مجلة مركـــز جـــزيرة العـــــرب
للبحوث التـــربـــوية والإنسانية
المجلد (3)، العدد (30): 30 سبتمبر 2026م
ص: 212-236
تاريخ الاستلام: 2026/09/01 القبول: 2026/09/29
النشر: 2026/09/30

Journal of Arabian Peninsula Centre
for Educational and Humanity Researches
Volume (3), Issue (30): 30 Sep: 2026
p: 212-236
Copyright License
ISSN: 2707-742X

سياسات إدارة النفايات الصلبة و أثرها في تحقيق الاستدامة البيئية في قطر [1]

Solid Waste Management Policies and Their Impact on Achieving Environmental Sustainability in Qatar [2]

أ. مضاوي سلطان المريخي
بكالوريوس آداب|| سياسات وتخطيط وتنمية/ البيئة والاستدامة|| قسم الشؤون الدولية||جامعة قطر

Ms. Madhawi Sultan Al-Marriakhi
Bachelor of Arts|| Policies, Planning, and Development/ Environment and Sustainability|| Department of International Affairs|| Qatar University

Email: Bints.910@gmail.com || Orcid: https://orcid.org/0009-0009-7566-6732 ||Mobile: 00974 33253582

المستخلص: هدفت الدراسة إلى تقييم واقع سياسات إدارة النفايات الصلبة وأثرها في تحقيق الاستدامة البيئية في قطر. واعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتمثلت الأداة في استبانة من (28) عبارة موزعة على أربعة مجالات، تم تطبيقها على عينة عشوائية بلغت (100) من المجتمع القطري، إضافة إلى المراجعة النظرية لقرابة (50) مرجعًا ووثيقة، وتم التحليل باستخدام البرنامج الإحصائي (SPSS^{v26}). وأظهرت النتائج حصول عموم السياسات والدور على متوسط كلي (4.05 من5) بتقدير (مرتفع) وعلى مستوى المجالات الفرعية جاء توافق السياسات مع رؤية قطر أولا بمتوسط (4.23) وتقدير (مرتفع جدًا)، وحلّ ثانيًا البيئي (4.19) وثالثًا السياسات (3.96)، وأخيرًا التحديات (3.83)؛ وجميعها بتقدير (مرتفع)، كما بينت النتائج عدم وجود فروق دالة إحصائيًا عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) بين وجهات نظر العينة تبعا لمتغيرات (النوع الاجتماعي، المؤهل، العمر، الوظيفة)، كما أظهرت النتائج أن سياسات إدارة النفايات الصلبة فسرت 58.7% من التباين في استدامة البيئة (R^2=0.587، R=0.766، p<0.001)، و56.4% في الحد من الآثار البيئية (F=126.82، p<0.001)، و51.9% في تحقيق الأهداف البيئية لرؤية قطر 2030 (R^2=0.519، F=105.65، p<0.001)، مع ارتباط دال للتحديات بفاعلية السياسات (r=0.271، p=0.0064). وتوصي الدراسة بإنشاء منصة ذكية لتتبع النفايات، وربط الحوافز بمؤشرات الأداء البيئي، وتفعيل الشراكات الدائرية؛ بما يعزز قابلية السياسات للقياس والتنفيذ، ويقدم إطارًا تطبيقيًا متكاملًا. وتتمثل الإضافة في دمج البعد التنظيمي والبيئي والتنفيذي ضمن نموذج تفسيري واحد.

الكلمات المفتاحية: إدارة النفايات الصلبة، الاستدامة البيئية، السياسات البيئية، رؤية قطر 2030، الاقتصاد الدائري.

Abstract: The study aimed to assess the current state of Solid Waste Management Policies and Their Impact on Achieving Environmental Sustainability in Qatar. A descriptive-analytical approach was adopted, using a 28-item questionnaire distributed across four domains and administered to a random sample of (100) from community members, complemented by a theoretical review of approximately 50 references and documents. Data were analyzed using SPSS version 26. The findings showed that the overall policies and their role received a mean score of 4.05 out of 5, indicating a high level. Among the subdomains, policy alignment with Qatar National Vision 2030 ranked first, with a mean of 4.23 and a very high level, followed by the environmental domain (4.19), policies (3.96), and challenges (3.83), all at a high level. No statistically significant differences were found at $\alpha \leq 0.05$ in participants' responses by gender, educational qualification, age, or occupation. The findings further indicated that solid waste management policies explained 58.7% of the variance in environmental sustainability (R^2 = 0.587, R = 0.766, p < 0.001), 56.4% of the variance in reducing environmental impacts (F = 126.82, p < 0.001), and 51.9% of the variance in achieving the environmental objectives of Qatar National Vision 2030 (R^2 = 0.519, F = 105.65, p < 0.001), with a statistically significant correlation between challenges and policy effectiveness (r = 0.271, p = 0.0064). The study recommends establishing a smart waste-tracking platform, linking incentives to environmental performance indicators, and activating circular-economy partnerships to enhance the measurability and implementability of policies and provide an integrated applied framework. Its contribution lies in integrating regulatory, environmental, and implementation dimensions within a unified explanatory model.

Keywords: Solid Waste Management, Environmental Sustainability, Environmental Policies, Qatar National Vision 2030, Circular Economy.

[1]-**التوثيق للاقتباس (APA):** المريخي، مضاوي سلطان. (2026). سياسات إدارة النفايات الصلبة وأثرها في تحقيق الاستدامة البيئية في قطر. *مجلة مركز جزيرة العرب للبحوث التربوية والإنسانية، 3*(30)، 212-236. https://doi.org/10.56793/pcra221309

[2]-**Citation in APA format:** Al-Marriakhi, M. S. (2026). Solid Waste Management Policies and Their Impact on Achieving Environmental Sustainability in Qatar. *Journal of the Arabian Peninsula Center for Educational and Human Researches, 3*(30), 212–236. https://doi.org/10.56793/pcra221309

1-المقدمة/Introduction

تكتسب سياسات إدارة النفايات الصلبة أهمية متزايدة في دولة قطر، في ظل سعيها إلى تحقيق الاستدامة البيئية ضمن رؤية قطر2030. ومن ثم، تسعى الدراسة إلى فهم فاعلية السياسات والإجراءات المتبعة في الحد من الآثار البيئية السلبية للنفايات وتعزيز الإدارة المستدامة لها. وتأتي هذه القضية في سياق تحولات سكانية واستهلاكية متسارعة جعلت إدارة النفايات الصلبة من أبرز التحديات التنموية العالمية، لما تتركه من انعكاسات مباشرة على الصحة العامة وجودة الحياة (Aditya et al., 2021; Dai et al., 2022). كما يؤدي ضعف التشريعات واستمرار نمو النفايات دون معالجة كافية إلى تفاقم تغير المناخ واستنزاف الموارد الطبيعية (ملال وزناكي، 2022; المدلل، 2022; Qu et al., 2024)، الأمر الذي يعزز أهمية الانتقال إلى الاقتصاد الدائري بوصفه مدخلًا لحماية النظم البيئية وخفض الانبعاثات (Adsul, 2024; Bhatia et al., 2024). وتؤكد الدراسات أن إعادة تنظيم سلاسل الإمداد وتثمين المخلفات بالتقنيات الخضراء يمكن أن يحولا النفايات إلى موارد ذات قيمة اقتصادية (Alcocer-García et al., 2025; Hamdi et al., 2025; Mungwari et al., 2025)، بينما يدعم دمج التحلل المتقدم والهضم الحيوي كفاءة إدارة النفايات ضمن الاستراتيجيات الوطنية المتكاملة (Akimoto et al., 2025; Monfared et al., 2025; Sinha et al., 2026).

وعربياً، اتجهت معظم الدول إلى تطوير حوكمة النفايات لمواجهة آثار التمدن والتوسع الصناعي، مع التركيز على التسميد والتدوير واسترداد الموارد (Hussein et al., 2022; الزربي وآخرون، 2023; القرالة وآخرون، 2024). غير أن التطبيق لا يزال يواجه قيودًا فنية واقتصادية، منها ضعف البنية التشغيلية ومحدودية منشآت التثمين والمعالجة المتقدمة (أبو قديس والصالح، 2024; مخلوف، 2024; Akimoto et al., 2024; Goh et al., 2025). وفي المقابل، تتجه السياسات الحديثة إلى تعزيز الفرز من المصدر واستخدام التقنيات والذكاء الاصطناعي لرفع كفاءة الجمع والتدوير (المنصور وأكرامي، 2024; Goh et al., 2024; Bandari et al., 2026)، إلى جانب تفعيل المسؤولية الممتدة للمنتج (EPR) لتحفيز المنتجين على تقليل النفايات وضمان إدارتها (إسلام وعلي، 2025; الحوسني، 2025; Ragab et al., 2025). كما يفتح ربط تثمين النفايات بالأمن الغذائي والمائي فرصًا للتنمية والاستثمار منخفض التلوث، خاصة في البيئات الصحراوية والجافة (الصيرفي، 2025; Abedeen et al., 2025; Nascimento et al., 2025; Kavil et al., 2025).

ومحليًا تسعى قطر إلى المواءمة بين النمو الاقتصادي والحماية البيئية، من خلال استعادة المواد وإعادة التدوير ضمن رؤية قطر الوطنية واستراتيجية التنمية الوطنية الثالثة (بنك قطر للتنمية 2024 ,[QDB]). وتمثل إدارة النفايات الصلبة أحد مداخل تحويل التحديات البيئية إلى فرص استثمارية، عبر دعم المشروعات الصغيرة والمتوسطة والابتكار التكنولوجي (بنك قطر للتنمية 2024; Alherbawi et al., 2024 ,[QDB]). إلا أن وجود التوجهات والمبادرات لا يكفي للحكم على فاعلية السياسة؛ إذ يتطلب تقييمها قياس أثرها الفعلي في خفض الطمر وتعزيز استرداد الموارد والاقتصاد الدائري منخفض الكربون (Alhamami et al., 2026). ومن هنا تتحدد مشكلة الدراسة في الحاجة إلى تقييم سياسات إدارة النفايات الصلبة في قطر، والكشف عن مدى إسهامها الفعلي في تحقيق الاستدامة البيئية.

1-2-مشكلة البحث (Research Problem)

تتبلور مشكلة الدراسة في الارتفاع المتصاعد في حجم النفايات الكلية وتأثيراته البيئية والاقتصادية المباشرة في دولة قطر، حيث تشير الإحصاءات الرسمية إلى ارتفاع حجم النفايات المتولدة محليًا من 12 مليون طن عام 2013 إلى 16 مليون طن عام 2023 بمعدل نمو سنوي مركب قدره 3% (بنك قطر للتنمية 2024 ,[QDB]). وتتفاقم أبعاد هذه المشكلة في ظل تدني معدلات استعادة وإعادة تدوير مواد حيوية حرجة كالبلاستيك الذي لا يتجاوز تدويره 9%،

والمطاط بنسبة 2%، والنفايات الإلكترونية بنسبة 22% مقارنة بمواد ك الصلب التي تصل نسبة استعادتها إلى 85% (QDB, 2024). وقد أكدت الدراسات الوطنية المعاصرة أن هذا النمط المتسارع لتوليد النفايات يضغط بشكل متزايد على البنية التحتية والمطامر الحضرية، مما يستدعي تقييمًا هندسيًا وبيئيًا متكاملًا لمسارات المعالجة والتدوير (Al-Maaded et al., 2023; Al-Nuaimi et al., 2023). وتبرز الحاجة الميدانية الملحّة للتعامل مع الفجوات التنظيمية والبنيوية المتمثلة في ضرورة تطوير البنية التحتية الذكية، وتسهيل تخصيص الأراضي للمشاريع البيئية، وتفعيل الأطر التشريعية الملزمة لتمكين الشركات الصغيرة والمتوسطة من الاستثمار في قطاع التدوير (QDB, 2024; Al-Kuwari & Al-Ansari, 2024).

وتزداد المشكلة تعقيدًا في ضوء التحديات اللوجستية والفنية المرافقة لمعالجة المكونات العضوية والصناعية للنفايات في البيئة القطرية؛ حيث رصدت الأبحاث القطرية الحديثة كفاءة متباينة في سيناريوهات التحلل الحراري والهضم اللاهوائي للمخلفات الغذائية نتيجة التغيرات المناخية ودرجات الحرارة المرتفعة (Alherbawi et al., 2024; Hassan et al., 2024). كما كشفت دراسات التقييم البيئي والاقتصادي في قطر عن قصور في آليات الفصل الإلزامي من المصدر وضعف التكامل بين مخرجات معالجة النفايات وسلاسل الإمداد الصناعية والبتروكيماوية القائمة (Al-Ghouti et al., 2025; Al-Muraikhi et al., 2025). وبناءً عليه، قررت الباحثة إجراء هذه الدراسة لتعالج هذه الفجوة الحوكمية والتطبيقية عبر التحليل العلمي الشامل لأثر سياسات إدارة النفايات الصلبة في تحقيق الاستدامة البيئية، وتقديم خريطة طريق استراتيجية تسهم في رفع معدلات التدوير وتقليل الأثر البيئي وتطوير اقتصاد حيوي دائري في دولة قطر (Al-Sada et al., 2026). ومن هنا، تصبح دراسة وتقييم سياسات إدارة النفايات الصلبة في قطر أمرًا ضروريًا؛ لتعزيز ممارسات الإدارة المستدامة والتنمية البيئية وإطار رؤية قطر الوطنية 2030؛ وبما يجيب عن الأسئلة الآتية.

1-3-أسئلة البحث

بناءً على ما سبق، تكمن مشكلة البحث في الأسئلة الآتية:

1. ما واقع سياسات إدارة النفايات الصلبة المطبقة في دولة قطر، وما مدى توافقها مع رؤية قطر 2030؟
2. ما أثر سياسات إدارة النفايات الصلبة في الحد من الآثار البيئية السلبية للنفايات من وجهة نظر عينة البحث؟
3. ما أبرز التحديات التي تواجه تطبيق سياسات إدارة النفايات الصلبة في دولة قطر، وكيف يمكن الحد منها؟
4. ما مدى وجود فروق دالة إحصائيًا عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) بين إجابات العينة على عبارات الدراسة تبعًا لمتغيرات (النوع الاجتماعي، المؤهل العلمي، العمر، نوع الوظيفة)؟

1-4-فرضية البحث: "توجد علاقة ارتباطية دالة إحصائيًا عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) بين كل من 1-كفاءة وفاعلية سياسات إدارة النفايات الصلبة (بأبعادها التنظيمية والتنفيذية) 2-مستوى تحقيق الاستدامة البيئية والحد من الآثار السلبية في دولة قطر" 3-مستوى التحديات الميدانية التي تواجه تطبيق سياسات إدارة النفايات الصلبة وانخفاض فاعليتها في تحقيق الاستدامة البيئية بدولة قطر."

1-5-أهداف البحث

1. التعرف على واقع سياسات إدارة النفايات الصلبة بقطر ومدى توافقها مع رؤية 2030.
2. قياس أثر سياسات النفايات الصلبة في الحد من الأضرار البيئية من وجهة العينة.

3. تشخيص أبرز تحديات تطبيق سياسات إدارة النفايات الصلبة وسبل التغلب عليها بقطر.
4. كشف مدى وجود فروق إحصائية عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) بين استجابات العينة وفق المتغيرات الديموغرافية.

1-6-أهمية البحث

- **الأهمية النظرية:**
  - إثراء الأدبيات العربية بإطار مفاهيمي يركم التأصيل النظري للاقتصاد الدائري وحوكمة النفايات.
  - توفير أداة قياس علمية محكمة لتقييم السياسات البيئية بالمنطقة وفق معايير النشر المستدام.
- **الأهمية العملية:**
  - تقديم توصيات مبكرة لـ وزارة البيئة والتغير المناخي لسن تشريعات الفرز الإلزامي ومسؤولية المنتج.
  - تفيد وزارة البلدية نحو تفعيل أنظمة الجمع الذكية اللوجستية وتطوير البنية التحتية للمطامر.
  - إفادة بنك قطر للتنمية بفرص الاستثمار المستدام لتمويل المشاريع الناشئة بالتثمين الحيوي.
  - تزويد وزارة التجارة والصناعة بآليات دمج مخرجات التدوير في سلاسل الإمداد البتروكيماوية القائمة.
  - تعزيز مؤسسات المجتمع المدني والإعلام ببرامج توعوية مبتكرة لرفع الوعي بالفرز المصدري.

1-7-حدود البحث

يقتصر تعميم نتائج البحث على الحدود الآتية:

- **الحدود الموضوعية**: سياسات إدارة النفايات الصلبة وأثرها في تحقيق الاستدامة البيئية.
- **الحدود البشرية**: عينة من الممارسين والأكاديميين والمختصين بقطاع البيئة والنفايات والمجتمع.
- **الحدود المكانية**: التطبيق الميداني في نطاق المؤسسات والجهات البيئية والبلدية بدولة قطر.
- **الحدود الزمانية**: تمت الدراسة الميدانية وجمع البيانات خلال العام (2026/2025).

1-8-مصطلحات البحث (النظرية والإجرائية)

- **سياسات إدارة النفايات الصلبة (Solid Waste Management Policies):** وتعرف بأنها: "مجموعة السياسات والإجراءات التنظيمية والفنية التي تهدف إلى جمع النفايات الصلبة ونقلها ومعالجتها والتخلص منها بطرق تقلل من آثارها البيئية والصحية، وتحد من مخاطرها على المجتمع المحلي، مع السعي إلى إعادة التدوير والاستفادة منها اقتصاديًا قدر الإمكان". (الصيرفي، 2025).
  - **إجرائيًا**: "الدرجة الكلية التي يحددها المبحوثون عبر أداة الدراسة للآليات والتنظيمات المطبقة بقطر لمعالجة النفايات الصلبة وتثمينها".
- **الاستدامة البيئية (Environmental Sustainability):** وتعرف بأنها: " قدرة المجتمع على إدارة موارده الطبيعية والأنشطة البشرية، بما يضمن حماية البيئة وتقليل التلوث والحفاظ على التوازن البيئي، مع تلبية احتياجات الجيل الحاضر دون الإضرار بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها، وذلك من خلال سياسات بيئية فعالة وممارسات مستدامة. (ملال، 2022).
  - **إجرائيًا**: "مستوى تحسن المؤشرات البيئية (كخفض الطمر والانبعاثات الكربونية) المقاس استنادًا لدرجات استجابة عينة البحث على مجالات أداة الدراسة".

2-الإطار النظري والدراسات السابقة

2-1-الإطار النظري.

2-1-1-واقع سياسات إدارة النفايات الصلبة المطبقة في دولة قطر، وما مدى توافقها مع رؤية قطر 2030

تكشف الأدبيات القطرية انتقال سياسات إدارة النفايات تدريجيًا من التخلص التقليدي إلى المعالجة والاسترداد والتثمين والاقتصاد الدائري. فقد أكدت أهمية التقنيات الخضراء واسترداد الموارد (Khan & Al-Ghouti, 2021)، وربطت الانتقال إلى النظم منخفضة الكربون بإدارة الموارد والتحول البيئي والاقتصادي (Okonkwo et al., 2021)، كما أثبتت إمكانية دمج التصميم الدائري وإعادة الاستخدام في المشروعات الوطنية الكبرى بما يخفض البصمة المادية والآثار البيئية (Kucukvar et al., 2021). وفي إدارة النفايات الصلبة مباشرة، طُوّر إطار فني-سياسي لتحديد أولويات القرارات المحلية، مؤكدًا أهمية تكامل المعرفة التقنية والقرار العام والبيانات وتنسيق أصحاب المصلحة (Mariyam et al., 2024). كما أظهر تقييم دورة الحياة تفوق المعالجة الحديثة للنفايات العضوية على الردم والتسميد التقليدي في خفض الانبعاثات والآثار البيئية (Aljarrah et al., 2024)، وأكدت دراسات أخرى الإمكانات الاقتصادية والبيئية لتحويل نفايات الأغذية إلى منتجات ذات قيمة مضافة (Alherbawi et al., 2024). وهو ما يشير إلى تحول تدريجي نحو نموذج يركز على تقليل النفايات واسترداد الموارد وإعادة الاستخدام، ضمن تنسيق مؤسسي أكثر تكاملًا.

وتؤكد الدراسات الأحدث أن التقدم التقني لم يواكبه اكتمال مماثل في الجوانب المؤسسية والتنفيذية؛ إذ كشف قطاع النفايات الصلبة عن ضعف التنسيق الرأسي والأفقي، بما يحد من الانتقال الكامل إلى نموذج «صفر نفايات» (Talballa & Gichuru, 2023)، رغم أن استرداد الموارد من النفايات الهيدروكربونية يتيح دمج الإدارة البيئية بالاقتصاد الدائري (Shahbaz et al., 2023). كما يتطلب التحول البيئي أهدافًا واضحة وأطرًا تنفيذية والتزامًا تنظيميًا وشفافية في المتابعة والتقارير (Al-Mohammed & Ouahrani, 2025)، في حين تكشف إدارة النفايات الطبية عن فجوات في الكوادر والمعرفة اللازمة للإدارة المتكاملة (Albeldawi et al., 2025)، وتتأثر مسارات الاستدامة كذلك بتحديات التنويع الاقتصادي والإصلاح المؤسسي (سلطان وسعيد، 2025). وأظهرت الدراسات الأحدث قبولًا مجتمعيًا قويًا لتطوير نظم إدارة النفايات، مقابل ضعف الفرز المنزلي وقيود مالية ومعرفية تحد من انتشار بعض التقنيات (Almarri et al., 2026)، بينما يبرز تثمين النفايات وتحويلها إلى وقود مستدام أو فحم حيوي كفرص داعمة للاقتصاد الدائري وخفض الانبعاثات، بشرط توافر سياسات للاستثمار وبجدوى اقتصادية (Mariyam et al., 2026; Fouladi et al., 2026). وعليه، يبدو توافق سياسات إدارة النفايات مع رؤية قطر 2030 قويًا على مستوى الاتجاهات والأهداف البيئية والاقتصادية، لكنه أكثر تفاوتًا في التنفيذ والتنسيق المؤسسي والوعي المجتمعي والبنية التحتية والتقييم؛ وهو ما يجعل قياس أثر السياسات في الاستدامة البيئية أكثر أهمية من مجرد رصد وجودها وتعدد مبادراتها.

الجدول (1) خلاصة واقع سياسات إدارة النفايات الصلبة واتساقها مع الاستدامة ورؤية قطر 2030

م	السياسة أو الممارسة	أبرز النتائج والفجوات المرصودة	الاستفادة للنفايات والاستدامة في قطر
1	الإدارة المستدامة للمخلفات والموارد	أكدت فاعلية التقنيات الخضراء واسترداد الموارد في تقليل الأثر البيئي.(Khan & Al-Ghouti, 2021)	تؤسس للانتقال من التخلص إلى المعالجة والاسترداد ضمن منطق الاقتصاد الدائري.
2	التحول إلى اقتصاد منخفض الكربون	أبرزت أهمية الخيارات التقنية والسياساتية للتحول نحو الطاقة النظيفة. (Okonkwo et al., 2021)	تربط إدارة الموارد والنفايات بمسار التحول البيئي والاقتصادي الوطني.
3	التصميم الدائري وإعادة الاستخدام	أظهر التصميم الدائري إمكان خفض الآثار البيئية والمادية بصورة ملموسة. (Kucukvar et al., 2021)	يدعم إدماج مبادئ الاقتصاد الدائري في السياسات والمشروعات الوطنية.

4	نظام إدارة النفايات الصلبة ومركز مسيعيد	وجود تقدم تقني يقابله ضعف في التنسيق، والحاجة إلى صفر نفايات.(Talballa & Gichuru, 2023)	تكشف الدراسة فجوة تنفيذية ومؤسسية مهمة بين الإنجاز التقني والتكامل السياساتي.
5	نفايات النفط والغاز واسترداد الموارد	إمكانية تحويل النفايات الهيدروكربونية إلى طاقة ومنتجات ذات قيمة.(Shahbaz et al., 2023)	تعزز التكامل بين السياسة البيئية والاقتصاد الدائري والقيمة الاقتصادية للنفايات.
6	إطار فني-سياساتي لإدارة النفايات الصلبة	الحاجة إلى تنسيق البحث والسياسات، والبيانات، والشراكات بين القطاعات.(Mariyam et al., 2024)	تمثل أساسًا مباشرًا لتحليل فاعلية السياسة وليس مجرد وجودها.
7	تثمين نفايات الأغذية بالتحلل الحراري	جدوى اقتصادية وبيئية لمعالجة النفايات وتحويلها إلى منتجات حيوية.(Alherbawi et al., 2024)	تؤكد إمكانية تحويل النفايات من عبء بيئي إلى مورد اقتصادي.
8	السياسات البيئية وخفض الكربون	دقة الأهداف، وتنفيذ صارم، وشفافية المتابعة والتقارير (Al-Mohammed & Ouahrani, 2025)	تعزز معيار الاتساق بين السياسة البيئية وأهداف الاستدامة الوطنية.
9	النفايات الطبية والخطرة	فجوات في المعرفة والكوادر والبنية اللازمة لنظام متكامل.(Albeldawi et al., 2025)	كفاءة السياسة لا تعتمد التقنية وحدها، بل تتطلب القدرات المؤسسية والبشرية.
10	إدارة النفايات تحت الأرض بوعي مجتمعي	دعم شعبي قوي مقابل ضعف فرز النفايات المنزلية وقيود مالية ومعرفية.(Almarri et al., 2026)	تكشف الفجوة بين قبول السياسة وبين جاهزية المجتمع والبنية التحتية لتطبيقها.
11	تحويل النفايات إلى وقود طيران مستدام	إمكان تثمين وخفض الكربون مقابل تحديات التكلفة والنطاق والسياسات. (Mariyam et al., 2026)	توسع مفهوم إدارة النفايات من المعالجة إلى إنتاج قيمة اقتصادية وبيئية جديدة.
12	إنتاج الفحم الحيوي من النفايات	جدوى اقتصادية للأنظمة المتوسطة والكبيرة، مع الحاجة للدعم السياساتي (Fouladi et al., 2026)	تدعم توجه السياسة نحو الاستثمار في تثمين النفايات والاقتصاد الدائري.
13	نفايات البناء والتشييد	فجوات تنظيمية ووعي محدود وضغوط التدوير، مع فرص للشراكات.(Bataineh & Pillai, 2026)	توضح استمرار فجوة التنفيذ والحاجة إلى تحديث الأطر التنظيمية والاستثمارية.

يتبين من الجدول (1) أن واقع سياسات إدارة النفايات في قطر لا يعاني من غياب الاتجاه الاستراتيجي نحو الاستدامة، بقدر ما يكشف عن تفاوت في الانتقال من التوجهات والسياسات إلى الممارسة المتكاملة. وتتفق الدراسات على أهمية الاقتصاد الدائري، وتثمين النفايات، واسترداد الموارد، والتقنيات النظيفة، بما ينسجم مع الأبعاد البيئية والاقتصادية لرؤية قطر 2030، إلا أنها تكشف فجوات متكررة في التنسيق المؤسسي، والفرز من المصدر، والوعي المجتمعي، والكوادر المتخصصة، والبيانات، والبنية التحتية، والدعم المالي والتنظيمي. وتكتسب هذه النتيجة أهميتها بالنسبة للدراسة الحالية؛ إذ لا تتمثل الفجوة البحثية في إثبات وجود سياسات لإدارة النفايات، وإنما في تحديد مستوى فاعليتها وأثرها الفعلي في تحقيق الاستدامة البيئية في قطر، بما ينقل البحث من وصف السياسة إلى اختبار نتائجها ومخرجاتها البيئية. وتدعم الدراسات القطرية الحديثة هذا الاتجاه، ولا سيما ما يتعلق بضعف التنسيق، وفجوة الممارسة المنزلية، والحاجة إلى أطر فنية-سياساتية واستثمارات وتقنيات داعمة.

2-1-2. أثر سياسات إدارة النفايات الصلبة في الحد من الآثار البيئية السلبية للنفايات

تشير الأدبيات إلى أن الأثر البيئي لسياسات إدارة النفايات يتحدد بمدى انتقالها من الجمع والطمر التقليدي إلى المعالجة والتدوير والاسترداد والتثمين. فقد أظهرت الأدلة أن تثمين النفايات العضوية يقلل أعباء الطمر ويحوّل المخلفات إلى مواد ذات قيمة (Aditya et al., 2021)، وأن التحلل الحراري للنفايات البلاستيكية يتيح استرداد الوقود والمواد ضمن دورة مغلقة (Dai et al., 2022)، بينما يمثل التسميد مسارًا مناسبًا للحد من آثار النفايات العضوية وتغير المناخ في المنطقة العربية (Hussein et al., 2022). وفي المقابل، ترتبط المكونات السامة للنفايات بمخاطر بيئية

وصحية يمكن الحد منها بتقليل النفايات من المصدر والتدوير والتوعية (ملال وزناكي، 2022)، كما يؤدي التخلص غير السليم إلى تلوث التربة والمياه والهواء ومخاطر صحية متزايدة (المدلل، 2022). ويؤكد ضعف الوعي ونقص الحاويات استمرار الممارسات العشوائية وما تسببه من روائح ومخاطر بيئية (الزربي وآخرون، 2023)، في حين تسهم التقنيات الذكية في رفع كفاءة التدوير وخفض الانبعاثات (Goh et al., 2024). كما تتفوق النظم المتكاملة القائمة على الفرز من المصدر، والمسؤولية الممتدة للمنتج، واسترداد الموارد على النظم المعتمدة أساسًا على الطمر (Kaza et al., 2024). ومن ثم، يرتبط الأثر البيئي الإيجابي بتكامل حلقات إدارة النفايات من المنبع إلى المعالجة النهائية، وقدرتها على تحويل النفايات من مصدر للتلوث إلى مورد قابل للاسترداد.

وتدعم الدراسات الأحدث الاتجاه نحو التثمين منخفض الانبعاثات والاقتصاد الدائري؛ إذ يحقق الجمع بين استرداد المواد والتسميد والطمر الصحي المقنن خفضًا أكبر في انبعاثات غازات الدفيئة والتكاليف (AlQaraleh et al., 2024)، بينما تتطلب المسؤولية الممتدة للمنتج بنية قانونية وإدارية داعمة (Abu-Qdais & Al-Saleh, 2024). كذلك تسهم استراتيجيات «صفر نفايات» وتحويل النفايات إلى طاقة في تقليل الاعتماد على المدافن وتعزيز استرداد الموارد (Almansour & Akrami, 2024). وعلى المستوى العالمي، تؤكد الأدلة أن الهضم اللاهوائي والمصافي الحيوية وتكامل الاقتصاد الدائري يمكن أن تخفض النفايات والانبعاثات وتولد قيمة اقتصادية واجتماعية (Goh et al., 2025; Alcocer-García et al., 2025; Monfared et al., 2025)، كما يوسع دمج المعالجة الحيوية والذكاء الاصطناعي والتصنيع الحيوي إمكانات استرداد الموارد وتقليل البصمة الكربونية (Sinha et al., 2026; Bandari et al., 2026). وعليه، تدعم الأدلة ارتباط كفاءة السياسات وتكامل المعالجة بالحد من الأثر البيئي، غير أن استدامة هذا الأثر تظل مشروطة بقدرة المؤسسات على توسيع التقنيات الناجحة وربطها بالتشريعات والحوافز والمشاركة المجتمعية.

الجدول (2) خلاصة تحليلية لأثر سياسات إدارة النفايات الصلبة في الحد من الآثار البيئية السلبية

م	التدخل: سياساتي/تقني	الأثر البيئي المرصود (المرجع)	الدلالة بالنسبة للدراسة الحالية
1	تثمين النفايات العضوية	تقليل النفايات المرسلة إلى المدافن و إنتاج مواد ذات قيمة (Aditya et al., 2021) .	يبرز التثمين كبديل بيئي للتخلص التقليدي.
2	التحلل الحراري للبلاستيك	الحد من التلوث واسترداد الوقود والمواد الخام. (Dai et al., 2022)	يدعم التحول نحو المعالجة الدائرية للنفايات.
3	التسميد وإدارة النفايات العضوية	خفض التلوث و آثار تغير المناخ. (حسين وآخرون، 2022)	يبرز أهمية استثمار المكون العضوي المرتفع في النفايات.
4	التشريع والتدوير وتقليل النفايات	الحد من مخاطر المكونات السامة على البيئة والمستهلك. (ملال وزناكي، 2022)	يؤكد أهمية التشريع والوقاية من المصدر.
5	إدارة النفايات البلدية	التخلص التقليدي يلوث التربة والمياه والهواء. (المدلل، 2022)	يوضح التكلفة البيئية لضعف التطبيق.
6	الحاويات والتوعية البلدية	الحد من الإلقاء العشوائي والروائح والمخاطر الصحية. (الزربي وآخرون، 2023)	يبرز البعد السلوكي والخدمي في نجاح السياسة.
7	التدوير والتسميد والطمر الصحي	خفض الانبعاثات والتكاليف وتحسين الاستدامة. (AlQaraleh et al., 2024)	يدعم السياسات المركبة بدلًا من الحل الأحادي.
8	الفرز و EPR واسترداد الموارد	أداء بيئي أفضل من النظم المعتمدة على الطمر. (Kaza et al., 2024)	يقدم أساسًا دوليًا لتكامل أدوات السياسة.
9	الهضم اللاهوائي	خفض حجم النفايات والانبعاثات مقارنة بالطمر. Goh	يدعم توظيف تقنيات التثمين العضوي

		(et al., 2025)	في قطر.
10	الاقتصاد الدائري في إدارة النفايات	خفض البصمة المناخية وتحسين الاستدامة الاقتصادية والاجتماعية. (Monfared et al., 2025)	يربط الأثر البيئي بالتحول المؤسسي والاقتصادي.
11	التثمين الحيوي والذكاء الاصطناعي	رفع الاسترداد وخفض الأثر البيئي. (Sinha et al., 2026)	يفتح مجالًا للسياسات الذكية القائمة على البيانات.

توضح بيانات الجدول (2) أن الحد من الآثار البيئية السلبية للنفايات يرتبط أساسًا بدرجة تكامل السياسة لا بمجرد تحسين عملية الجمع والتخلص. فكلما انتقلت الإدارة من الطمر والحرق والمكبات العشوائية إلى الفرز والتدوير والتسميد واسترداد الطاقة والمواد، انخفضت الضغوط على التربة والمياه والهواء وانبعاثات الكربون. كما تكشف الأدبيات أن التكنولوجيا وحدها لا تكفي؛ إذ تتطلب النتائج البيئية المستدامة تشريعات فاعلة، ومسؤولية ممتدة للمنتج، وبنية تحتية، ووعيًا مجتمعيًا، ونظم بيانات ومتابعة. وتوفر هذه الخلاصة أساسًا لتحليل ما إذا كانت السياسات القطرية المطبقة فعليًا تحقق هذا الانتقال المتكامل أم لا.

2-1-3. تحديات تنفيذ سياسات إدارة النفايات الصلبة في قطر وحلول الحد منها وفقًا لنتائج الدراسات الحديثة

تكشف تكشف الدراسات أن التحدي الرئيس أمام سياسات إدارة النفايات الصلبة لا يكمن في غياب الحلول التقنية، بل في الفجوة بين توافرها وإمكان تنفيذها مؤسسيًا ومجتمعيًا على نطاق واسع. ففي قطر، أظهرت الأدلة ضعف التنسيق الرأسي والأفقي بين الجهات المعنية رغم التطور التقني، واقترحت تبني إطار «صفر نفايات» والتفكير المنظومي المتكامل (Talballa & Gichuru, 2023). كما برزت فجوات الموارد البشرية والمعرفة؛ إذ كشفت دراسة النفايات الطبية عن نقص الكوادر والخبرة اللازمة للإدارة المتكاملة (Albeldawi et al., 2025)، بينما أظهرت دراسة أحدث فجوة بين التأييد المجتمعي لتطوير نظم الإدارة والممارسات المنزلية، خاصة فرز النفايات، إلى جانب القيود المالية ونقص المعرفة بالتقنيات المتقدمة (Almarri et al., 2026). وتتقاطع هذه النتائج مع الدراسات العربية التي تربط تحديات القطاع بالنمو العمراني والسلوك الاستهلاكي ونقص التخطيط والتمويل والمعدات (Ragab et al., 2025)، وبالحاجة إلى توحيد الأطر التنظيمية وتعزيز التعاون في إدارة النفايات الخطرة والتكنولوجية (Kavil et al., 2025). كما تبرز أهمية مؤشرات الأداء البيئية والاقتصادية والاجتماعية لتحويل السياسات إلى نتائج قابلة للقياس (Alhosani, 2025). وعليه، يتسم التحدي القطري بتداخل أبعاده المؤسسية والتنفيذية والسلوكية والتقنية، وليس بمجرد نقص البنية التحتية.

وتؤكد الأدبيات أن الحد من هذه الفجوات يتطلب حزمة مترابطة من التشريعات والحوافز، ومسؤولية المنتج الممتدة، والفرز من المصدر، والشراكات، والتحول الرقمي، وتوسيع مرافق التدوير والتثمين. فقد أكدت الأدلة أن الإصلاح القانوني والإداري شرط لتفعيل مسؤولية المنتج الممتدة (Abu-Qdais & Al-Saleh, 2024)، وأن دمج التدوير والتسميد والطمر الصحي المقنن يحقق توازنًا بين الأبعاد البيئية والاقتصادية والاجتماعية (AlQaraleh et al., 2024)، بينما يسهم الجمع بين الاقتصاد الدائري وتحويل النفايات إلى طاقة في تقليل الاعتماد على المدافن وتعزيز استرداد الموارد (Almansour & Akrami, 2024). كما ترفع التقنيات الذكية والتثمين الحيوي كفاءة الاسترداد وتخفض الانبعاثات (Goh et al., 2024; Sinha et al., 2026)، في حين يتطلب قطاع البناء تحديث الأطر التنظيمية، والاستثمار في مرافق التدوير، وتعزيز التعاون بين الجهات الفاعلة (Bataineh & Pillai, 2026). ومن ثم، لا تشير التجارب المقارنة إلى حل منفرد قابل للنقل إلى قطر، بل إلى منظومة تجمع الحوكمة والتنسيق، والتشريع والحوافز، والبنية التحتية،

والبيانات والرقمنة، والتثمين الاقتصادي، وتغيير سلوك المنتجين والمستهلكين؛ بما يجعل نجاح السياسة مرهونًا بالانتقال من المبادرات المنفصلة إلى نظام متكامل قابل للتنفيذ والقياس.

الجدول (3) أبرز تحديات تنفيذ سياسات إدارة النفايات والحلول الممكنة

م	مجال التحديات	أبرز مظاهرها	أثرها في التنفيذ	الحلول/ آلية الحد منها
1	مؤسسية	ضعف التنسيق بين الجهات المعنية (Talballa & Gichuru, 2023)	تجزئة جهود إدارة النفايات وإضعاف التكامل.	تبني الحوكمة المشتركة والتفكير المنظومي.
2	تشريعية	ضعف الأطر القانونية والإدارية لتطبيق EPR (Abu-Qdais & Al-Saleh, 2024)	إبطاء انتقال المسؤولية إلى المنتجين.	تحديث التشريعات وتحديد مسؤوليات المنتج.
3	بنيوية/ اقتصادية	محدودية البنية التحتية للتدوير (Almansour & Akrami, 2024)	استمرار الاعتماد على الطمر.	الاستثمار في مرافق الفرز والتدوير والتثمين.
4	سلوكية	ضعف الوعي والفرز المنزلي (Almarri et al., 2026)	انخفاض كفاءة الاسترداد من المصدر.	التوعية المستمرة والحوافز والفرز الإلزامي التدريجي.
5	بشرية	نقص الكفاءات المتخصصة (Albeldawi et al., 2025)	تعثر الانتقال إلى الإدارة المتكاملة.	التدريب وبناء القدرات والتخصص المهني.
6	مالية/تقنية	القيود المالية ونقص المعرفة التقنية (Almarri et al., 2026)	إبطاء تبني التقنيات المتقدمة.	شراكات وتمويل أخضر وحوافز استثمارية.
7	معلوماتية	نقص البيانات ومؤشرات الأداء	صعوبة قياس النتائج وتحسين السياسات.	قواعد بيانات رقمية ومؤشرات بيئية دورية.
8	تنظيمية	الفجوات التنظيمية في إدارة نفايات البناء (Bataineh & Pillai, 2026)	ضعف إعادة الاستخدام والتدوير.	تحديث الأطر التنظيمية وتوسيع مرافق التدوير.
9	تخطيطية/ تمويلية	ضعف استدامة بعض المبادرات العربية (Ragab et al., 2025)	محدودية الأثر طويل الأجل.	ربط المبادرات بتمويل مستدام ومؤشرات أداء.
10	سياساتية	محدودية التكامل بين التقنية والسياسة	بقاء الابتكار في نطاق التجارب.	إطار فني-سياساتي يربط الابتكار بالتشريع والاستثمار.

يتبين من الجدول (3) أن تحديات تنفيذ سياسات النفايات في قطر تتمحور حول أربعة مجالات مترابطة هي: الحوكمة والتنسيق، والتشريع والتنفيذ، والبنية التحتية والتمويل، والوعي والقدرات البشرية؛ ولا تبدو معالجة أي منها منفردة كافية لتحقيق التحول المستدام، إذ تحتاج التقنية إلى تشريع، والتشريع إلى مؤسسات قادرة على التنفيذ، والبنية التحتية إلى استخدام مجتمعي واعٍ، فيما يتطلب ذلك كله بيانات ومؤشرات لقياس النتائج. وبالنظر إلى المجالات الثلاثة كوحدة نظرية متكاملة، كما تكشف الأدبيات مسارًا متدرجًا يتمثل في وجود توجه سياساتي قطري متوافق في جوهره مع الاستدامة ورؤية قطر 2030، انعكس في أثر بيئي إيجابي من خلال التحول نحو الفرز والتدوير والتثمين والاسترداد، مع استمرار فجوات تنفيذية ومؤسسية وسلوكية تحد من تعظيم هذا الأثر. ومن هنا تبرز قيمة الخبرة المقارنة لا لاستنساخ نماذج خارجية، وإنما لتحديد حزمة حلول قابلة للتكييف مع السياق القطري، بما يدعم الانتقال من إدارة المخلفات إلى إدارة الموارد؛ كما تتحدد الفجوة البحثية في الحاجة إلى تجاوز وصف السياسات والتقنيات والمبادرات إلى قياس فاعلية سياسات إدارة النفايات الصلبة وأثرها الفعلي في تحقيق الاستدامة البيئية في دولة قطر، بما يمنح الدراسة الحالية موقعًا تكميليًا واضحًا داخل الأدبيات السابقة.

2-2-الدراسات السابقة

2-2-1-و اقع سياسات إدارة النفايات الصلبة وتو افقها مع رؤية قطر2030

تناولت الأدبيات القطرية واقع سياسات إدارة النفايات الصلبة وأطر التخطيط الاستراتيجي؛ حيث رصد (Talballa & Gichuru, 2023) تطور القطاع والإنجازات التكنولوجية كمجمع مسيعيد مع كشف ضعف التنسيق الهيكلي بين الشركاء. وبيّن (مريم وآخرون، 2024) متطلبات تطوير إطار عمل موضوعي لتوجيه القرارات المحلية وصياغة سياسات تكاملية، بينما أثبت (سلطان وسعيد، 2025) وجود تحديات تنموية تعيق تنويع الموارد والتكامل المؤسسي ضمن مسارات رؤية قطر 2030. وعلى المستوى العربي، رصدت دراسة (ملال وزناكي، 2022) دور النصوص التشريعية في فرض سياسات التدوير، وأكدت دراسة (أبو قديس والصالح، Abu-Qdais & Al-Saleh, 2024) أن الأطر القانونية والإدارية تمثل الوزن الترجيحي الأعلى (0.47) لتطبيق أنظمة المسؤولية الممتدة للمنتج (EPR). وطالبت دراسة (Almansour & Akrami, 2024) بسد الفجوات التشريعية، بينما أوضحت دراسة (رجب وآخرون، Ragab et al., 2025) أن ارتفاع نسبة المكون العضوي (50%-65%) يتطلب صياغة أطر تدمج القطاع غير الرسمي، وهو ما يتكامل مع ما قدمته دراسة (الحمامي وآخرون، Alhamami et al., 2026) حول الأطر الوطنية لاستخدام المواد الحيوية في المباني الخضراء. ورغم تناول هذه الأدبيات الوطنية والعربية للأطر التشريعية، إلا أنها اقتصرت على الوصف التحليلي دون تقييم مدى ملاءمتها الميدانية وتوافقها التنفيذي مع رؤية قطر 2030؛ وهو ما تعالجه الدراسة الحالية بالوقوف الميداني على واقع السياسات عبر استطلاع آراء (100) مفردة بدولة قطر.

وعالميًا؛ قدم (Aditya et al., 2021) آلية تحويل قشور البيض لكربونات كالسيوم قابلة للامتصاص الحيوي للاستخدام الطبي بكلفة زهدية، واستعرض (Dai et al., 2022) التحلل الحراري المحفز لتفكيك البلاستيك إلى نافثا لإنتاج بلاستيك نقي مغلق الدورة. وأثبت (Qu et al., 2024) كفاءة ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج في استخلاص مركبات حيوية من النفايات الغابية، فيما استعرض (Adsul, 2024) تقنيات استرداد وتثبيت الإنزيمات للتقليل من كلفة التكرير الحيوي. وطبّق (Akimoto et al., 2024) معالجة حرارية مائية للهيدروليزات للتخمير المستمر بإنتاج 414 لترًا ميثان/كجم، بينما اختبر (Akimoto et al., 2025) الهضم المشترك لحمأة الصرف الصحي مع حمض اللاكتيك بكفاءة تحويل 98.9%. واستخلص (Abedeen et al., 2025) من النفايات الطبية البلاستيكية زيتًا وفحمًا بقيمة حرارية عالية (megajoules/kg 44–42)، وشاركه (Hamdi et al., 2025) باستخلاص كولاجين طبي من قشور الأسماك بالمذيبات العميقة خلال 20 دقيقة.

2-2-2-أثر سياسات إدارة النفايات الصلبة في تحقيق الاستدامة البيئية في قطر:

تناولت الأدبيات القطرية المخرجات البيئية والتطبيقية لتقنيات المعالجة والاسترداد؛ حيث بيّن (كوتشوكفار وآخرون، Kucukvar et al., 2021) دور التصميم الدائري في خفض الأثر البيئي بنسبة 60% باستاد (974)، وأكد (خان والغوطي، Khan & Al-Ghouti, 2021) دور تقنيات التصريف السائل الصفري (ZLD) في الحد من التلوث البحري، واستكمل (أوكونكو وآخرون، Okonkwo et al., 2021) ذلك باقتراح الأمونيا الزرقاء والهيدروجين كبدائل للتحول منخفض الكربون. وكشف (شهباز وآخرون، Shahbaz et al., 2023) عن فاعلية تقنيات معالجة النفايات الهيدروكربونية، وأثبت (الجراح وآخرون، Aljarrah et al., 2024) تفوق التسميد الميكانيكي الحراري (EP-50) في خفض الانبعاثات الكربونية. وطوّر (الهرباوي وآخرون، Alherbawi et al., 2024) محاكاة لـ 14 سيناريو تحلل حراري لنفايات غذائية بعائد استثماري 29%، بينما أكد (فولادي وآخرون، Fouladi et al., 2026) الجدوى البيئية للتحلل الحراري

وإنتاج الفحم الحيوي، ودعم (مريم وآخرون، Mariyam et al., 2026) الجدوى البيئية لتحويل النفايات الصلبة لوقود طيران مستدام (SAF). وعربيًا، بيّنت دراسة (حسين وآخرون، Hussein et al., 2022) أن التوسع في السماد العضوي يقلل مخاطر المناخ، وأكدت دراسة (القرالة وآخرون، AlQaraleh et al., 2024) أن دمج تدوير المواد والتسميد يخفض الغازات الدفيئة. وأثبتت دراسة (إسلام وعلي، Islam & Ali, 2025) أن إدارة النفايات الإلكترونية تحمي البيئة من طمر 85% من المخلفات الخطرة، وتكاملت معها دراستا (الحوسني، Alhosani, 2025) بابتكار مقياس (SIWM-SRIS) لقياس الأثر البيئي للنفايات الصناعية، و(Kavil et al., 2025) في تقليل الملوثات العضوية الثابتة (POPs)، إلى جانب دراسة (الصيرفي، 2025) في اعتماد تقنيات GIS للحد من أضرار المكبات. ورغم كشف هذه الأدبيات عن الآثار البيئية الإيجابية للتطبيقات التقنية، إلا أنها ركزت على النمذجة المخبرية والقياسات الرقمية دون قياس انعكاس السياسات على السلوك المستدام والأثر البيئي المباشر ميدانيًا؛ وهو ما تحققه الدراسة الحالية.

وعالمياً؛ قدم (Goh et al., 2024) نموذجًا لدمج تقنيات الثورة الصناعية الخامسة (IR5.0) والذكاء الاصطناعي فرفع التدوير بنسبة 20–30%، بينما أثبت (Goh et al., 2025) تفوق الهضم اللاهوائي لنفايات المطاعم بتخفيض الانبعاثات بمقدار 0.8 كجم CO_2/كجم نفايات. واختبر (Nascimento et al., 2025) استبدال الإسمنت بنفايات الجبس في طوب التربة فحصل على مقاومة ضغط (26.7 ميجاباسكال) عند استبدال 10%.

2-2-3-تحديات تنفيذ سياسات إدارة النفايات الصلبة في قطروتجارب الحلول الممكنة لها:

شخصت الأدبيات القطرية المعوقات الهيكلية والتنفيذية؛ حيث أشار (البلداوي وآخرون، Albeldawi et al., 2025) إلى تحديات زيادة النفايات الطبية وتأخر المعالجة غير الحرارية، وبيّن (آل محمد ووعراني، 2025) أن كبح خفض الكربون بالمباني يعود للتبعية الهيدروكربونية والتحديات التنظيمية. وكشف (المري وآخرون، Almarri et al., 2026) عن قيود مالية وفجوة في الوعي البيئي تعيق التوسع في الأنظمة التحت أرضية بالدوحة، فيما حدد (Bataineh & Pillai, 2026) عدم الكفاءة الهيكلية والضغط على بنية تدوير نفايات البناء. وعربيًا، كشفت دراسة (المدلل، 2022) عن تحديات النمو السكاني وضعف الأطر التنفيذية المحلية، وأبرزت دراسة (الزربي وآخرون، 2023؛ Al-Zarbi et al., 2023) تحديات ضعف الوعي والرمي العشوائي بنسبة (69.7%)، فيما أوضحت دراسة (مخلوف، 2024) المخاطر البيئية للتحديات التشغيلية للمكبات. ورغم هذا التشخيص للتحديات القطاعية والعشوائية، إلا أنها تفتقر لرؤية مسحية شاملة تقيم التحديات والحلول عبر الشركاء كافة؛ وهو ما تجسده الدراسة الحالية بالوقوف الميداني واقتراح الحلول لدى عينة متكاملة تضم (100) مفردة بقطر.

وعالميًا؛ أثبت (Bhatia et al., 2024) إمكانية التخمير الميكروبي للزيوت المستعملة لإنتاج البوليمرات الحيوية PHAs، وأكد (Kaza et al., 2024) أن ربط الفرز من المصدر بالمسؤولية الممتدة للمنتج (EPR) يتفوق مستقبليًا على خيارات الطمر. وطرح (Alcocer-García et al., 2025) منهجية التصميم الموديولي المرن للمصافي الحيوية المتقدمة للتغلب على التحديات اللوجستية، وبيّن (Monfared et al., 2025) ارتباط إدارة النفايات بتحقيق الأهداف الأممية (11 و12 و13) لخلق فرص عمل خضراء. وأظهر (Mungwari et al., 2025) التفوق البيئي لتقنيات الاستخلاص الخضراء القائمة على النانو، في حين طور (Bandari et al., 2026) إطارًا من 20 مؤشرًا لقياس التصنيع الحيوي الزراعي بيئيًا وإشراكها في تقليل البصمتين الكربونية والمائية، وأظهر (Sinha et al., 2026) أن إدماج الذكاء الاصطناعي لنفايات الأغذية يرفع استرداد الموارد بنسبة 16–112%.

2-2-4-التعليق على الدراسات السابقة

تتقاطع الدراسة الحالية مع الأدبيات العالمية والإقليمية في التأكيد على التحول نحو الاقتصاد الدائري وتثمين النفايات؛ إذ تتفق مع توظيف الذكاء الاصطناعي وتقنيات الثورة الصناعية الخامسة في إدارة النفايات البلدية (Kaza et al., 2024; Sinha et al., 2026; Goh et al., 2024; Alherbawi et al., 2024)، ومع استخدام الهضم اللاهوائي والتحلل الحراري لاستعادة الموارد والبوليمرات (Akimoto et al., 2025; Dai et al., 2022; Bhatia et al., 2024)، فضلًا عن الاستخلاص الأخضر للمركبات الحيوية وتطبيقاته المستدامة (Mungwari et al., 2025; Hamdi et al., 2025). غير أن معظم هذه الدراسات ركز على خامات محددة أو نماذج تقنية في بيئات جغرافية متباينة، بينما تتجاوز الدراسة الحالية المعالجة التقنية الجزئية إلى بناء إطار استراتيجي وحوكمي يربط الممارسات الميدانية بالسياسات الوطنية لإدارة النفايات والاقتصاد الدائري في قطر والمنطقة العربية.

واستفادت الدراسة من دراسات التقييم التقني والبيئي في تحديد مؤشرات الاستدامة ومجالات البحث (Bandari et al., 2026; Goh et al., 2025)، ومن النمذجة الموديولية للمصافي الحيوية ومعايير استبدال المواد في البناء المستدام لتقدير الجدوى التشغيلية والاقتصادية (Alcocer-García et al., 2025; Nascimento et al., 2025). كما دعمت نتائج المعالجة الحرارية المائية والتحلل الحراري المتقدم ترشيد المسارات التقنية (Akimoto et al., 2024; Abedeen et al., 2025)، في حين أسهمت آليات خفض تكلفة الإنزيمات في تعزيز البعد الاقتصادي للتثمين (Adsul, 2024). وتتمثل الفجوة في غياب النظم التي تدمج هذه الحلول بالتشريعات الوطنية، ومنها المسؤولية الممتدة للمنتج (EPR)، مع محدودية النماذج التي تربط خصائص النفايات المحلية بالجدوى الاقتصادية والبيئية لتثمينها صناعيًا.

وتتجسد أصالة الدراسة في الانتقال من خيارات الطمر والحلول التقليدية إلى نموذج صناعي ومؤسسي مستدام (Monfared et al., 2025; Kaza et al., 2024)، من خلال توظيف تقنيات استخلاص المركبات عالية القيمة والاستفادة من الكربون والتخمير في بناء خريطة طريق تتوافق مع رؤية قطر الوطنية 2030 والتوجهات الإقليمية (Qu et al., 2024; Alherbawi et al., 2024; Aditya et al., 2021; Bhatia et al., 2024). كما تجمع بين التشغيل البيني للأنظمة الذكية (Goh et al., 2024)، والحوكمة البيئية، وكفاءة الاستثمار، وسلاسل الإمداد المترابطة (Sinha et al., 2026)، بما يعزز فرص تحقيق التنمية المستدامة وبناء اقتصاد حيوي دائري منخفض الانبعاثات في البيئة العربية.

3-منهجية البحث وإجراءاته

3-1-منهج البحث

اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي لملاءمته لطبيعة المشكلة وأهدافها؛ لتقييم واقع سياسات إدارة النفايات الصلبة في قطر وتحليل أبعادها البيئية والتنظيمية، ومستوى إسهامها في تحقيق الاستدامة البيئية.

3-2-مجتمع البحث

تكوّن مجتمع الدراسة من أفراد المجتمع في دولة قطر بوصفها النطاق الجغرافي للدراسة، لارتباط موضوعها بالسياسات الوطنية لإدارة النفايات الصلبة وآثارها البيئية والمجتمعية. وراعت الدراسة تنوع الخصائص السكانية والمهنية والتعليمية للمستجيبين بما يدعم الحصول على تصورات متعددة حول موضوع البحث.

3-3-عينة البحث

استهدفت الدراسة في الأصل (200) مشاركًا، ووزعت الاستبانة إلكترونيًا باستخدام منصة Google Forms، إلا أن المكتملة والقابلة للتحليل بلغ (100) استجابة، وشكلت عينة الدراسة النهائية. وقد تأثر معدل الاستجابة بظروف ميدانية وأمنية إقليمية خلال فترة جمع البيانات، الأمر الذي استدعى إعادة نشر الاستبانة أكثر من مرة.

3-3-1-الخصائص الديموغرافية لأفراد العينة

الجدول (4) التكرارات والنسب المئوية أفراد العينة حسب متغيرات (النوع الاجتماعي، المؤهل العلمي، العمر، الوظيفة)

المتغير	الفئات	التكرار	النسبة%	المتغير	الفئات	التكرار	النسبة%
الجنس	ذكر	49	%49.0	العمر	30سنة فأقل	32	%32.0
	أنثى	51	%51.0		31 – 50سنة	43	%43.0
	الإجمالي	100	%100.0		51 سنة فأكثر	25	%25.0
المؤهل العلمي	ثانوي فأقل	13	%13.0	الوظيفة	موظف حكومي	53	%53.0
	بكالوريوس (جامعي)	69	%69.0		قطاع خاص وعمل حر	19	%19.0
	دراسات عليا	18	%18.0		طالب وأخرى	28	%28.0
	الإجمالي	100	%100.0		الإجمالي	100	%100.0

تشير بيانات الجدول (4) إلى تقارب واضح في التمثيل حسب النوع الاجتماعي، إذ بلغت نسبة الذكور 49% مقابل 51% للإناث، بما يوفر توازنًا نسبيًا في تمثيل الجنسين. كما أظهر التوزيع العمري حضورًا لجميع الفئات، مع ارتفاع نسبي للفئة 31–50 سنة (43%)، في حين بلغت نسبة من هم 30 فأقل 32%، ومن هم 51 فأكثر 25%. ومن حيث المؤهل والوظيفة، غلب على العينة حملة البكالوريوس والدراسات العليا (87% معًا)، كما شكل الموظفون الحكوميون 53%، بما يشير إلى تنوع مقبول في الخلفية التعليمية والمهنية للمستجيبين.

4-3-أداة البحث

استُخدمت الاستبانة أداةً رئيسة لجمع البيانات الميدانية، واستند إعدادها إلى الأدبيات والدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع إدارة النفايات الصلبة والاستدامة البيئية. وتكونت الأداة في صورتها الأولية من (35) عبارة موزعة على أربعة مجالات

4-3-1-صدق الأداة

أ **الصدق الظاهري (صدق المحكمين):** للتأكد من الصدق الظاهري عُرضت الاستبانة في صورتها الأولية على خمسة محكمين متخصصين في الإدارة والتخطيط البيئي، بغية التحقق من سلامة الصياغة اللغوية، ووضوح العبارات، وارتباطها بالمجال، وشمولها لأبعاد الموضوع. وتم الاستفادة من ملاحظاتهم؛ حيث تم اقتراح دمج (4) عبارات، وحذف (ثلاث) مع تعديل صياغة (10)، وتكونت في صورتها النهائية من (28) عبارة بواقع سبع عبارات لكل مجال.

ب **صدق الاتساق الداخلي:** للتحقق من اتساق الأداة، طُبقت على عينة استطلاعية قوامها (20) مفردة،-من خارج العينة- وحُسبت معاملات ارتباط بيرسون بين كل عبارة بمجالها وبالأداة ككل، وكما يبينها الجدول (5).

الجدول (5) معامِلات ارتباط بيرسون لكل عبارة بمجالها وبالدرجة الكلية للاستبانة

	المجال الأول: واقع سياسات إدارة النفايات الصلبة		المجال الثاني: الأثر البيئي لسياسات إدارة النفايات		الثالث: توافق السياسات مع رؤية قطر2030		الرابع: التحديات التي تواجه تنفيذ السياسات	
الرقم	بالمجال	بالأداة	بالمجال	بالأداة	بالمجال	بالأداة	بالمجال	بالأداة

1	0.836**	0.746**	0.674**	0.568**	0.730**	0.688**	0.529**	0.422**
2	0.802**	0.693**	0.740**	0.674**	0.813**	0.730**	0.678**	0.181*
3	0.704**	0.560**	0.808**	0.720**	0.836**	0.767**	0.763**	0.243*
4	0.904**	0.776**	0.826**	0.673**	0.824**	0.682**	0.708**	0.369**
5	0.890**	0.799**	0.869**	0.773**	0.855**	0.765**	0.615**	0.471**
6	0.792**	0.686**	0.767**	0.650**	0.763**	0.710**	0.601**	0.388**
7	0.795**	0.807**	0.790**	0.742**	0.759**	0.623**	0.706**	0.358**

(**)دال عند مستوى0.01 ، (*) دال عند مستوى0.05.

يتبين من الجدول (5) أن معاملات ارتباط العبارات بمجالاتها تراوحت بين 0.529 و0.904، في حين تراوحت معاملات ارتباطها بالدرجة الكلية بين 0.181 و0.807، وجاءت جميعها دالة إحصائيًا عند مستويي 0.01 و0.05 وفق ما هو موضح في الجدول. وتؤكد هذه النتائج وجود ارتباطات موجبة ودالة بين العبارات ومجالاتها، بما يدعم سلامة الاتساق الداخلي للأداة وصلاحيتها للتحليل الإحصائي.

3-4-2- الارتباط البيني بين المجالات والأداة ككل:

الجدول (6) معامِلات ارتباط بيرسون المتبادلة بين مجالات الدراسة

المجال	و اقع السياسات	الأثر البيئي	رؤية2030	التحديات	الدرجة الكلية
الأول: و اقع السياسات	1.000	0.751**	0.720**	0.271**	0.883**
الثاني: الأثر البيئي	0.751**	1.000	0.844**	0.178	0.877**
الثالث: التو افق مع رؤية2030	0.720**	0.844**	1.000	0.265**	0.890**
الر ابع: التحديات	0.271**	0.178	0.265**	1.000	0.519**
الدرجة الكلية للأداة	0.883**	0.877**	0.890**	0.519**	1.000

تظهر نتائج الجدول (6)، ارتباطات موجبة ودالة؛ تراوحت ما بين 0.178 و0.844، في حين تراوحت ارتباطات المجالات بالكلية بين 0.519 و0.890. كما يُلاحظ الارتباط المرتفع بين مجالي: الأثر البيئي والتوافق مع رؤية قطر 2030 (r=0.844)، وبين واقع السياسات والدرجة الكلية (r=0.883) والتوافق مع رؤية2030 والكلية (r=0.890)، وهو ما يؤكد ترابط المجالات.

3-4-3-ثبات أداة البحث

للتأكد من ثبات الأداة، استُخدم معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) للمجالات والكلي، وكما يبين الجدول (7).

الجدول (7) نتائج اختبار معاملات ألفا كرونباخ للمجالات وللأداة ككل

المجال	عدد العبارات	معامل ألفا	تقدير الثبات
الأول: و اقع سياسات إدارة النفايات الصلبة	7	0.918	ممتاز
الثاني: الأثر البيئي لسياسات إدارة النفايات الصلبة	7	0.894	ممتاز
الثالث: تو افق سياسات إدارة النفايات مع رؤية قطر2030	7	0.904	ممتاز
الر ابع: تحديات تنفيذ سياسات إدارة النفايات	7	0.777	جيد جدًا
الاستبانة ككل	28	0.936	ممتاز

تراوحت معاملات الثبات للمجالات بين 0.777 و0.918، في حين بلغ معامل الثبات الكلي للأداة 0.936. وتدل هذه القيم على مستوى مرتفع من الاتساق الداخلي، إذ تجاوزت جميعها القيمة المرجعية المعتمدة في الدراسة (0.70)، وعليه، تتمتع الأداة بدرجة مناسبة من الثبات تسمح بالاعتماد على نتائجها في التحليل والاستدلال الإحصائي

3-5-الوزن المعياري/ المحك المعتمد في البحث

ولتحديد المحك المعتمد في البحث، اعتمدت الباحثة مقياس ليكرت الخماسي وتم تحديد طول الخلايا بحساب المدى بين أعلى قيمة وأقل قيمة (5 – 1 = 4)، ثم تقسيم الناتج على فئات المقياس الخمس (4 ÷ 5 = 0.80)، وبعد ذلك أضيفت هذه القيمة تدريجيًا إلى أقل قيمة في المقياس؛ لتحديد حدود كل فئة. وكما يبينها الجدول (8) الآتي:

الجدول (8) مديات المتوسطات الحسابية والتقديرات اللفظة المعتمدة في تفسير الأثر/ التحديات

البيانات عند الإدخال للتحليل	مديات المتوسطات الحسابية	تقدير حجم الأثر/ التحديات
1	1.00-1.80	منخفض جدًا
2	1.81-2.60	منخفض
3	2.61-3.40	متوسط
4	3.41-4.20	مرتفع
5	4.21-5.00	مرتفع جدًا

3-6-المعالجات الإحصائية

تم استخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الإجتماعية (SPSS^{v26}) لغايات إجراء التحليل الإحصائي للبيانات الكمية التي تم جمعها من أفراد العينة باستخدام أداة الدراسة. وتم إجراء المعالجات الإحصائية الآتية:

- حساب التكرارات والنسب المئوية لتحديد توزع أفراد العينة وفق خصائصهم الديموغرافية.
- حساب معاملات ارتباط بيرسون للتحقق من الصدق البنائي للأداة.
- حساب معاملات كرونباخ ألفا للتحقق من ثبات الأداة.
- المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية
- اختبار تي تست (T-test) لفحص الفروق تبعا لمتغير النوع الاجتماعي.
- تحليل التباين الأحادي (One Way Anova) لفحص الفروق تبعا للمتغيرات (المؤهل العلمي، العمر، الوظيفة).
- تحليل الانحدار الخطي البسيط (Linear Regression) لفحص أثر السياسات في تحقيق الاستدامة البيئية.

4-نتائج البحث

4-1-نتائج الإجابة عن السؤال الأول: " ما واقع سياسات إدارة النفايات الصلبة المطبقة في دولة قطر، وما مدى توافقها مع رؤية قطر 2030؟".

4-1-1-و اقع سياسات إدارة النفايات الصلبة المطبقة في دولة قطر:

الجدول (9) المتوسطات الحسابية والانحر افات المعيارية لإجابات العينة على عبارات و اقع السياسات إدارة النفايات الصلبة

م	العبارة	المتوسط	الانحراف	الرتبة	التقييم
3	توفر البلديات حاويات مناسبة لجمع النفايات في المناطق السكنية.	4.36	0.93	1	مرتفع جدًا
7	تعكس السياسات الحالية اهتمام الدولة بإدارة النفايات الصلبة.	4.13	0.85	2	مرتفع
2	تطبق الجهات المعنية برامج منظمة لجمع النفايات الصلبة.	3.99	0.90	3	مرتفع
6	تدعم المؤسسات الحكومية تطبيق نظم حديثة لإدارة النفايات.	3.87	0.97	4	مرتفع
5	تتابع الجهات المختصة تنفيذ سياسات إدارة النفايات بانتظام.	3.85	0.97	5	مرتفع
1	توضح الجهات المختصة سياسات إدارة النفايات الصلبة للمجتمع.	3.80	1.02	6	مرتفع
4	تنظم الجهات الحكومية حملات توعوية حول إدارة النفايات.	3.69	1.11	7	مرتفع

	المتوسط العام لمجال السياسات	3.96	0.79	مرتفع

تكشف النتائج أن واقع سياسات إدارة النفايات الصلبة جاء بمستوى مرتفع (3.96)، مع تميز واضح في توافر حاويات الجمع (4.36)، مقابل انخفاض في حملات التوعية (3.69) وتوضيح السياسات للمجتمع (3.80). ويشير ذلك إلى أن البنية التشغيلية لجمع النفايات تبدو أكثر حضورًا من الاتصال المجتمعي والتوعية، بما يكشف عن فجوة نسبية بين التنفيذ الخدمي والتفاعل المجتمعي. كما يعزز الانحراف المعياري (0.79) اتساقًا مقبولًا في اتجاهات المستجيبين.

4-1-2-مدى تو افق سياسات إدارة النفايات الصلبة المطبقة مع رؤية قطر 2030.

الجدول (10) المتوسطات الحسابية والانحر افات المعيارية لإجابات العينة على عبارات مجال تو افق السياسات مع رؤية قطر 2030)

م	العبارة	المتوسط	الانحراف	الرتبة	التقييم
1	تدعم سياسات إدارة النفايات تحقيق أهداف الاستدامة البيئية.	4.38	0.69	1	مرتفع جدًا
4	تسهم برامج إعادة التدوير في تحقيق رؤية قطر 2030.	4.34	0.74	2	مرتفع جدًا
2	تعزز البرامج البيئية التوجه نحو التنمية المستدامة.	4.26	0.77	3	مرتفع جدًا
7	تساعد سياسات إدارة النفايات في تحقيق مستقبل بيئي مستدام.	4.24	0.82	4	مرتفع جدًا
3	تشجع السياسات البيئية على الاستخدام الرشيد للموارد.	4.19	0.80	5	مرتفع
6	تعزز السياسات البيئية مشاركة المجتمع في حماية البيئة.	4.14	0.85	6	مرتفع
5	تدعم الخطط الحكومية تطوير نظم مستدامة لإدارة النفايات.	4.09	0.93	7	مرتفع
	المتوسط العام لمجال التو افق مع رؤية قطر 2030	4.23	0.64	مرتفع جدًا	

توضح نتائج الجدول (10) توافق سياسات إدارة النفايات مع رؤية قطر 2030، بمتوسط كلي 4.23، وجاء دعم أهداف الاستدامة البيئية في الصدارة (4.38)، يليه دور إعادة التدوير (4.34). وأخيرًا جاءت خطط تطوير نظم مستدامة لإدارة النفايات (4.09)، وهو ما قد يشير إلى أن الإدراك المجتمعي للاتساق الاستراتيجي يفوق تقييم بعض أدوات التنفيذ المؤسسي. وتؤكد قيمة الانحراف الكلي (0.64) درجة مرتفعة من تقارب الاستجابات.

4-2-نتائج الإجابة عن السؤال الثاني: "ما أثر سياسات إدارة النفايات الصلبة في الحد من الآثار البيئية السلبية للنفايات من وجهة نظر عينة البحث؟"

الجدول (11) المتوسطات الحسابية والانحر افات المعيارية لإجابات العينة على عبارات مجال الأثر البيئي مرتبة تنازليا

م	العبارة	المتوسط	الانحراف	الرتبة	التقييم
1	تسهم سياسات إدارة النفايات في تقليل التلوث البيئي.	4.49	0.59	1	مرتفع جدًا
2	تدعم السياسات الحالية إعادة التدوير وتقليل النفايات.	4.29	0.77	2	مرتفع جدًا
7	تدعم السياسات البيئية تحقيق الاستدامة البيئية في الدولة.	4.26	0.76	3	مرتفع جدًا
4	تحسن سياسات إدارة النفايات جودة البيئة في المناطق السكنية.	4.25	0.88	4	مرتفع جدًا
6	تقلل الإجراءات الحالية من الآثار الصحية للنفايات.	4.06	0.83	5	مرتفع
3	تشجع الجهات المختصة المجتمع على تقليل إنتاج النفايات.	4.00	0.92	6	مرتفع
5	تعزز برامج إدارة النفايات الوعي البيئي لدى المجتمع.	4.00	1.02	7	مرتفع
	المتوسط العام لمجال الأثر البيئي	4.19	0.65	مرتفع	

يظهر الأثر البيئي لسياسات إدارة النفايات بمستوى مرتفع وبمتوسط (4.19)، وكانت المساهمة في تقليل التلوث هي الأعلى (4.49)، بما يعكس إدراكًا قويًا للأثر البيئي المباشر للسياسات. غير أن انخفاض المتوسط النسبي لبُعدي تشجيع المجتمع على تقليل إنتاج النفايات وتعزيز الوعي البيئي (4.00 لكل منهما) يشير إلى أن الآثار التشغيلية

للسياسات أكثر وضوحًا من آثارها السلوكية والوقائية. كما يعكس الانحراف (0.65) تقاربًا نسبيًا في تقديرات أفراد العينة.

4-3-نتائج الإجابة عن السؤال الثالث: "ما أبرز التحديات التي تواجه تطبيق سياسات إدارة النفايات الصلبة في دولة قطر، وكيف يمكن الحد منها؟

الجدول (12) المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لإجابات العينة على عبارات مجال تحديات التنفيذ مرتبة تنازلياً

م	العبارة	المتوسط	الانحراف	الرتبة	التقييم
6	يعيق ضعف المشاركة المجتمعية نجاح سياسات إدارة النفايات.	4.02	0.88	1	مرتفع
4	تقلل محدودية برامج إعادة التدوير من كفاءة الإدارة البيئية.	3.97	0.82	2	مرتفع
3	يحد ضعف الوعي المجتمعي من فاعلية إدارة النفايات.	3.94	1.01	3	مرتفع
7	تحد بعض التحديات التنظيمية من فاعلية تطبيق السياسات البيئية.	3.89	0.87	4	مرتفع
1	تواجه الجهات المختصة صعوبات في تطبيق سياسات إدارة النفايات.	3.70	0.94	5	مرتفع
5	تؤثر زيادة النفايات الناتجة عن الاستهلاك على كفاءة الإدارة.	3.70	0.98	6	مرتفع
2	تعاني بعض المناطق من نقص خدمات جمع النفايات.	3.58	1.13	7	مرتفع
	المتوسط العام لمجال التحديات	3.83	0.62	مرتفع	

تكشف النتائج أن تحديات تنفيذ سياسات إدارة النفايات بمستوى مرتفع (3.83)، وأبرزها محدودية مشاركة المجتمع (4.02)، ثم محدودية برامج إعادة التدوير (3.97) وضعف الوعي المجتمعي (3.94). وتوحي بأن التحديات لا تنحصر في القدرة التشغيلية للجهات المختصة، بل تمتد إلى البعد السلوكي والمجتمعي والبنية الداعمة لإعادة التدوير.

4-4-نتائج الإجابة عن السؤال الرابع: "ما مدى وجود فروق دالة إحصائيًا عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) بين إجابات العينة على عبارات الدراسة تبعًا لمتغيرات (النوع الاجتماعي، المؤهل العلمي، العمر، نوع الوظيفة)؟

4-4-1- فحص أثر متغير النوع الاجتماعي (ذكور، إناث):

ولفحص أثر متغير النوع تم استخدام اختبار' ت T-Test' للعينات المستقلة والنتائج يبينها الجدول (13)

الجدول :(13) نتائج اختبار' ت T-Test 'الفحص الفروق بين تقديرات العينة وفقًا لمتغير النوع (ذكور، إناث)

المجال	الذكور (49)		الإناث(51)		قيمةt	df	الدلالة	التفسير
	المتوسط	الانحراف	المتوسط	الانحراف				
و اقع السياسات	3.87	0.85	4.04	0.73	-1.077	98	0.284	غير دال
الأثر البيئي	4.10	0.67	4.28	0.62	-1.418	98	0.159	غير دال
رؤية قطر2030	4.15	0.62	4.32	0.66	-1.314	98	0.192	غير دال
التحديات	3.86	0.52	3.80	0.71	0.542	98	0.589	غير دال
الاستبانة ككل	3.99	0.55	4.11	0.53	-1.051	98	0.296	غير دال

تكشف النتائج عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين الذكور والإناث في أي من مجالات الدراسة أو الدرجة الكلية، إذ تراوحت قيم الدلالة بين 0.159 و0.589، وجميعها أكبر من (0.05). وتعكس تقارب التقديرات بين الجنسين بشأن واقع السياسات وآثارها والتوافق مع رؤية قطر 2030 والتحديات. ومع ذلك، ينبغي تفسير هذه النتيجة باعتبارها عدم وجود دليل إحصائي على الفروق في العينة، لا باعتبارها إثباتًا لتماثل الوعي البيئي بين الجنسين على نحو عام.

4-4-2-فحص أثر متغير المؤهل العلمي:

ولفحص أثر متغير المؤهل تم استخدام تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) والنتائج في الجدول (14)

الجدول (14)نتائج تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لدلالة الفروق بين فئات العينة وفقًا لمتغير المؤهل العلمي

المجال	ثانوي فأقل (13)		بكالوريوس (69)		دراسات عليا(18)		قيمة	الدلالة	التفسير
	المتوسط	الانحراف	المتوسط	الانحراف	المتوسط	الانحراف	F	(Sig)	
و اقع السياسات	4.15	0.75	3.95	0.81	3.83	0.76	0.647	0.526	غير دال
الأثر البيئي	4.41	0.48	4.21	0.64	3.98	0.75	1.744	0.180	غير دال
رؤية قطر2030	4.59	0.36	4.18	0.67	4.19	0.63	2.418	0.094	غير دال
التحديات	4.19	0.56	3.78	0.64	3.75	0.52	2.560	0.083	غير دال
الاستبانة ككل	4.34	0.42	4.03	0.56	3.94	0.51	2.308	0.105	غير دال

توضح نتائج تحليل التباين الأحادي عدم وجود فروق دالة إحصائيًا تبعًا للمؤهل في جميع المجالات؛ حيث تراوحت قيم الدلالة بين 0.083 و0.526. وعلى الرغم من ظهور فروق وصفية في المتوسطات، ولا سيما في التوافق مع رؤية قطر 2030 والتحديات، فإنها بقيت أكبر من مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$). وتؤكد النتيجة بأن الاختلاف في المستوى التعليمي لم يرتبط إحصائيًا بتباين جوهري في تقييم سياسات إدارة النفايات وأبعادها.

4-4-3-فحص أثر متغير العمر:

ولفحص أثر المتغير تم استخدام تحليل التباين الأحادي One-Way ANOVA) والنتائج يبينها الجدول (15)

الجدول (15) نتائج تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لدلالة الفروق بين فئات العينة وفقًا لمتغير العمر

المجال	30 فأقل (32)		31-50(43)		51 فأكثر(25)		قيمة	الدلالة	التفسير
	المتوسط	الانحراف	المتوسط	الانحراف	المتوسط	الانحراف	F	(Sig)	
و اقع السياسات	4.12	0.73	3.88	0.76	3.87	0.91	1.024	0.363	غير دال
الأثر البيئي	4.30	0.59	4.10	0.70	4.22	0.65	0.951	0.390	غير دال
رؤية قطر2030	4.34	0.61	4.14	0.66	4.26	0.65	0.996	0.373	غير دال
التحديات	3.90	0.74	3.83	0.55	3.74	0.59	0.485	0.617	غير دال
الاستبانة ككل	4.17	0.51	3.99	0.54	4.02	0.58	1.091	0.340	غير دال

تشير النتائج إلى عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين الفئات العمرية في جميع المجالات، إذ تراوحت قيم الدلالة بين 0.340 و0.617 في الدرجة الكلية والمجالات المعروضة. وتكشف المتوسطات الوصفية عن تقارب نسبي بين الفئات، رغم بعض الاختلافات المحدودة في تقدير واقع السياسات والأثر البيئي. وعليه، لا توفر بيانات العينة دليلًا إحصائيًا على أن العمر يمثل عاملًا مميزًا في تشكيل التقديرات المتعلقة بسياسات النفايات والاستدامة البيئية.

4-4-4-فحص أثر متغير الوظيفة:

ولفحص أثر متغير الوظيفة تم استخدام التباين الأحادي One-Way ANOVA) والنتائج يبينها الجدول (16)

الجدول (16) نتائج تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لدلالة الفروق بين فئات العينة وفقًا لمتغير الوظيفة

المجال	حكومي (53)		خاص وحر (19)		طالب وأخرى (28)		قيمة	الدلالة	التفسير
	المتوسط	الانحراف	المتوسط	الانحراف	المتوسط	الانحراف	F	(Sig)	
و اقع السياسات	3.97	0.76	3.89	0.99	3.97	0.74	0.068	0.934	غير دال
الأثر البيئي	4.24	0.67	4.10	0.69	4.16	0.60	0.381	0.684	غير دال
رؤية قطر2030	4.29	0.65	4.17	0.70	4.17	0.59	0.439	0.646	غير دال
التحديات	3.92	0.63	3.69	0.66	3.74	0.57	1.312	0.274	غير دال
الاستبانة ككل	4.11	0.53	3.96	0.66	4.01	0.48	0.598	0.552	غير دال

تؤكد نتائج تحليل التباين عدم وجود فروق دالة إحصائيًا في استجابات العينة باختلاف نوع الوظيفة؛ إذ تجاوزت قيم الدلالة 0.05 في جميع المجالات، وتراوحت بين 0.274 و0.934. ويعكس ذلك تقاربًا في تقديرات الموظفين الحكوميين والعاملين في القطاع الخاص والطلاب وكل الفئات تجاه السياسات وآثارها والتحديات المرتبطة بها.

5-4-فحص فرضية البحث: "توجد علاقة ارتباطية دالة إحصائيًا عند مستوى ($0.05\geq\alpha$) بين كل من 1-كفاءة وفاعلية سياسات إدارة النفايات الصلبة (بأبعادها التنظيمية والتنفيذية) 2-مستوى تحقيق الاستدامة البيئية والحد من الآثار السلبية في دولة قطر" 3-مستوى التحديات الميدانية التي تواجه تطبيق سياسات إدارة النفايات الصلبة وانخفاض فاعليتها في تحقيق الاستدامة البيئية بدولة قطر."

ولفحص فرضية البحث وطبيعة العلاقة بين المجالات تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط Linear Regression) وكما يبينها الجدول (17)

الجدول (17) نتائج اختبار الانحدار الخطي البسيط (Linear Regression) لفحص فرضية البحث

الفرضية	R	R^2	قيمة F	Beta(β)	الدلالة(p)	القرار الإحصائي
5-4-أثر سياسات النفايات في الاستدامة البيئية	0.766	0.587	139.33	0.601	0.000	قبول (أثر جوهري)
1-5-4-أثر السياسات في الحد من التلوث	0.751	0.564	126.82	0.618	0.000	قبول (أثر طردي دال)
2-5-4-أثر التوافق مع رؤية2030	0.720	0.519	105.65	0.583	0.000	قبول (أثر طردي دال)
3-5-4-ارتباط التحديات بفاعلية السياسات	0.271	0.073	7.77	0.213	0.006	قبول (ارتباط دال)

يتبين من الجدول (17) وجود علاقات دالة بين سياسات إدارة النفايات والأبعاد المرتبطة بالاستدامة؛ فقد فسرت السياسات 58.7% من التباين في الاستدامة البيئية ($R^2=0.587$، $p<0.001$)، و56.4% من التباين في الحد من التلوث، و51.9% في التوافق مع رؤية قطر 2030. أما التحديات، فقد ارتبطت ارتباطًا دالًا بفاعلية السياسات، ولكن بقوة تفسيرية محدودة ($R^2=0.073$، $p=0.006$)، بما يشير إلى أن أثرها الإحصائي أقل من المجالات الأخرى.

5-مناقشة النتائج

تكشف النتائج الوصفية عن مستوى مرتفع إجمالًا لواقع سياسات إدارة النفايات الصلبة وأثرها البيئي، مع تفاوت بين أبعادها؛ إذ جاء التوافق مع رؤية قطر 2030 في المرتبة الأولى بمتوسط (4.23)، يليه الأثر البيئي (4.19)، ثم واقع السياسات (3.96)، وأخيرًا التحديات (3.83). ويتسق ذلك مع الأدبيات القطرية التي أظهرت تطور البنية المؤسسية والتقنية، مقابل استمرار فجوات التنسيق والمشاركة المجتمعية والفرز من المصدر (Talballa & Gichuru, 2023; Mariyam et al., 2024; Almarri et al., 2026)، ومع الأدبيات العربية التي تؤكد استمرار تحديات الوعي والبنية التحتية والاستدامة طويلة المدى رغم التحسن المؤسسي (Al-Madlal, 2022; Al-Zarbi et al., 2023; Ragab et al., 2025)، والاتجاه العالمي إلى دمج الفرز والمسؤولية الممتدة للمنتج واسترداد الموارد والاقتصاد الدائري في حزمة متكاملة (Kaza et al., 2024; Goh et al., 2024; Monfared et al., 2025). وتؤكد هذه الصورة أن قوة الإطار الاستراتيجي لا تعني بالضرورة قوة أدوات التنفيذ والمشاركة المجتمعية.

ويعكس ارتفاع التوافق مع رؤية قطر 2030 وضوح الارتباط بين إدارة النفايات والاستدامة الوطنية، بينما يشير انخفاض متوسط واقع السياسات نسبيًا إلى الحاجة لتعزيز التنفيذ والتواصل المجتمعي. ويتفق ذلك مع دراسات قطرية تناولت استرداد الموارد والتصميم الدائري والتقنيات الحرارية وتثمين النفايات، وأكدت أن الانتقال إلى الاقتصاد الدائري يتطلب تكامل السياسات والتكنولوجيا والاستثمار (Khan & Al-Ghouti, 2021; Kucukvar et al., 2021;

(Mariyam et al., 2024; Fouladi et al., 2026). كما تدعم الدراسات العربية أهمية التشريعات والتدوير والفرز والمسؤولية الممتدة للمنتج (Hussein et al., 2022; AlQaraleh et al., 2024; Abu-Qdais & Al-Saleh, 2024)، فيما تؤكد الأدبيات العالمية تعاظم القيمة البيئية عند ربط إدارة النفايات باسترداد الموارد والتقنيات الذكية والابتكار (Dai et al., 2022; Goh et al., 2025; Sinha et al., 2026).

وأظهرت النتائج الاستدلالية عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية في تقديرات العينة تعزى إلى النوع الاجتماعي أو المؤهل العلمي أو العمر أو الوظيفة، بما يشير إلى تقارب التصورات بشأن واقع السياسات وآثارها وتحدياتها، دون إثبات تماثل المجتمع القطري بأكمله. وتتفق هذه النتيجة مع الأدبيات القطرية التي أبرزت أهمية التنسيق المؤسسي والمجتمعي (Talballa & Gichuru, 2023; Mariyam et al., 2024; Almarri et al., 2026)، والعربية التي تجعل الوعي والتنظيم والبنية التحتية عوامل تنفيذية مشتركة تتجاوز الاختلافات الديموغرافية (Al-Madlal, 2022; Al-Zarbi et al., 2023; Ragab et al., 2025)، والعالمية التي تربط التحول الدائري بتكامل السياسات والبيانات والمشاركة المؤسسية والمجتمعية (Kaza et al., 2024; Goh et al., 2024; Bandari et al., 2026).

وأظهرت اختبارات الفرضيات أثرًا طرديًا دالًا لسياسات إدارة النفايات في الاستدامة البيئية؛ إذ فسرت (58.7%) من التباين فيها ($R=.766$, $R^2=.587$, $F=139.33$, $p<.001$)، و(56.4%) من التباين في الحد من التلوث، و(51.9%) في تحقيق الأهداف البيئية لرؤية قطر 2030. وتنسجم النتائج مع دراسات قطرية ربطت تقنيات المعالجة واسترداد الموارد بتقليل الأثر البيئي وتعزيز الاقتصاد الدائري (Khan & Al-Ghouti, 2021; Shahbaz et al., 2023; Mariyam et al., 2024)، ودراسات عربية أكدت فاعلية السياسات المتكاملة والفرز والتدوير والمسؤولية الممتدة للمنتج (AlQaraleh et al., 2024; Almansour & Akrami, 2024; Abu-Qdais & Al-Saleh, 2024)، ودراسات عالمية ربطت الاقتصاد الدائري بتقليل الانبعاثات وتحسين الكفاءة البيئية (Monfared et al., 2025; Goh et al., 2025; Sinha et al., 2026). ومع ذلك، ينبغي تفسير الانحدار بوصفه علاقة تفسيرية في بيانات مقطعية، لا دليلًا سببيًا حاسمًا.

كما ثبت ارتباط دال بين التحديات وفاعلية السياسات ($r=.271$, $p=.006$)، بما يؤكد ارتباط عوائق التنفيذ بمنظومة السياسة، وإن كان محدودًا. وتدعمه الدراسات القطرية التي رصدت فجوات الوعي والفرز والتمويل والتنسيق، واقترحت تطوير البنية التحتية والابتكار واسترداد الموارد (Alherbawi et al., 2024; Mariyam et al., 2026; Fouladi et al., 2026; Talballa & Gichuru, 2023; Almarri et al., 2026)، والعربية التي أبرزت ضعف البنية التنظيمية والمشاركة والاستثمار (Hussein et al., 2022; AlQaraleh et al., 2024; Kavil et al., 2025; Ragab et al., 2025)، والعالمية الداعية إلى تقنيات القيمة المضافة والرقمنة والتكامل المؤسسي (Dai et al., 2022; Goh et al., 2025; Monfared et al., 2025; Sinha et al., 2026). ومنهجيًا، يعني معامل بيتا الموجب للتحديات (β =.213) أن اتجاه العلاقة موجب؛ لذا، إذا صيغت الفرضية مسبقًا على أساس علاقة سلبية، فيلزم مراجعة ترميز المتغير أو صياغة الفرضية قبل وصفها بأنها مدعومة في اتجاهها.

6-أبرز الاستنتاجات

بناء على نتائج البحث الحالي ونتائج الدراسات السابقة يمكن استنتاج الآتي:

1. حققت سياسات إدارة النفايات ارتباطًا قويًا بمستوى الاستدامة البيئية في قطر.
2. تقدم التوافق مع رؤية قطر 2030 على التنفيذ الفعلي لبعض أدوات السياسات.
3. أسهمت السياسات بوضوح في الحد من التلوث والآثار البيئية السلبية.

4. ارتبطت الإجراءات التنظيمية والتنفيذية بتحقيق الأهداف البيئية لرؤية قطر 2030.
5. كشفت النتائج عن تقارب التصورات البيئية بين مختلف الفئات الديموغرافية.
6. برزت المشاركة المجتمعية والفرز والتوعية كأهم فجوات وتحديات تعوق التنفيذ الحالية.
7. أظهرت التقنيات الدائرية واسترداد الموارد فرصًا واعدة لتعزيز الاستدامة.
8. تحتاج فاعلية السياسات إلى بيانات متكاملة وابتكار وشراكات متعددة القطاعات.

7-التوصيات والمقترحات

بناء على نتائج الدراسة واستنتاجاتها توصي الباحثة الحكومة ومختلف الجهات ذات العلاقة بالآتي:

1. إنشاء مؤشر رقمي وطني موحد يربط أداء البلديات بمؤشرات التدوير والفرز وخفض الطمر والانبعاثات.
2. تطبيق نظام حوافز دائري للأحياء يكافئ الأسر والمجمعات السكنية وفق معدلات الفرز وجودة المواد المستردة.
3. إنشاء مختبرات أحياء تجريبية للنفايات لاختبار حلول الفرز الذكي والحوافز قبل تعميمها وطنيًا.
4. تطوير جواز رقمي للمنتج يوضح قابلية العبوة للإصلاح وإعادة الاستخدام والتدوير ومسؤولية استردادها.
5. إنشاء منصة قطرية لتبادل المواد الثانوية؛ تربط منتجي النفايات بمصانع يمكنها تحويلها إلى مدخلات إنتاج.
6. تطوير نماذج توأم رقمية للنفايات لمحاكاة التدفقات والتنبؤ بالكميات وأفضل مسارات الاسترداد والمعالجة.
7. تحويل التوعية من حملات عامة إلى تدخلات سلوكية موجهة بالبيانات وفق أنماط الفرز الفعلية.
8. ربط التمويل والاستثمار الأخضر بمؤشرات أداء بيئية قابلة للقياس ومراجعتها سنويًا بصورة مستقلة.
9. **كما تقترح الباحثة إجراء المزيد من الدراسات**؛ لسد الفجوة البحثية وخصوصا في الموضوعات الآتية:
   - دراسة طولية لقياس أثر التحول إلى الفرز من المصدر في خفض الطمر والانبعاثات بدولة قطر.
   - بناء نموذج تنبؤي بالذكاء الاصطناعي لتحسين مسارات جمع النفايات واسترداد الموارد في المدن القطرية.
   - دراسة اقتصادية سلوكية لاختبار فاعلية الحوافز الرقمية في رفع مشاركة الأسر في الفرز والتدوير.

قائمة المراجع

أولًا-المراجع بالعربية:

1. بنك قطر للتنمية. (2024). قطاع إعادة التدوير في قطر: سلسلة التقارير القطاعية للمشاريع الصغيرة والمتوسطة 2024. إدارة استراتيجية المشاريع الصغيرة والمتوسطة والتبصّر. https://www.qdb.qa/-/media/qdbapp/publications-pdf/qatar-recycling-sector/recycling-detailed-report---arabic.pdf
2. الزربي، عبد الحميد خليفة.، الهمالي، أحمد فرج.، والرقيق، محمد إبراهيم. (2023). الوعي البيئي للأسر الليبية في كيفية التخلص من النفايات الصلبة (فيلات الخليج) بحي الليثي بمدينة بنغازي. *مجلة البيان العلمية*، (11)، 41–53. https://doi.org/10.37375/bsj.vi11.2120
3. سلطان، أصالة هادي.، وسعيد، قاسم علوان. (2025). التحديات الداخلية والخارجية في تحقيق التنمية المستدامة في قطر. *مجلة تكريت للعلوم السياسية*، *3*(40)، 171–204. http://tjfps.tu.edu.iq/index.php/politic/article/view/424
4. الصيرفي، سمر محمد سمير. (2025). النفايات الصلبة بين عبء البيئة وحلول التكنولوجيا. مجلة الأدب العلمي، (146)، 147–160. https://doi.org/10.71219/1865-000-146-011
5. الكواري، نورة يوسف مبارك.، والزمان، سارة محمد عبد الرحمن. (2010). النفايات الصلبة المنزلية في دولة قطر: دراسة جغرافية. حوليات الآداب والعلوم الاجتماعية، 31(317)، 8–220. https://doi.org/10.34120/0757-031-317-001 .

6. مخلوف، تهاني ياسين. (2024). التأثير البيئي لمكبات النفايات الصلبة: مكب السويداء «كناكر» أنموذجًا. *مجلة جامعة دمشق للآداب والعلوم الإنسانية، 40*(3)، 297–317. https://doi.org/10.71219/0135-040-003-016 .
7. المدلل، محمد ذياب يوسف. (2022). تأثير النفايات الصلبة على المجتمع المحلي. *المجلة العربية للنشر العلمي، 5* (50)، 877–890. https://www.ajsp.net/research/%D8%8A.pdf?
8. ملال، نوال، وزناكي، دليلة. (2022). النفايات الصلبة وأثرها على البيئة والمستهلك. *مجلة القانون العقاري والبيئة، 10*(1)، 584–601. https://doi.org/10.51839/2068-010-001-029
9. منصة البيانات المفتوحة القطرية. (2025). توليد النفايات الصلبة اليومية حسب النوع [مجموعة بيانات]. المجلس الوطني للتخطيط. مجموعة البيانات الرسمية. https://www.qdb.qa/-/media/qdbapp/publications-pdf/qatar-recycling-sector/recycling-detailed-report---eng.pdf

ثانيًا-المراجع بالإنجليزية/References in English:

1. Abedeen, A., Hossain, M. S., & Rahman, A. N. M. M. (2025). Characterization and energy recovery of fuels from medical waste via thermal pyrolysis. *Heliyon, 11*(4), e42599. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42599
2. Abu-Qdais, H., & Al-Saleh, M. (2024). Developing an extended producer responsibility system for solid waste management in Jordan using multi-criteria decision-making approach. *Waste Management & Research, 42*(7), 533–543. https://doi.org/10.1177/0734242X231198444
3. Aditya, S., Stephen, J., & Radhakrishnan, M. (2021). Utilization of eggshell waste in calcium-fortified foods and other industrial applications: A review. *Trends in Food Science & Technology, 115*, 422–432. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.047
4. Adsul, M. G. (2024). Cellulolytic enzymes recycling strategies for the economic conversion of lignocellulosic biomass to fuels. *Process Biochemistry, 147*, 102–110. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2024.08.009
5. Akimoto, S., Tsubota, J., Hidaka, T., & Fujiwara, T. (2024). Continuous co-digestion of sewage sludge and highly concentrated waste bioplastic hydrolyzate without shortening hydraulic retention time. *Waste Management Bulletin, 2*(2), 241–248. https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.04.008
6. Akimoto, S., Tsubota, J., Tagawa, S., Hirase, T., Angelidaki, I., Hidaka, T., & Fujiwara, T. (2025). Process performance of in-situ bio-methanation for co-digestion of sewage sludge and lactic acid, aiming to utilize waste poly-lactic acid as methane. *Bioresource Technology, 418*, Article 131945. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.131945
7. Albeldawi, M., Al-Mohannadi, A. S., & Sigodo, K. (2025). Medical waste management in the State of Qatar challenges and opportunities: A review. *Waste Management Bulletin, 3*(3), 223–236. https://doi.org/10.1016/j.wmb.2025.100209
8. Alcocer-García, H., Sánchez-Ramírez, E., García-García, E., Ramírez-Márquez, C., & Ponce-Ortega, J. M. (2025). Unlocking the potential of biomass resources: A review on sustainable process design and intensification. *Resources, 14*(9), Article 143. https://doi.org/10.3390/resources14090143
9. Alhamami, A. H., Bashir, F. M., Alsadun, I. S. R., Andleeb, Z., Rassas, N. H., Agboola, O., & Dodo, Y. A. (2026). Sustainable waste utilization for robust and energy-efficient green buildings: A comprehensive review of bio-based materials, benefits, and implementation challenges. *Journal of Building Engineering, 124*, Article 117023. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2026.117023

10. Alherbawi, M., Parthasarathy, P., Elkhalifa, S., Al-Ansari, T., & McKay, G. (2024). Techno-economic and environmental analyses of the pyrolysis of food waste to produce bio-products. *Heliyon, 10*(6), Article e27713. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27713
11. Alhosani, K. M. (2025). Development of a three-dimensional sustainable waste management scale for small rapidly industrialising states. *Cleaner Waste Systems, 12*, Article 100369. https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100369
12. Aljarrah, M., Ashraf, A., Khandakar, A., Rohouma, W., Ayari, M. A., Esmaeili, A., Butt, R., Kadampotupadeth, S., Thomas, K., Rahman, A., & Phillips, M. (2024). Environmental performance analysis of three organic waste disposal scenarios: Landfilling, composting, and EP-50. *Discover Sustainability, 5*(1), Article 445. https://doi.org/10.1007/s43621-024-00614-7
13. Almansour, M., & Akrami, M. (2024). Towards zero waste: An in-depth analysis of national policies, strategies, and case studies in waste minimisation. *Sustainability, 16*(22), Article 10105. https://doi.org/10.3390/su162210105
14. Almarri, B. S., Kapogiannis, G., Abualqumboz, M., & Gerges, M. (2026). Waste management in Doha: The potential of underground systems. *International Journal of Building Pathology and Adaptation. Advance online publication*. https://doi.org/10.1108/IJBPA-06-2024-0124
15. Al-Mohammed, R., & Ouahrani, D. (2025). Decarbonization strategies for the building sector: A comparative study of Qatar and global case studies. *Energy Strategy Reviews, 62*, Article 101940. https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101940
16. AlQaraleh, L., Abu Hajar, H. A., & Matarneh, S. (2024). Multi-criteria sustainability assessment of solid waste management in Jordan. *Journal of Environmental Management, 368*, Article 121929. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121929
17. Bandari, R., Loechel, B., Speight, R. E., Walton, A., Okelo, W., & Mankad, A. (2026). Socio-economic and environmental sustainability of biomanufactured food and agricultural products: An integrated assessment framework. *iScience, 29*(3), Article 114624. https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.114624
18. Bataineh, H., Pillai, R. (2026). Strategic Approaches to Sustainable Construction Waste Management: Insights from KSA and Qatar Projects. In: Dsilva, J. (eds) *Sustainability Education, Youth and Innovation*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-21948-0_2
19. Bhatia, S. K., Patel, A. K., & Yang, Y.-H. (2024). The green revolution of food waste upcycling to produce polyhydroxyalkanoates. *Trends in Biotechnology, 42*(10), 1273–1287. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2024.03.002
20. Dai, L., Zhou, N., Lv, Y., Cheng, Y., Wang, Y., Liu, Y., Cobb, K., Chen, P., Lei, H., & Ruan, R. (2022). Pyrolysis technology for plastic waste recycling: A state-of-the-art review. *Progress in Energy and Combustion Science, 93*, Article 101021. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2022.101021
21. Fouladi, S., Mahmoud, K. A., Al-Ansari, T., Fouladi, J., & Al-Gaashani, R. (2026). Techno-economic feasibility of biochar production from local biomass resources in Qatar: A review. Resources, *Conservation & Recycling Advances, 31*, Article 200370. https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2026.200370
22. Goh, K. C., Kurniawan, T. A., Mohamed, S., Zhang, D., Khan, M. I., Othman, M. H. D., Aziz, F., Anouzla, A., & Onn, C. W. (2025). Techno-economic assessment and life cycle analysis of restaurant food waste-to-electricity conversion in Malaysia and Singapore within a circular bioeconomy framework. *Biomass and Bioenergy, 197*, Article 107771. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2025.107771

23. Goh, K. C., Kurniawan, T. A., Zainordin, N., Arifah, I. D. C., Abas, M. A., Masrom, M. A. N., Mohamed, S., Omar, R., Khoo, S. L., Gui, H. C., Toh, T. C., & Onn, C. W. (2024). Expediting decarbonization in energy, waste, and water sector through digitalization in sustainable smart cities (SSC): Case-studies in Malaysia and China based on Industry 5.0 paradigm. *Sustainable Cities and Society, 117*, Article 105969. https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105969
24. Hamdi, M., Wang, D., Li, S., & Su, F. (2025). Unveiling an innovative sustainable blue resource-ecofriendly extraction technique towards a circular economy: Optimization of natural deep eutectic solvent and ultrasonication synergistic pathways for type-I collagen refined recovery from discarded fish scales. In*ternational Journal of Biological Macromolecules, 292*, Article 140296. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.140296
25. Hussein, L., Uren, C., Rekik, F., & Hammami, Z. (2022). A review on waste management and compost production in the Middle East–North Africa region. *Waste Management & Research, 40*(8), 1110–1128. https://doi.org/10.1177/0734242X211068236
26. Islam, M. T., & Ali, A. (2025). E-waste management in Saudi Arabia: Policy challenges, environmental hazards, and sustainable solutions. *Journal of Hazardous Materials Advances, 18*, Article 100738. https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2025.100738
27. Kavil, Y. N., Alshemmari, H., Alkasbi, M. M., Alelyani, S. S., Orif, M. I., & Al-Farawati, R. K. (2025). Electronic waste and environmental diplomacy: How GCC E-waste management interfaces with the Stockholm Convention. *Journal of Hazardous Materials Advances, 17*, Article 100610. https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2025.100610
28. Khan, M., & Al-Ghouti, M. A. (2021). DPSIR framework and sustainable approaches of brine management from seawater desalination plants in Qatar. *Journal of Cleaner Production, 319*, Article 128485. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128485
29. Kucukvar, M., Kutty, A. A., Al-Hamrani, A., Kim, D., Nofal, N., Onat, N. C., Ermolaeva, P., Al-Ansari, T., Al-Thani, S. K., Al-Jurf, N. M., Bulu, M., & Al-Nahhal, W. (2021). How circular design can contribute to social sustainability and legacy of the FIFA World Cup Qatar 2022™? The case of innovative shipping container stadium. *Environmental Impact Assessment Review, 91*, Article 106665. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106665
30. Mariyam, S., Alherbawi, M., McKay, G., & Al-Ansari, T. (2026). Converting waste into Sustainable Aviation Fuel (SAF): A systematic literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 226*, Article 116380. https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116380
31. Mariyam, S., Cochrane, L., Al-Ansari, T., & McKay, G. (2024). A framework to support localized solid waste management decision making: Evidence from Qatar. *Environmental Development, 50*, Article 100986. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2024.100986
32. Monfared, M., Marandi, F., & Sauer, P. C. (2025). Achieving sustainable development by integrating circular economy principles into solid waste management: A systematic literature review and research agenda. *International Journal of Production Economics, 280*, Article 109787. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2025.109787
33. Mungwari, C. P., King'ondu, C. K., Sigauke, P., & Obadele, B. A. (2025). Conventional and modern techniques for bioactive compounds recovery from plants: Review. *Scientific African, 27*, Article e02509. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02509
34. Nascimento, E. S. S., Oliveira, H. A. d., Santos, C. P. d., Gomes, M. d. A., Valerio, M. E. G., & Macedo, Z. S. (2025). Sustainable use of gypsum waste for applications in soil–cement bricks: Mechanical, *environmental, and durability performance. Ceramics, 8*(3), Article 83. https://doi.org/10.3390/ceramics8030083

35. Okonkwo, E. C., Al-Breiki, M., Bicer, Y., & Al-Ansari, T. (2021). Sustainable hydrogen roadmap: A holistic review and decision-making methodology for production, utilisation and exportation using Qatar as a case study. *International Journal of Hydrogen Energy, 46*(71), 35528–35549. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.08.111
36. Qatar Development Bank. (2025). *Qatar's recycling sector: SME industry series 2024–2025. SME Strategy & Insights Department*, Qatar Development Bank. https://www.qdb.qa/-/media/qdbapp/publications-pdf/qatar-recycling-sector/recycling-detailed-report---eng.pdf
37. Qu, A., Du, C., Yang, L., Wu, Z., Wu, Y., Yu, M., Li, D., Ruan, X., & Wang, Q. (2024). Composing functional food from agro-forest wastes: Selectively extracting bioactive compounds using supercritical fluid extraction. *Food Chemistry, 455*, Article 139848. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139848
38. Ragab, O., Al Shibli, B., Al Maghawry, S., Al Balushi, B., El Amir, M., Al Hindasi, H., & Al Shibli, H. (2025). Solid waste management status made in Middle East Arab countries: A review. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-*Waste and Resource Management, 178*(3), 206–218. https://doi.org/10.1680/jwarm.24.00026
39. Shahbaz, M., Rashid, N., Saleem, J., Mackey, H., McKay, G., & Al-Ansari, T. (2023). A review of waste management approaches to maximise sustainable value of waste from the oil and gas industry and potential for the State of Qatar. *Fuel, 332*, Article 126220. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.126220
40. Sinha, S., Ratan, R., Halder, R., Chandrakar, N., Banerjee, M., & Bhowmick, G. D. (2026). From waste to wealth: Innovating with food by-products. *Food and Humanity, 6*, Article 101054. https://doi.org/10.1016/j.foohum.2026.101054
41. Talballa, H. M., & Gichuru, J. (2023). Toward the circular Qatari zero-waste management sector. In L. Cochrane & R. Al-Hababi (Eds.), *Sustainable Qatar* (Vol. 9, pp. 305–327). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7398-7_16

Publishing and Ethical Statements / بيانات النشر والالتزام الأخلاقي

N	Publication Data in English		بيانات النشر بالعربية		م
1	Author Contribution:	Sole Author: Design, methodology, data collection, analysis, and final draft.	البحث المنفرد: التصميم، والمنهجية، وجمع البيانات، والتحليل، وكتابة المسودة النهائية.	مساهمة الباحثة:	1
2	Conflict	No conflicts of interest.	لا يوجد تضارب مصالح.	تضارب المصالح:	2
3	Funding	Self-funded (No external grant).	تمويل ذاتي (لا يوجد دعم خارجي).	التمويل:	3
4	Copyright Licensed under:	(CC BY-NC-ND)		حقوق النشر مرخص بموجب:	4
5	ReviewProcess:	Double-blind peer review.	تحكيم مزدوج التعمية.	آلية التحكيم:	5
6	Plagiarism Check:	Verified via (turnitin).	تم الفحص عبر	فحص الانتحال:	6
7	Data Availability:	Available upon request.	متاحة عند الطلب.	إتاحة البيانات:	7