Al-Farouk journal of sciences
Volume (2), Issue (3) (JUNE, 2026)
ISSN: 3135-2359

مجلة الفاروق للعلوم
المجلد (2) ملحق العدد 3 يونيو 2026
ردمد: 3135-2359

The Water-Energy-Food-Ecosystems (WEFE) Nexus in Libya: Challenges, Opportunities, and Integrated Governance Mechanisms

Mohamed EL-sseid[1], Abdulgader Alsharif[2], Llahm Ben Dalla[3], Mansour Essgaer[4], Abdussalam Ali Ahmed[5], Tarik A. Rashid[6], Tareq Alnnale[7]

[1]Department of Software Engineering, Ankara Bilim University, Türkiye

[2]Department of Electric and Electronic Engineering, College of Technical Sciences Sebha, Libya

[3]Department of Electrical and Electronics Engineering, Ankara Yildirim Beyazit University, Türkiye

[3]Department of Computer Engineering, College of Technical Sciences Sebha, Libya

[4]*Artificial Intelligence Department, Faculty of Information Technology, Sebha University, Sabha, Libya*

[5]Mechanical and Industrial Engineering Department, Bani Waleed University, Libya

[6]Artificial Intelligence and Innovation Centre, University of Kurdistan Hewler, 3 Erbil, Iraq

[7]Department of administration and management, Higher Institute of Science and Technology Ragdalen, Libya

Moh200512@Bilim.edu.tr[1] , alsharif@ctss.edu.ly[2], llahmomarfaraj77@ctss.edu.ly[3], llahmomarfaraj77@ aybu.edu.tr[3], man.essgaer@sebhau.edu.ly[4], abdussalam.a.ahmed@gmail.com[5], *tarik.ahmed@ukh.edu.krd[6], t.alnaeli@histr.edu.ly[7]*

https://orcid.org/0009-0007-1307-8623[1], https://orcid.org/0000-0003-3515-4168[2], https://orcid.org/0009-0008-7624-7567[3], ***https://orcid.org/0000-0002-8447-5091[4],*** https://orcid.org/0000-0002-9221-2902[5], https://orcid.org/0000-0002-8661-258X[6] , https://orcid.org0009-0002-3282-4859[7]

تاريخ الاستلام: 2026/05/30 تاريخ المراجعة 06/20/ 2026 تاريخ القبول:2026/06/28- تاريخ النشر:26/07/ 2026

Abstract

Libya, as one of the most water-scarce countries in the world, faces interconnected existential challenges across the Water, Energy, Food, and Ecosystems (**WEFE**) sectors. This paper aims to analyze the interdependencies and complexities among these sectors within the Libyan context, drawing on the latest reports from the United Nations, UNDP, and FAO, in addition to local institutional developments. The paper reviews the conceptual framework of the **WEFE Nexus** and analyzes key challenges, such as the heavy reliance on the energy-intensive "Great Man-Made River," fragile food security, ecosystem degradation, and the impacts of climate change. Furthermore, it presents the outcomes of high-level policy dialogues and ongoing initiatives, discussing how to move beyond the traditional "Siloed Approach" toward integrated governance. The paper concludes with actionable recommendations to enhance institutional cohesion, transition to renewable energy, and build climate resilience, with

a focus on establishing a national mechanism (a **WEFE Committee**) to coordinate efforts.

KEYWORDS: WEFE Nexus, Great Man-Made River (GMMR), Water Scarcity, Food Security, Integrated Governance, Climate Change

تحليل ترابط الماء والطاقة والغذاء والنظم البيئية (WEFE) في ليبيا: التحديات، الفرص، وآليات الحوكمة المتكاملة

الملخص

تواجه ليبيا، بوصفها واحدة من أكثر دول العالم ندرة في المياه، تحديات وجودية متشابكة في قطاعات المياه والطاقة والغذاء والنظم البيئية (WEFE). تهدف هذه الورقة إلى تحليل أوجه الترابط والتعقيدات بين هذه القطاعات في السياق الليبي، بالاستناد إلى أحدث التقارير الصادرة عن الأمم المتحدة وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي ومنظمة الأغذية والزراعة، بالإضافة إلى التطورات المؤسسية المحلية. تستعرض الورقة الإطار المفاهيمي لنهج WEFE، وتحلل التحديات الرئيسية مثل الاعتماد الكبير على "النهر الصناعي العظيم" كثيف الطاقة، وضعف الأمن الغذائي، وتدهور النظم البيئية، وتأثيرات تغير المناخ. تعرض الورقة نتائج حوارات السياسات رفيعة المستوى والمبادرات الجارية، وتناقش كيفية تجاوز العمل التقليدي "المنعزل" (Siloed Approach) نحو حوكمة متكاملة. تختتم الورقة بتوصيات قابلة للتنفيذ لتعزيز التماسك المؤسسي، والانتقال إلى الطاقة المتجددة، وبناء القدرة على التكيف مع المناخ، مع التركيز على إنشاء آلية وطنية (لجنة WEFE) لتنسيق الجهود.

الكلمات المفتاحية: ترابط (المياه، الطاقة، الغذاء، البيئة)، النهر الصناعي العظيم، ندرة المياه، الأمن الغذائي، الحوكمة المتكاملة، تغير المناخ.

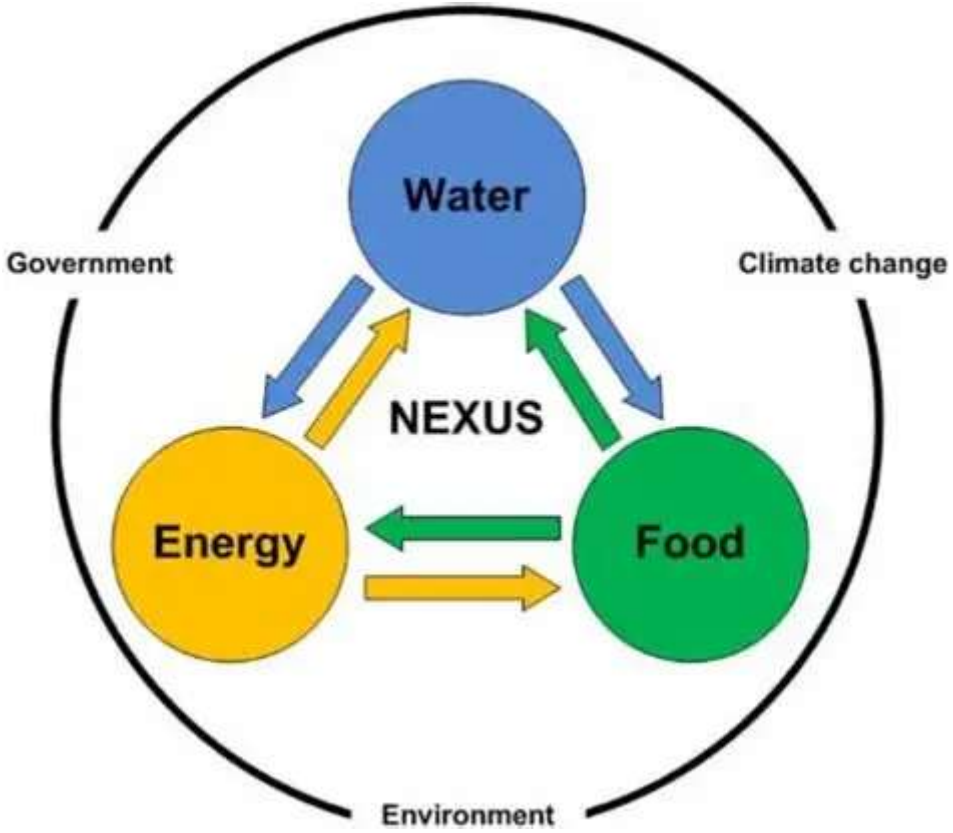
1. مقدمة

يشكل نهج ترابط الماء والطاقة والغذاء والنظم البيئية (WEFE) إطاراً علمياً متقدماً يدعم الإدارة المتكاملة للموارد الطبيعية من خلال فهم أوجه التداخل والتأثيرات المتبادلة بين هذه القطاعات . في ليبيا، لا تعد هذه الترابطات مجرد مفهوم أكاديمي، بل هي واقع يومي ومعقد. صرّح سعادة المهندس محمد بن شريعة، وكيل وزارة التخطيط لشؤون الاستراتيجيات والتطوير، قائلاً: "في ليبيا، قطاعات المياه والطاقة والغذاء والنظم البيئية مترابطة بشكل وثيق ومتشابكة بعمق. إن معالجة هذه القطاعات كنظام متكامل هو السبيل الأكثر فعالية لتحقيق الاستخدام الرشيد للموارد وضمان استدامتها على المدى الطويل" . تنبع أهمية هذه الدراسة من الحاجة الملحة لتجاوز السياسات المجزأة التي طالما هيمنت على إدارة الموارد في ليبيا، خاصة في ظل تصاعد الضغوط المناخية والطلب المتزايد على الغذاء والطاقة [1]. تسعى هذه الورقة إلى تقديم تحليل شامل لواقع WEFE في ليبيا، بالاستناد إلى الأدلة والبيانات المتاحة من المشاريع الجارية مثل مشروع منظمة الأغذية والزراعة (FAO) لتعزيز الحوكمة ، ومخرجات حوار السياسات الذي عُقد في سبتمبر 2025 .ب

2. الإطار النظري والمنهجية

2.1. مفهوم ترابط WEFE

يتجاوز نهج WEFE مفاهيم الأمن المائي والطاقوي والغذائي التقليدية من خلال دمج النظم البيئية كركيزة أساسية لا تقل أهمية. يركز هذا النهج على إدارة المقايضات (Trade-offs) وتعزيز أوجه التآزر (Synergies) لضمان استدامة الموارد [2]. تشير الأبحاث الحديثة إلى أن دمج تحليل تغير المناخ مع نمذجة WEFE يساعد في تحديد أولويات التدخلات وتجنب العواقب غير المقصودة للسياسات .



شكل 1 ترابط المياه والطاقة والغذاء والنظم البيئية (WEFE).

2.2. منهجية البحث

تعتمد هذه الورقة على منهجية نوعية (Qualitative Analysis) تقوم على:

1. مراجعة وثائقية شاملة: تحليل التقارير الرسمية الصادرة عن وكالات الأمم المتحدة (UNDP, FAO)، وصندوق المناخ الأخضر (GCF)، ووزارة التخطيط الليبية، والمؤسسات الأكاديمية .
2. تحليل السياسات: دراسة الاستراتيجيات الوطنية الحالية مثل الاستراتيجية الوطنية للطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة (2023-2035) واستراتيجية إدارة وتخفيف الجفاف، ومدى تضمينها لنهج WEFE .
3. تتبع التطورات المؤسسية: رصد تشكيل مجموعات العمل الوطنية المعنية بـ WEFE وآليات التنسيق بين القطاعات [3] .

3. التحليل: تشابكات WEFE في السياق الليبي

3.1. ندرة المياه كمحرك رئيسي للترابط

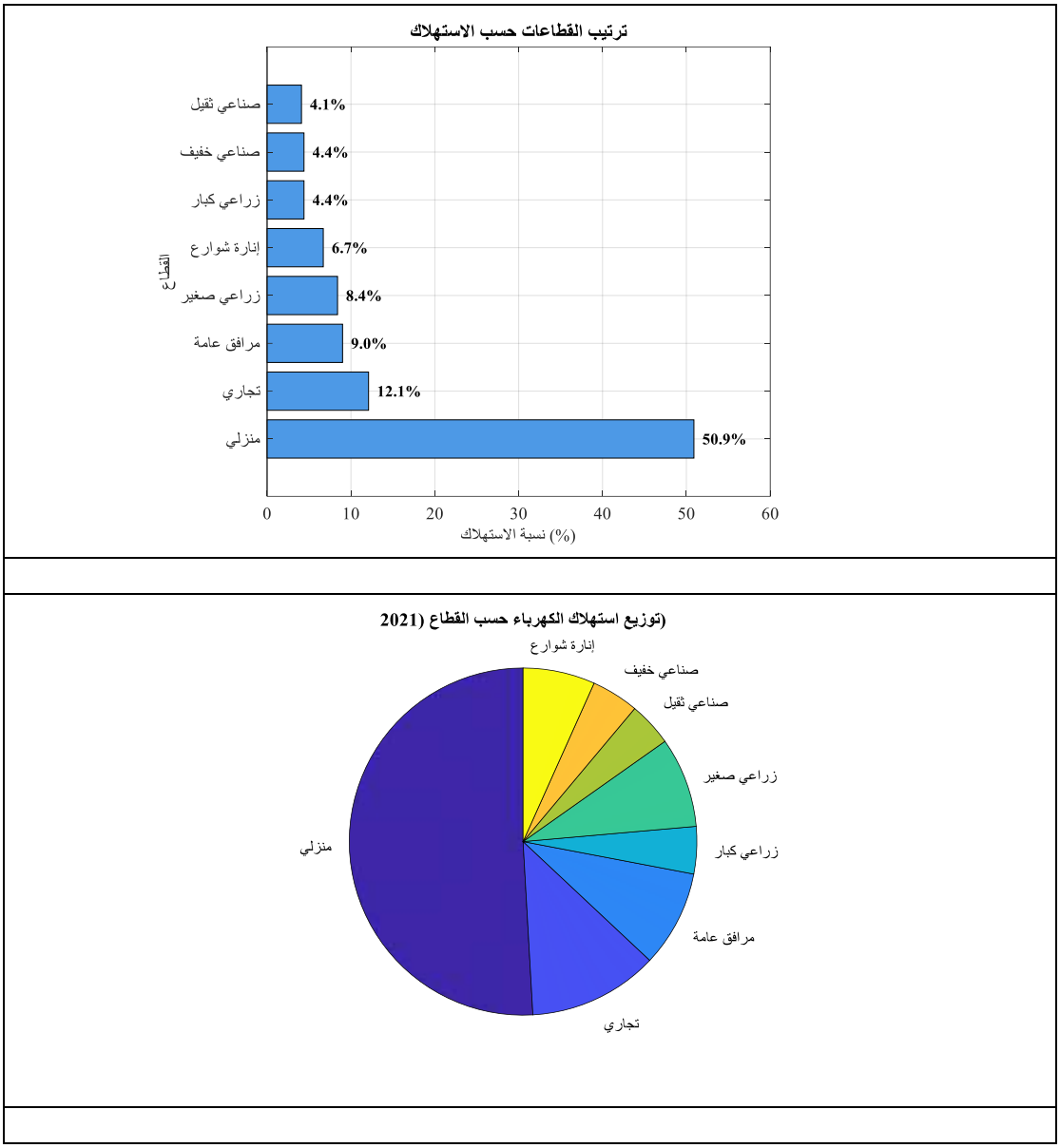
تعد ليبيا من أكثر بلدان العالم إجهاداً مائياً، حيث تقل الأراضي الصالحة للزراعة عن 2% من مساحتها الكلية، مع توقعات بانخفاض معدلات هطول الأمطار بنسبة 7% بحلول عام 2050 . في هذا السياق، يبرز "النهر الصناعي العظيم" كأكبر مشروع لنقل المياه في العالم،[4] وهو يمثل حلقة الوصل الأقوى بين قطاعي الماء والطاقة. يتطلب ضخ ونقل هذه المياه كميات هائلة من الطاقة، مما يخلق "طلباً مشتقاً" يربط الأمن المائي مباشرة بتوفر الطاقة الرخيصة .

شكل ندرة المياه

3.2. قطاع الطاقة: من الوقود الأحفوري إلى فرص التحول

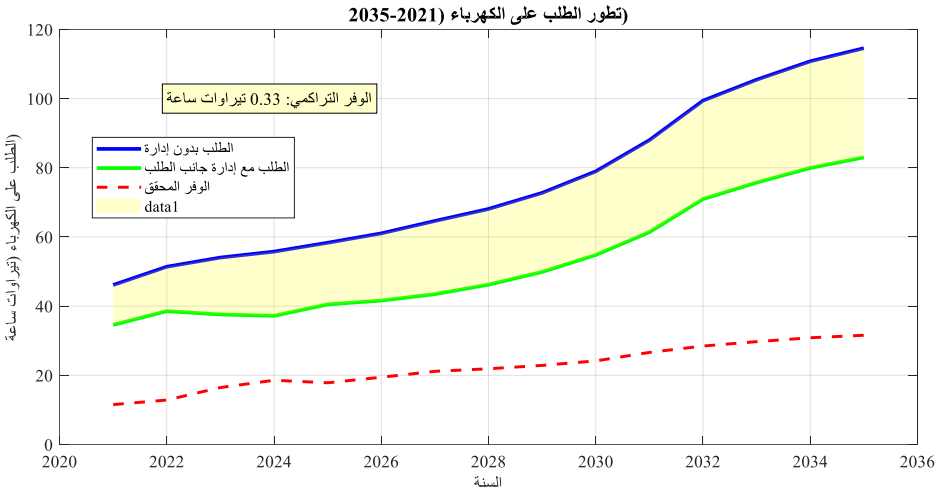
يعتمد قطاع الطاقة الليبي بشكل شبه كامل على الوقود الأحفوري، مما يغذي بدوره قطاع المياه كثيف الاستهلاك للطاقة [2]. هذا الترابط يخلق حلقة مفرغة: أي نقص في إمدادات الطاقة (بسبب الصراع أو نقص الاستثمار) يؤدي إلى نقص في ضخ المياه، مما يهدد الأمن الغذائي والمائي. ومع ذلك، تحدد الاستراتيجية الوطنية للطاقات المتجددة (2023-2035) مساراً واعداً للتحول. مشاريع مثل "مشروع تعزيز الحوكمة" الممول من صندوق المناخ الأخضر

تعمل على رسم خرائط لاستخدام الطاقة في سلسلة القيمة الزراعية وتقييم إمكانات الكتلة الحيوية والطاقة الشمسية .



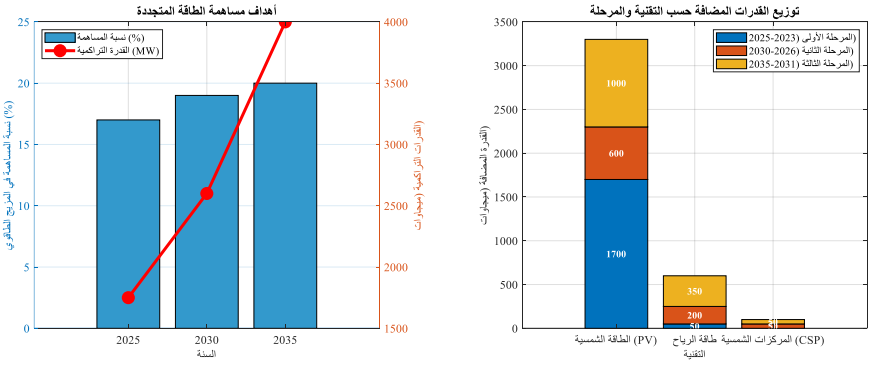
شكل 2 : ترتيب وتوزيع استهلاك الكهرباء حسب القطاعات في ليبيا لعام 2021

يُعد هذا الشكل بالغ الأهمية للمشروع لأنه يوفر بيانات كمية حديثة (2021) لاستهلاك الكهرباء، مما يملأ فجوة البيانات التي يعاني منها قطاع الطاقة ويدعم ركيزة الطاقة في نهج (WEFE). وتبرز أهميته في كشفه عن هيمنة القطاع المنزلي (50.9%)، مما يساعد في فهم المقايضات بين القطاعات وترشيد الطاقة لدعم مشاريع المياه والغذاء. وتكمن حداثة الشكل في نقله للدراسة من النقاش النظري إلى التحليل الكمي التجريبي الموثق [5]، وهو ما يفتقر إليه أدبيات ترابط الموارد المحلية. كما يمثل إضافة نوعية تتيح لصناع القرار توجيه استثمارات الطاقة المتجددة بكفاءة نحو القطاعات الأكثر تأثيراً على الأمن المائي والغذائي.



الشكل 3 : تطور الطلب على الكهرباء في ليبيا (2021-2035) مع سيناريوهات إدارة جانب الطلب والوفرة المتوقعة

يُعد هذا الشكل بالغ الأهمية للمشروع لأنه يقدم توقعات كمّية ديناميكية للطلب على الكهرباء حتى عام 2035، مما يسلط الضوء على الفجوة المتزايدة بين الطلب والعرض والتي تهدد استقرار قطاع الطاقة الحيوي لدعم مشاريع المياه والغذاء في ليبيا. وتبرز أهميته في إظهاره التأثير الكبير لإدارة جانب الطلب، حيث يقلل السيناريو المُدار الاستهلاك بشكل ملحوظ مقارنة بالسيناريو التقليدي [6] ، مما يدعم توصيات المشروع بترشيد الطاقة وكفاءتها. وتكمن حداثة الشكل في تقديمه مقارنة سيناريوهية كمّية (مع وبدون إدارة) مع حساب الوفرة التراكمية المتوقعة، وهو ما يفتقر إليه التحليل النوعي السائد في أدبيات WEFE المحلية. كما يمثل إضافة نوعية تتيح لصناع القرار توجيه استثمارات الطاقة المتجددة نحو سد الفجوة المتوقعة وتحقيق الأمن الطاقوي المستدام.



الشكل 4 : أهداف مساهمة الطاقة المتجددة وتوزيع القدرات المضافة حسب التقنية والمرحلة (2021-2035)

يُعد هذا الشكل بالغ الأهمية للمشروع لأنه يترجم الاستراتيجية الوطنية للطاقات المتجددة إلى أرقام كمّية، موضحاً كيف سيقلل التحول نحو الطاقة الشمسية من التكلفة التشغيلية لقطاعي المياه والزراعة. وتبرز أهميته في كشفه عن هيمنة الطاقة الشمسية في المراحل الثلاث، [7]مما يوجه استثمارات المشروع نحو دمج أنظمة الري وضخ المياه بالطاقة المتجددة بكفاءة عالية. وتكمن حداثة الشكل في تقديمه تحليلاً زمنياً وتقنياً مفصلاً للقدرات المضافة حتى عام 2035، مما يملأ فجوة البيانات الكمية التي تعاني منها أدبيات ترابط الموارد في ليبيا. كما يمثل إضافة نوعية تتيح لصناع القرار تخطيط مشاريع الطاقة بشكل يتناغم مع أهداف الأمن المائي والغذائي، محققاً التكامل الفعلي بين ركائز نهج WEFE.

3.3. الأمن الغذائي والاعتماد على الواردات

يؤدي محدودية المياه الصالحة للزراعة وتدهور الأراضي إلى عجز هائل في الإنتاج الغذائي المحلي، مما يجعل ليبيا تعتمد بشكل كبير على الواردات. هذا الوضع يجعل الأمن الغذائي الليبي رهينة لتقلبات الأسواق العالمية

وسلاسل الإمداد. يؤدي تحسين كفاءة استخدام المياه والطاقة في الزراعة، عبر حلول مثل الري بالطاقة الشمسية، إلى تعزيز القدرة على الإنتاج المحلي وتقليل هذا الاعتماد [9] ,[8] .

3.4. النظم البيئية وتغير المناخ

تشكل النظم البيئية المتدهورة، والسواحل المعرضة للفيضانات، والمناطق الداخلية المعرضة للتصحر، حلقة أساسية في هذه المعادلة. تشكل كارثة درنة 2023 تذكيراً مأساوياً بتكلفة إهمال إدارة مخاطر المناخ والبنية التحتية البيئية . لا تقتصر أهمية استعادة النظم البيئية على الجانب البيئي فحسب [13] ,[12] ,[11] ,[10]، بل تمثل "بنية تحتية طبيعية" تحمي الأراضي الزراعية من التملح والتصحر، وتحد من مخاطر الفيضانات التي تهدد المنشآت الحيوية .

شكل

4. النتائج: المبادرات الجارية وتطور الحوكمة

4.1. نتائج حوار السياسات رفيع المستوى (سبتمبر 2025)

أظهر الحوار الذي عقدته وزارة التخطيط بالشراكة مع UNDP وFAO والبنك الأفريقي للتنمية توافقاً وطنياً غير مسبوق حول ضرورة تبني نهج WEFE. تمخض الحوار عن عدة توصيات رئيسية :

- تعزيز الحوكمة والتنسيق بين الوزارات: الاعتراف بأن التحديات متشابكة وبالتالي فإن الحلول يجب أن تكون مشتركة.
- تحسين كفاءة استخدام المياه والطاقة: كأولوية عابرة للقطاعات [14].
- تعزيز القدرة على الصمود في مواجهة الجفاف والفيضانات: من خلال أنظمة إنذار مبكر وإدارة متكاملة للمخاطر.
- استعادة النظم البيئية: كأساس لاستدامة الموارد [15].
- تعبئة التمويل: من خلال آليات مبتكرة مثل صندوق المناخ الأخضر.

4.2. تشكيل مجموعة عمل WEFE الوطنية

في أكتوبر 2025، انعقد الاجتماع الأول لمجموعة عمل WEFE في طرابلس، بمشاركة جهاز الطاقات المتجددة ووزارة التخطيط ومنظمة GIZ الألمانية . يمثل هذا الاجتماع خطوة ملموسة نحو ترجمة الحوار السياسي إلى أفعال، حيث ناقش المجتمعون آليات التنسيق المشترك لوضع خطة عمل وطنية تدمج مبادئ التنمية المستدامة والتكيف المناخي [16] .

4.3. مشاريع الدعم الفني والتمويل المناخي

يعمل مشروع "تعزيز الحوكمة" التابع لمنظمة الأغذية والزراعة (FAO) والممول من صندوق المناخ الأخضر (GCF) على تطوير البنية التحتية للمعرفة اللازمة لنهج WEFE. تشمل الأنشطة الجارية :

- مراجعة البيانات الحالية حول استخدام الطاقة والمياه في الزراعة [17] .
- تقييم مكاني لإمكانات الطاقة الحيوية وتطبيقات الطاقة الشمسية.
- تحليل الفجوات وإعداد دراسات ما قبل الجدوى للتدخلات في مجال الطاقة المتجددة في الزراعة.
- تعزيز استخدام المنصة الجغرافية المكانية (MerWat-Libya) لجمع وتبادل البيانات بين القطاعات.

الشكل 5 : منصة مروات-ليبيا (MerWat-Libya) لجمع وتبادل البيانات بين القطاعات
يُعد هذا الشكل ممثلاً لمنصة "مروات-ليبيا" الجيومكانية، والتي تمثل حجر الزاوية في بناء البنية التحتية للمعرفة اللازمة لتطبيق نهج ترابط الماء والطاقة والغذاء والنظم البيئية (WEFE) في ليبيا. وتكمن أهميته للمشروع في كونه الأداة الرقمية الموحدة لجمع وتبادل البيانات بين القطاعات المختلفة، مما يسد فجوة التنسيق وتشتت المعلومات التي تعاني منها المؤسسات المحلية [18]. وتبرز حداثة هذا الشكل في تقديمه حلاً تقنياً متطوراً

ومكانياً يدعم صنع القرار القائم على الأدلة، وهو ما يفتقر إليه الإطار المؤسسي التقليدي في إدارة الموارد. كما يمثل إضافة نوعية تتيح للباحثين وصناع القرار تحليل التفاعلات المعقدة بين الموارد الطبيعية بدقة، مما يعزز فعالية الحوكمة المتكاملة والاستدامة البيئية.

MerWat-Libya

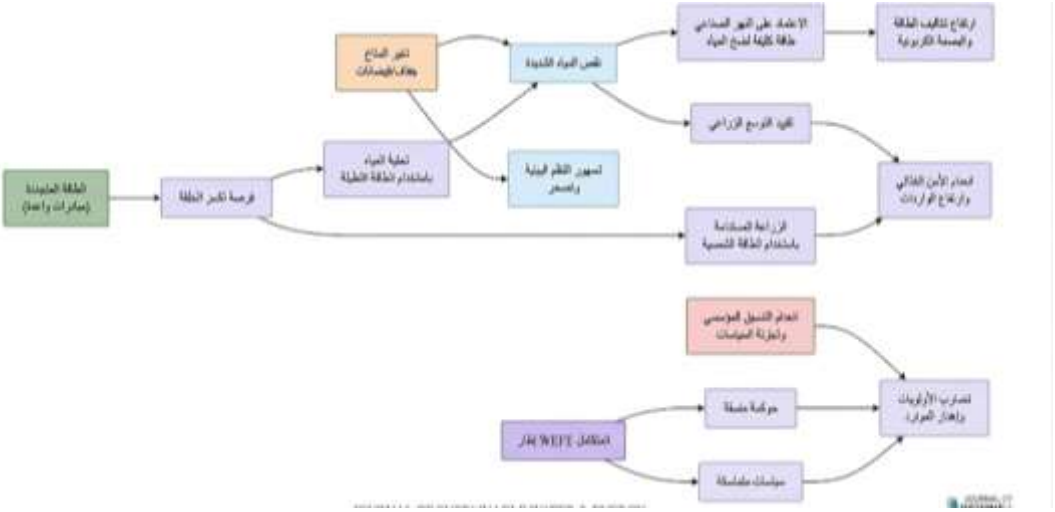
5. مناقشة النتائج

5.1. من "العمل المنعزل" إلى التكامل المؤسسي

تشير النتائج إلى تحول نموذجي في التفكير السياسي في ليبيا. لطالما كانت السياسات الليبية مجزأة، حيث تضع كل وزارة (الموارد المائية، الكهرباء، الزراعة) استراتيجياتها بمعزل عن الأخرى [20] ,[19]. يُظهر تشكيل مجموعة عمل WEFE وتوصيات حوار السياسات إدراكاً متزايداً بأن استدامة قطاع المياه تعتمد على توفر طاقة نظيفة ورخيصة، وأن الأمن الغذائي لا يمكن تحقيقه دون حماية النظم البيئية وإدارة المياه بكفاءة .

الشكل 6 : التحديات الرئيسية في ترابط WEFE بليبيا: تحليل مقارن لمستويات الأثر

يُعد هذا الشكل بالغ الأهمية للمشروع لأنه يقدم تقييماً كمياً ومرئياً لأبرز التحديات في ليبيا، حيث يبرز ندرة المياه كأقصى تحدي (95%) يليه الاعتماد على الغذاء والوقود الأحفوري. وتكمن أهميته في قدرته على توجيه صناع القرار لمعالجة الفجوات الحرجة التي تهدد الأمن المائي والغذائي والطاقي بشكل متكامل بدلاً من معالجة كل قطاع بمعزل عن الآخر [23] ,[22] ,[21] . وتتمثل حداثة الشكل في تقديمه مؤشراً مركباً وموحداً يقارن بين شدة هذه التحديات في سياق ليبي واحد، وهو ما يفتقر إليه الأدبيات التقليدية المجزأة. كما يمثل إضافة نوعية تتيح قياس مدى الترابط السلبي بين القطاعات، مما يدعم بقوة الحاجة الملحة للانتقال نحو الحوكمة المتكاملة التي ينادي بها المشروع.



الشكل 7 : الإطار المفاهيمي للتحديات والفرص والحوكمة المتكاملة لترابط الماء والطاقة والغذاء والنظم البيئية في ليبيا

يُعد هذا الشكل بالغ الأهمية للمشروع لأنه يوضح بصرياً العلاقات السببية المعقدة بين تغير المناخ وندرة المياه والاعتماد على الطاقة، ويبرز كيف تمثل الطاقة المتجددة فرصة حاسمة لكسر هذه الحلقة عبر تحلية المياه والزراعة المستدامة. وتكمن أهميته في ربطه للتحديات المادية بالتحديات المؤسسية، حيث يوضح كيف يؤدي غياب التنسيق إلى إهدار الموارد، بينما يقود النهج المتكامل إلى حوكمة منسقة وسياسات متماسكة [26] ,[25] ,[24]. وتبرز حداثة الشكل في تخصيصه للسياق الليبي (مثل الاعتماد على النهر الصناعي والمبادرات المحلية) ودمجه للبعد المؤسسي مع الحلول التقنية، مما يملأ الفجوة في النماذج التي تركز على جانب واحد فقط. كما يمثل خارطة طريق استراتيجية لصناع القرار للانتقال من العمل المنعزل إلى التكامل الفعلي بين القطاعات لتحقيق الأمن المستدام.

5.2. تحديات القياس والتحليل الكمي

بينما تشهد الحوكمة النوعية تقدماً، لا يزال التحليل الكمي يمثل تحدياً. غالباً ما تكون البيانات إما محدودة أو غير منسقة بين القطاعات. هنا تبرز أهمية الأطر المنهجية الحديثة مثل "مؤشر تآزر WEFE" (Nexus Synergy Index) الذي يسمح بتشخيص التفاعلات بين القطاعات حتى في البيئات محدودة البيانات . تطبيق مثل هذه المؤشرات في ليبيا يمكن أن يساعد صناع القرار في تحديد أولويات التدخلات (مثل: هل الاستثمار في محطات تحلية المياه بالطاقة الشمسية أكثر أولوية من تطوير أنظمة الري الحديثة؟) بناءً على معايير كفاءة وموثوقية واضحة.

5.3. الطاقة المتجددة: المفتاح لكسر حلقة الترابط السلبي

تمثل الطاقة الشمسية فرصة ذهبية لليبيا لكسر الحلقة المفرغة بين استهلاك الطاقة والمياه. بدلاً من استخدام الوقود الأحفوري لتشغيل آبار النهر الصناعي، يمكن للطاقة الشمسية توفير طاقة نظيفة وموزعة، [27] مما يقلل التكاليف والبصمة الكربونية ويزيد من مرونة النظام. تشير مشاريع FAO الحالية إلى أن هذه ليست مجرد نظرية، بل هي قيد الدراسة والتطبيق .

5.4. الترابط بين المناخ والأمن والسلام

لا يمكن فصل مناقشة WEFE في ليبيا عن سياقها الأمني. يؤدي تدهور الموارد وندرة المياه إلى تفاقم الهشاشة، ويخلق أرضاً خصبة للصراع، ويدفع إلى النزوح . لذلك، فإن الاستثمار في مشاريع WEFE (مثل مشاريع حصاد المياه، أو مزارع الطاقة الشمسية المجتمعية) ليس مجرد استثمار تنموي، [28] بل هو استثمار في الاستقرار والسلام. السياسات المناخية الفعالة تتطلب حوكمة شاملة تشمل المجتمع المدني والنساء والشباب، وهو ما تم التأكيد عليه في البيان المشترك لمجلس الأمن حول ليبيا .

5.5.مناقشة النتائج

تُرسخ نتائج هذه الدراسة حقيقة مفادها أن التحديات الوجودية التي تواجه ليبيا في قطاعات الماء والطاقة والغذاء والنظم البيئية (WEFE) لم تعد مشاكل منعزلة يمكن معالجتها بسياسات قطاعية تقليدية، بل هي أعراض لنظام

مترابط يعاني من اختلالات هيكلية عميقة. وتتمحور المناقشة حول ثلاث ركائز جوهرية تبرز أهمية وحداثة هذا الطرح:

يكمن جوهر الإشكالية الحالية في الترابط السلبي، حيث يؤدي الاعتماد شبه الكلي على الوقود الأحفوري لتشغيل مشاريع مائية كثيفة الاستهلاك للطاقة (مثل النهر الصناعي العظيم) إلى جعل الأمن المائي والغذائي رهينة بتقلبات إمدادات الطاقة. وتبرز الحداثة الجوهرية لهذه الورقة في إعادة صياغة مفهوم "الطاقة المتجددة" (وخاصة الشمسية)؛ فليست مجرد بديل طاقوي فحسب، بل هي أداة استراتيجية "كاسرة" لهذه الحلقة، قادرة على فك الارتباط بين ندرة المياه واستنزاف الكربون، وتمكين الزراعة المستدامة عبر أنظمة الري الذكية الموزعة، مما يقلل التكاليف التشغيلية ويعزز المرونة المحلية [20]. على الصعيد المؤسسي، تمثل هذه الدراسة نقلة تحليلية من النقد النظري المجرد إلى توثيق التحول المؤسسي الفعلي. إن تشكيل "مجموعة عمل WEFE الوطنية" والاعتماد على منصات مثل "مروات-ليبيا" (MerWat-Libya) يشير إلى بداية نهاية عصر "العمل المنعزل" (Siloed Approach). وتكمن المساهمة العلمية لهذا البحث في تسليط الضوء على أن نجاح هذا التحول لا يعتمد فقط على الإرادة السياسية، بل على بناء بنية تحتية رقمية موحدة للبيانات تتيح قياس "مؤشرات التآزر" (Synergy Indices) بدقة، مما يمكّن صناع القرار من تحديد أولويات التدخل (مثل: جدوى تحلية المياه بالطاقة الشمسية مقابل تطوير الري الحديث) بناءً على أدلة كمّية بدلاً من التخمين [5] ,[4] ,[3] ,[2] ,[1].

تؤكد المناقشة على أن إهمال البعد البيئي في معادلة WEFE يحمل تكاليف باهظة، كما أثبتت كارثة درنة (2023) بوضوح مأساوي. إن استعادة النظم البيئية ليست رفاهية بيئية، بل هي "بنية تحتية طبيعية" ضرورية لحماية الأراضي الزراعية من التصحر والتملح، وتقليل مخاطر الكوارث المناخية ,[25] ,[24] ,[23] ,[22] ,[21] [26]. وفي السياق الليبي، يرتبط ترابط الموارد ارتباطاً وثيقاً بالأمن والاستقرار؛ حيث إن ندرة الموارد تخلق أرضاً خصبة للهشاشة، مما يجعل الاستثمار في مشاريع WEFE المتكاملة استثماراً مباشراً في السلم الأهلي والصمود الوطني. لا يمثل تبني نهج WEFE في ليبيا خياراً تنموياً فحسب، [28] ,[27] بل هو شرط وجودي حتمي لضمان الصمود المناخي. إن الانتقال من الحوارات السياسية إلى تنفيذ مشاريع تجريبية متكاملة، مدعومة بآليات تمويل مناخي مبتكرة وحوكمة رشيدة، هو المسار الوحيد لتحويل ليبيا من دولة مستوردة للغذاء والطاقة إلى نموذج إقليمي في الإدارة المستدامة والمرنة للموارد الشحيحة.

6. التوصيات

بناءً على التحليل أعلاه، يمكن تقديم التوصيات التالية لتعزيز نهج WEFE في ليبيا:

1. إنشاء لجنة وطنية عليا لـ WEFE: تفعيلاً للتوصيات الصادرة عن UNDP وFAO، يجب إنشاء لجنة دائمة (يفضل أن تكون في وزارة التخطيط) تضم ممثلين عن جميع الوزارات المعنية (المياه، الكهرباء، الزراعة، البيئة، التخطيط، المالية) بهدف وضع سياسات متكاملة وحل النزاعات حول الموارد .
2. تطوير قاعدة بيانات وطنية موحدة: البناء على منصة (MerWat-Libya) الجغرافية المكانية لجمع وتوحيد البيانات المتعلقة باستهلاك المياه والطاقة والإنتاج الغذائي وحالة النظم البيئية، وجعلها متاحة لجميع الباحثين وصناع القرار .
3. تبني آليات التمويل المبتكرة: إنشاء فريق عمل وطني للتمويل المناخي لمساعدة ليبيا على الوصول إلى صناديق المناخ الدولية (مثل صندوق التكيف، وصندوق المناخ الأخضر) لتمويل مشاريع WEFE الكبرى، خاصة تلك المتعلقة بالطاقة المتجددة وتحلية المياه واستعادة النظم البيئية .
4. تنفيذ مشاريع تجريبية (Pilot Projects): البدء بمشاريع صغيرة ومتكاملة في مناطق محددة (مثل مجتمعات زراعية تعتمد على المياه الجوفية) لتطبيق مبادئ WEFE، مثل تركيب أنظمة ري بالطاقة الشمسية مع تقنيات الري الحديث، ومراقبة الأثر على استدامة المياه الجوفية والإنتاجية الزراعية .
5. عزيز المشاركة المجتمعية: إشراك المجالس البلدية والمجتمع المدني والنساء والشباب في تخطيط وتنفيذ مشاريع WEFE لضمان استدامتها وملاءمتها للسياقات المحلية، كما أوصى بذلك بيان مجلس الأمن .
6. مراجعة السياسات والاستراتيجيات: إجراء مراجعة شاملة لجميع الاستراتيجيات الوطنية (المياه، الطاقة، المناخ) للتأكد من تماسكها (Policy Coherence) وعدم تضاربها، باستخدام أطر تقييم مثل التي اقترحها Mooren et al. (2025) .

7. الخاتمة

يمثل نهج ترابط الماء والطاقة والغذاء والنظم البيئية (WEFE) إطاراً استراتيجياً حاسماً لمستقبل ليبيا. لقد تجاوزت ليبيا مرحلة النقاش النظري إلى مرحلة التطبيق العملي، من خلال حوارات السياسات رفيعة المستوى، وتشكيل مجموعات عمل وطنية، وبدء مشاريع مدعومة دولياً. التحدي الأكبر الآن هو الانتقال من المشاريع الصغيرة

والإرادة السياسية المبدئية إلى حوكمة راسخة ومؤسسات دائمة قادرة على إدارة المقايضات وتعظيم أوجه التآزر. إن تبني هذا النهج الشامل هو السبيل الوحيد لضمان الأمن المائي والطاقوي والغذائي، وبناء القدرة على الصمود في وجه تغير المناخ، وتحقيق استقرار وازدهار مستدامين للشعب الليبي.

المراجع

1. United Nations Development Programme (UNDP). (2025, September 17). *Navigating the Water-Energy-Food-Ecosystems Nexus Motivations, Challenges and Opportunities in Libya* [Press release] .
2. Papadopoulou, et al. (2025). An integrated methodology for systematic stakeholder engagement in environmental decision-making under the WEFE nexus framework. Water, Energy and Food Security Nexus.*
3. Food and Agriculture Organization (FAO). (2025). *Integrating climate change, water, energy and food security strategies in Libya*. Project GCP /LIB/054/GCR .
4. Karnib, A., & Rhouma, A. (2026). Measuring synergies and conflicts in the water-energy-food-ecosystems nexus: a directional index approach. *Sustainability Nexus Forum*, 34, 3 .
5. Renewable Energy Authority of Libya (REAoL). (2025, October 7). *The International Cooperation Office Participates in the First Meeting of the Water-Energy-Food-Ecosystems (WEFE) Nexus Working Group .
6. Denmark, France, Greece, Latvia, Liberia, Panama, & United Kingdom. (2026, February 18). *Climate, Peace and Security in Libya* [Joint press statement]. France ONU .
7. Vrachioli, et al. (2025). WEFE nexus unveiled: a comprehensive review of monitoring and modelling methods in the water-energy-food-ecosystems nexus. *Water, Energy and Food Security Nexus .*
8. Renewable Energy Authority of Libya (REAoL). (2025, October 7) .*مكتب التعاون الدولي بجهاز الطاقات المتجددة يشارك في الاجتماع الأول لمجموعة عمل WEFE Nexus .
9. Mooren, C. E., et al. (2025). A Methodological Framework for Assessing the Coherence of WEFE Nexus Policies: Illustration and Application at the River Basin Level. *Water, Energy and Food Security Nexus .*
10. Green Climate Fund (GCF). (2024, November 21). *Strengthening Governance and Institutional Framework for Integrated Climate-change, Water, Energy and Food Security Strategies in Libya* (Approved readiness proposal). FAO.
11. فاطمة إبراهيم, & هانى السيد/. (2023). أثر استخدام الطاقة الجديدة والمتجددة في التحول إلي الاقتصاد الأخضر بالتطبيق على مصر. مجلة كلية الاقتصاد والعلوم السياسية, 24(1), 89-122.
12. عصام, & أمانى. (2022). دور تجارة المياه الافتراضية فى التحديات المائية فى الشرق الأوسط. مجلة كلية الاقتصاد والعلوم السياسية, 23(4), 123-144.
13. إدريس, & مؤنس محمد محمود إدريس. (2024). إشكالية العلاقة بين المياه والطاقة والغذاء والتنمية. مجلة العلوم الإدارية والسياسية, 2(1), 53-106.
14. Fatimah, M, Yousuf Mohammed, Llahm Ben Dalla, Ahmed Abuzaraida, Abdulgader Alsharif , Hala J. El-Khozondar .(2026). Assessing Climate Variables and Solar Energy Potential Using Geographic Information Systems

(GIS) and Predictive Machine Learning Frameworks for Sustainable Development in Al Bayda, Libya: A Study in Educational Environmental Geography, 8th International Conference on Frontiers in Academic Research, July 16-17, 2026: Konya, Turkey, © 2026 Published by All Sciences Academy.

15. قسام فايز عبد القادر البستنجي. (2024). أهمية البنية التحتية الخضراء في إنشاء مدن صديقة للبيئة في البلديات. مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية, 5(3), 369-386.
16. Ben Dalla, L., Karal, Ömer, EL-Sseid, M., & Alsharif, A. (2026). An IoT-Enabled, THD-Based Fault Detection and Predictive Maintenance Framework for Solar PV Systems in Harsh Climates: Integrating DFT and Machine Learning for Enhanced Performance and Resilience. Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences, 4(1), 41-55. https://doi.org/10.63318/waujpasv4i1_05
17. قسام فايز عبد القادر البستنجي. (2024). أهمية البنية التحتية الخضراء في إنشاء مدن صديقة للبيئة في البلديات. مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية, 5(3), 369-386.
18. د. دلال محمد سعدالله البشاري. (2025). المياه والغذاء والنظم البيئة أساس التنمية المستدامة. الأرصاد الجوية, 76(76), 14-21.
19. Keller, E. A. (2014). Environmental Geology (Vol. 7). الجيولوجيا البيئية. العبيكان: للنشر.
20. محمود عبد المنعم الرهايفه. (2023). التغيرات المناخية وتداعياتها على التنمية المستدامة في البلديات. مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية, 4(12), 480-498.
21. El-Khozondar, H. J., Nassar, Y. F., El-Khozondar, R. J., Elnaggar, M., Salah, W. A., Rekik, S., ... & Dalla, L. O. B. (2027). Analysis of a grid/wind/hydrogen hybrid energy system for producing electricity, vehicle fuel and freshwater for Gaza Strip-Palestine. *Fuel*, *428*, 140358.
22. Alrawayati, H. A. W. A., & Tökeşer, Ü. M. I. T. (2021). PARKINSON'S DISEASE DIAGNOSIS BASED ON THE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK AND PARTICLE SWARM OPTIMIZATION ALGORITHM. *Asian Journal of Mathematics and Computer Research*, *28*(1), 26-37.
23. Debolini, M., Malek, Ž., Aguilera, E., Brouziyne, Y., Mekki, I., Terrado, M., ... & Marini, K. (2024). استراتيجيات التكيف والتخفيف في شبكات المياه والطاقة والغذاء والنظم البيئية (WEFE).
24. Ben Dalla L., Jetlaweib S.S., Karal Ö., EL-sseid M., Medeni T.D. (2026). Informal Economy Dynamics in Central Africa and the Mediterranean: A Machine Learning Approach. Economy: strategy and practice. 2026;21(2):6-22. https://doi.org/10.51176/1997-9967-2026-2-6-22
25. Alrawayati, H. (2020). Development of High Efficiency Optimization Algorithm based on New Topology in Particle Swarm Optimization for Parkinson's. *Environment*, *9*, 10.
26. The Water-Energy-Food-Ecosystems (WEFE) Nexus
27. Dalla, L. O. B., Karal, Ö., Degirmenci, A., EL-sseid, M. A. M., Essgaer, M., & Alsharif, A. (2025). A comprehensive literature review (LR) on optimization algorithms of sewage water treatment processes. Comprehensive Science Journal, 10(37), 3204-3220.
28. تعزيز الحوكمة والإطار المؤسسي لاستراتيجيات متكاملة تتعلق بتغير المناخ، المياه، الطاقة، والأمن الغذائي في ليبياLibyan NDA |