصفرار الأوراق قد يدل على ارتفاع الأملاح أو المنظفات.

المقارنة بين مجموعة المياه الرمادية والمجموعة المحلاه

- النباتات العطرية عادة أكثر تحملا.
- نباتات الزينة أكثر حساسية.

3. تحليل التحديات الميدانية

خلال التجربة، واجهت عدة تحديات:

- كمية المياه الرمادية كانت أكبر من المتوقع (فوق النص).
- صعوبة في جمع المياه بسبب عدم توفر تسليك مخصص.
- تكلفة تحليل العينات وإصدار النتائج
- اختيار النباتات كان تحديا لعدم وجود مصادر محلية توضح الأنواع المناسبة.
- تفاوت النمو النباتي: نبات ثابت – نبات نبت بشكل ممتاز.

ثالثاً: النتائج

عينة قبل الفلتره

TDS	201mg/L
PH	8.5
Turbidity	2.4
COD	180 mg/L
DO	3 mg/L
Total coliform	5

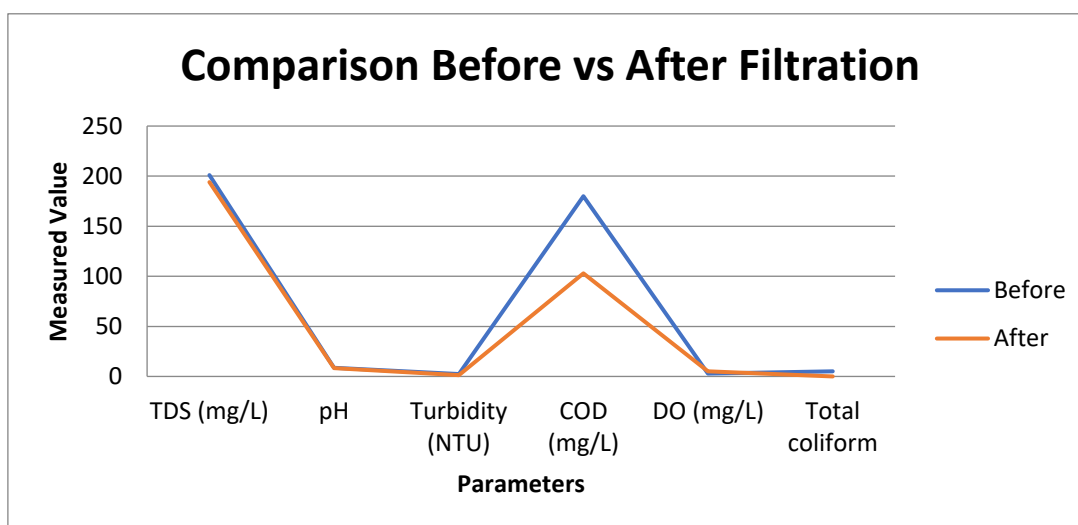
جدول (1)

بعد

TDS	mg/L194
PH	8.34
Turbidity	1.23
COD	103 mg/L
DO	5 mg/L
Total coliform	0

جدول (2)

بعد تحليل البيانات، تم التوصل إلى مجموعة من النتائج المهمة، من أبرزها:



1. فعالية وحدة المعالجة المنزلية

- أثبتت الفلترة باستخدام الرمل والحصى والفحم فاعلية جيدة في تحسين جودة المياه الرمادية.
- انخفضت العكارة بشكل واضح.
- تحسن اللون والرائحة.
- انخفضت المواد العضوية (COD).
- قلت البكتيريا دون الوصول للتعقيم الكامل.

2. اختلاف جودة المياه حسب المصدر

- عينة المغسلة كانت أنظف وأكثر استقرارًا.
- عينة الغسالة احتوت على منظفات أكثر.
- وهذا يؤثر على اختيار الاستخدام الزراعي لاحقًا.

3. استجابة النباتات

- بعض النباتات نمت جيدًا عند ريّها بالمياه الرمادية
- نباتات أخرى لم تتغير أو نمت بشكل أبطأ.
- نباتات الزينة كانت الأكثر حساسية.

4. قابلية تطبيق النموذج في المنازل

- التجربة نجحت داخل المنزل رغم صعوبات جمع المياه.
- النظام منخفض التكلفة ومناسب للاستخدام المنزلي.

5. إمكانية تطبيق النموذج في المساجد والجوامع

- مياه الوضوء تُعد مياه نظيفة نسبياً وأسهل في المعالجة.
- يمكن استخدام نفس وحدة الفلترة المنزلية لتجميع مياه الوضوء لري الحدائق المحيطة بالمسجد.
- هذا يعزز الوفرة المائي ويقلل فاتورة استهلاك المياه المحلاة.

رابعاً: التوصيات

استناداً إلى التحليل والنتائج، توصي الدراسة بما يلي:

1. تعزيز نشر استخدام وحدات المعالجة المنزلية منخفضة التكلفة

لأنها أثبتت فعاليتها في معالجة المياه الرمادية وتحسين جودتها.

2. اختيار منظفات خفيفة داخل المنزل

لأن نوعية المنظفات تؤثر مباشرة على جودة المياه الرمادية وصلاحيتها للري.

3. استخدام المياه الرمادية لري النباتات المتحملة

وتجنب استخدامها للنباتات الحساسة.

4. عدم تخزين المياه الرمادية لفترات طويلة

يفضل استخدامها بعد المعالجة مباشرة لتجنب نمو البكتيريا.

5. تشجيع تطبيق النظام في المساجد

حيث يمكن الاستفادة من مياه الوضوء بكميات كبيرة لري المساحات الخضراء، مما يحقق:

- وفر مائي كبير
- تقليل الاعتماد على المياه المحلاة
- دعم رؤية المملكة 2030 في الاستدامة

6. القيام بتجارب مستقبلية طويلة المدى

لمراقبة التأثير التراكمي على التربة والنبات.

7. ضرورة وضع أدلة إرشادية محلية لتطبيق إعادة استخدام المياه الرمادية

لتسهيل تبني هذه التطبيقات على نطاق واسع في المنازل والمرافق العامة.

المراجع

المراجع العربية

1. القحطاني، أحمد. (2021). وعي المجتمع السعودي تجاه إعادة استخدام المياه الرمادية في المنازل. جامعة الملك سعود، الرياض.
2. مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية – KACST. (2016). إعادة استخدام مياه الوضوء في ري الحدائق العامة والمساجد: دراسة تطبيقية بمدينة الرياض. الرياض، المملكة العربية السعودية.
3. وزارة البيئة والمياه والزراعة. (2020). الإطار الوطني لترشيد استهلاك المياه. الرياض، السعودية.
4. المركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه. (2021). دليل الاستدامة المائية في المنازل السعودية. الرياض.
5. الجمعية العربية للمياه. (2019). الممارسات الحديثة في إدارة المياه الرمادية في البيئات العربية. القاهرة.
6. وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان. (2022). تنظيمات إدارة المياه في المساجد والمرافق العامة. الرياض.
7. جامعة أم القرى – كلية الهندسة. (2020). تحليل خصائص المياه الرمادية المنزلية في مكة المكرمة وإمكانية إعادة استخدامها. مكة المكرمة.

- .1 Palmquist, R., & Hanæus, J. (2005). Characteristics of grey wastewater and evaluation of treatment systems. *Water Science and Technology*, 51(10), 145–152.
- .2 Gross, A., Azulai, N., Oron, G., et al. (2007). Greywater reuse for irrigation: Effects on plant growth and soil properties. *Ecological Engineering*, 31(2), 167–172.
- .3 Eriksson, E., Auffarth, K., Eilersen, A. M., Henze, M. (2002). Household greywater characteristics and contaminant loads. *Water Research*, 36(5), 1355–1367.
- .4 Al-Gheethi, A., Mohamed, R., Noman, E., et al. (2019). Treatment of greywater using low-cost filtration systems and its reuse for irrigation. *Journal of Environmental Management*, 231, 271–280.
- .5 March, J., Gual, M., & Orozco, F. (2004). Greywater recycling in urban areas: Application in households and gardens. *Water Science and Technology*, 50(2), 169–176.
- .6 Christova-Boal, D., Eden, R. E., & McFarlane, S. (1996). Investigation of greywater reuse for suburban households. *Research Report*, CSIRO, Australia.
- .7 UNEP (United Nations Environment Programme). (2018). Guidelines for greywater reuse in agriculture. Nairobi, Kenya.
- .8 WHO (World Health Organization). (2006). Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater in Agriculture: Guidelines. Geneva.

Friedler, E. (2004). Quality of untreated domestic greywater and .9
implications for treatment and reuse. *Water Science and Technology*,
50(2), 139–147.

Li, F., Wichmann, K., & Otterpohl, R. (2009). Review of the .10
technological approaches for greywater treatment and reuse. *Science
of the Total Environment*, 407(11), 3431–3441.

الملاحق

الاستبانة

استبانة حول إعادة استخدام المياه الرمادية داخل المنازل والمرافق العامة

تهدف هذه الاستبانة إلى جمع آراء أفراد المجتمع حول مدى المعرفة والوعي بإعادة استخدام المياه الرمادية في المنازل والمساجد، ومدى تقبل تطبيق أنظمة معالجة بسيطة داخل البيوت والمرافق العامة.

جميع الإجابات سرية وتستخدم لأغراض البحث العلمي فقط.

البيانات العامة

1. المستوى التعليمي:

☐ ثانوي

☐ دبلوم

☐ بكالوريوس

☐ دراسات عليا

أسئلة الاستبانة (بنظام نعم / لا)

1. هل سمعت سابقا عن المياه الرمادية؟

☐ نعم ☐ لا

2. هل ترى ان من إعادة استخدام المياه الرمادية يقلل من استهلاك المياه وخفض فواتير المياه

في المنازل ؟

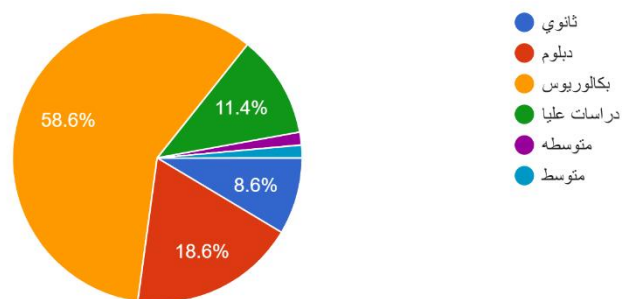
☐ نعم ☐ لا

3. هل تؤيد نشر برامج توعوية حول أهمية المياه الرمادية وإعادة استخدامها؟

☐ نعم ☐ لا

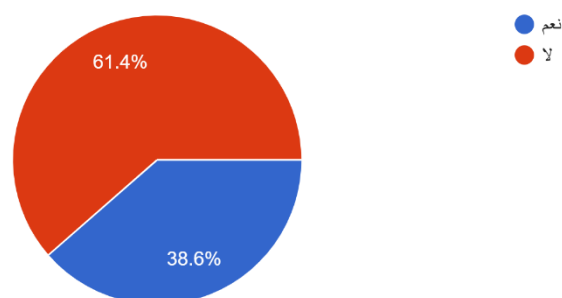
نتائج الاستبيان

المستوى التعليمي
70 responses



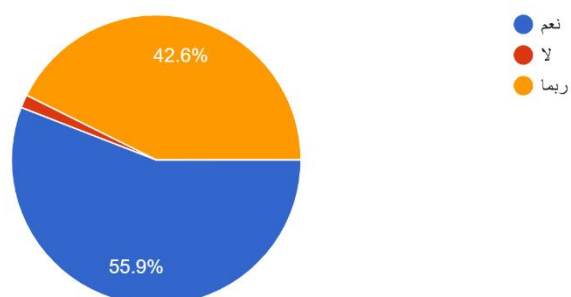
شكل (1)

هل سمعت سابقاً عن المياه الرمادية
70 responses



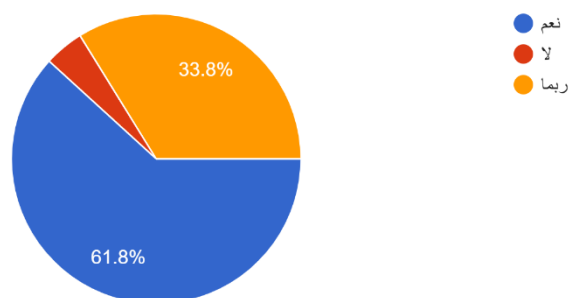
شكل (2)

هل ترى جدوى من اعادة استخدام المياه الرمادية في ري النباتات
68 responses



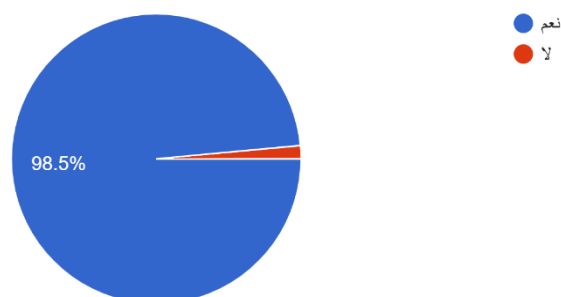
شكل (3)

هل ترى ان من اعادة استخدام المياه الرمادية يقلل من استهلاك المياه وخفض فواتير المياه في المنازل
68 responses



شكل (4)

هل تؤيد نشر برامج توعية حول اهمية المياه الرمادية واعادة استخدامها
68 responses



شكل (5)

الملخص (Abstract)

تتناول هذه الدراسة إمكانية الاستفادة من المياه الرمادية المنزلية بعد معالجتها بطريقة بسيطة باستخدام وحدة معالجة منخفضة التكلفة تعتمد على الرمل والحصى والفحم الكربوني. وتم تنفيذ تجربة عملية داخل منزل الباحث شملت جمع عينات المياه قبل المعالجة وبعدها، وتحليلها مخبرياً لقياس العكارة ودرجة الحموضة والأملاح والمواد العضوية والبكتيريا.

كما تم اختبار تأثير المياه الرمادية المعالجة على نمو عدة أنواع من النباتات ومقارنتها بالنباتات المروية بالمياه العذبة بهدف تقييم ملاءمة هذه المياه للاستخدام الزراعي. وتتناول الدراسة أيضاً إمكانية تطبيق هذا النموذج في المرافق العامة مثل المساجد للاستفادة من مياه الوضوء في ري الحدائق.

وتهدف الدراسة إلى تقديم نموذج عملي قابل للتطبيق في المنازل السعودية يساهم في تقليل استهلاك المياه المحلاة وتحقيق الاستدامة المائية بما يتوافق مع مستهدفات رؤية المملكة 2030.

Abstract :

This study examines the potential for reusing domestic greywater after treatment through a low-cost filtration system composed of sand, gravel, and activated carbon. A practical experiment was conducted in the researcher's home, involving the collection of greywater samples before and after treatment, followed by laboratory analysis to measure turbidity, pH, total dissolved solids, organic matter (COD), and bacterial levels.

The study also evaluates the effect of treated greywater on the growth of several plant species, comparing the results with plants irrigated with fresh water to assess the suitability of greywater for irrigation purposes.

Additionally, the research explores the feasibility of applying this model in public facilities, such as mosques, by utilizing ablution water for landscape irrigation.

The study aims to provide a practical, applicable model for Saudi households, contributing to reduced reliance on desalinated water and promoting water sustainability in alignment with Saudi Vision 2030.

Midocean University

College of Management

Department of Master of Project Management

**Environmental and Economic Feasibility Assessment of Greywater
Reuse**

**An Applied Study in a Household Setting with Evaluation of Its Potential
for Public Implementation**

Prepared by:

Abdulaziz Zamil Jamil Qumsani

251001285

Supervised by:

Dr. / Faisal Abdul Hamad Muhammad

Dr. / Fayez Ali Jarad

Year:2025