الأبعاد الجغرافية لمزيج إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا

(دراسة في جغرافية الطاقة)

د/ محمد أحمد علي سليمان

مدرس الجغرافيا البشرية بمعهد البحوث والدراسات الأفريقية

ودول حوض النيل - جامعة أسوان

المُستخلص:

يتألف مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا من مصادر حرارية غير متجددة، ومصادر متجددة كالطاقة الحرارية الأرضية، والرياح، والطاقة الشمسية، والكتلة الحيوية، والطاقة المائية. وتهدف هذه الدراسة إلى إبراز التباين المكاني لمزيج إنتاج الكهرباء، وبيان الكفاءة الإنتاجية لمحطات الكهرباء بأنواعها المختلفة، والوقوف على اقتصاديات هذا المزيج، والكشف عن التحديات التي تواجهه، وتَوقُّع مستقبله في ضوء الخطط الجاري تنفيذها في كينيا.

واستندت الدراسة في سبيل تحقيق أهدافها إلى: المنهج الإقليمي، والوصفي التحليلي، ومصدر الطاقة، والمدخل التاريخي. وخَلُصت إلى أن مصادر التوليد المتجددة أسهمت بنسبة ٧٧,٩% من القدرة الإجمالية المركبة لمحطات الكهرباء، و٨٦,٦% من إجمالي الطاقة المولدة منها عام٢٠٢٢/٢١م، وتَركُز الجزء الأكبر من القدرة المركبة والطاقة المولدة بإقليمي الوادي المتصدع والشرقي، وانخفاض الكفاءة الإنتاجية للمحطات الحرارية إلى ٣٣,٩%، وارتفاع تكلفة التوليد بها، وأن مزيج إنتاج الكهرباء يواجه عدة تحديات أبرزها: عجز قدراته عن تغطية حاجة الاستهلاك، وتذبذب كمية الكهرباء المائية المولدة من عام لآخر، وارتفاع التكاليف الإنشائية لمحطات إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة.

وأوصت الدراسة بتطوير أنظمة الجودة في محطات توليد الكهرباء الكينية، وإدخال تكنولوجيا الضخ والتخزين لمعالجة التقطع في إنتاج المحطات الكهروضوئية، والسعي إلى الحصول على أرباح ائتمان الكربون لتمويل مشروعات التوليد المتجدد للكهرباء، واستبدال وحدات الديزل بمحطات تعمل بنظام الدورة المُركبة.

الكلمات الدالة:

كينيا، مزيج الكهرباء، الطاقة الحرارية الأرضية، التوليد الحراري، الطاقة المتجددة

Abstract

The mix of electricity production in Kenya consists of non-renewable thermal sources and renewable sources such as geothermal, wind, solar, biomass and hydro. This study aims to highlight the spatial variation of the electricity production mix, to show the productive efficiency of the different types of power stations, to stand on the economics of this mix, to reveal the challenges it faces, and to anticipate its future in the light of the plans being implemented in Kenya.

In order to achieve its objectives, the study relied on: the regional approach, the descriptive analytical approach, the source of energy, and the historical approach. And it concluded that renewable generation sources contributed 77.9% of the total installed capacity of power stations, and 86.6% of the total energy generated from them in the year 21/2022, and the bulk of the installed capacity and generated energy was concentrated in the Rift Valley and Eastern regions, and the production efficiency of thermal stations decreased to 33.9%, and the high cost of generation in it, and that the electricity production mix faces several challenges, most notably: the inability of its capabilities to cover the need for consumption, the fluctuation of the amount of hydroelectricity generated from year to year, and the high construction costs of electricity production stations from renewable sources.

The study recommended the development of quality systems in Kenyan power plants, the introduction of pumping and storage technology to address intermittence in the production of photovoltaic plants, the pursuit of carbon credit profits to finance renewable electricity generation projects, and the replacement of diesel units with plants operating in the combined cycle system.

Key words: Kenya, Electricity Mix, Geothermal Energy, Thermal Generation, Renewable Energy.

مقدمة:

تُعرف الطاقة بأنها مقدرة كامنة لها القدرة على الدفع والتحريك (الزوكه، ٢٠٠١، ص٧)، والكهرباء شكل من أشكال الطاقة التي لا توجد في الطبيعة، وإنما يتم إنتاجها من مصادر متعددة منها الكامن (الوقود الأحفوري)، ومنها المتجدد (طاقة مائية، رياح، طاقة شمسية، حرارة أرضية، كتلة حيوية... إلخ).

ويُحدِد مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية لدولة ما النسبة المئوية للكهرباء المولدة بها من أنواع مختلفة من مصادر الطاقة، وهناك نوعان من هذه المصادر، وهما المتجددة، وغير المتجددة. وتُمَكِن معرفة مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية للدولة من فهم مدى توافر وتنوع مصادر الطاقة بها، والتنبؤ بمصادر توليد الكهرباء في المستقبل (Nath & et al, 2019, p.1)، كما يعتمد مزيج الطاقة بدرجةٍ كبيرةٍ على الموقع الجغرافي، وإمكانات الاستغلال المتاحة.

وتُنتج كينيا حوالي ٥,٤% من الكهرباء المولدة من مصادر متجددة بقارة أفريقيا (١٩٧٦٠٠ مليون ك.و.س)، و٠,٣% من الكهرباء الحرارية (٦٤٣٥٠٠ مليون ك.و.س) وفقًا لإحصاءات عام٢٠٢١م (Bp Statistical Review of World Energy, 2022, P.51).

وتُعد كينيا ثاني دول إقليم شرق أفريقيا بعد إثيوبيا امتلاكًا للقدرات المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء بالإقليم، بنسبة ٢٢,٨%(International Renewable Energy Agency & African Development Bank, 2022, p.317). كما أنها تحتل مكانة بارزة في توليد الكهرباء من بعض مصادر الطاقة المتجددة كالطاقة الحرارية الأرضية، فهي الثامنة عالميًا والأولى أفريقيًا، وطاقة الرياح حيث تتبوأ المرتبة الرابعة على مستوى الدول الأفريقية بعد كل من: جنوب أفريقيا، مصر، المغرب.

أهمية الدراسة:

نالت دراسة مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية في الآونة الأخيرة أهمية واسعة النطاق؛ نظرًا لما تشهده كثير من بلدان العالم المتقدم والنامي على حدٍ سواء من تحول نحو الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة في محاولة لتخفيف آثار ظاهرة الاحتباس الحراري المصاحبة لتوليد الكهرباء الحرارية، وكذلك لمجابهة الطلب المتزايد على الطاقة، وارتفاع أسعار الوقود.

ولما كانت رؤية كينيا لعام٢٠٣٠م تقوم على أنشطة اقتصادية كثيفة استهلاك الطاقة كالتعدين، وصناعة الحديد والصلب، وخطوط السكك الحديدية المُكهربة، وبناء مراكز تجارية ومناطق اقتصادية جديدة؛ فإن توافر الطاقة الكهربائية بموثوقية عالية يُعد عنصرًا أساسيًا لاستكمال ونجاح هذه الأنشطة. وقد قاد ذلك الحكومة الكينية مؤخرًا إلى التوسع في إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة التي تزخر بها البلاد، بيد أن كثافة رأس المال المستثمر في مشروعات الطاقة المتجددة يُشكل تحديًا كبيرًا أمام كينيا نحو الاعتماد بشكلٍ كامل على هذه المصادر في توليد الكهرباء.

ومن هنا جاءت أهمية الدراسة الحالية لتسليط الضوء على الأهمية النسبية لمصادر الطاقة المتجددة في مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية بكينيا، والتحديات التي تقف عائقًا أمام تحقيق الاستفادة المُثلى من هذه المصادر، والإمكانات المستقبلية الواعدة لها، والتي يمكن أن تُمثل فرصة عظيمة لتعزيز أمن الطاقة في كينيا، وتقليل حجم واردات الكهرباء والوقود، وتوفير المزيد من فرص العمل، والمساهمة في خفض انبعاثات الكربون، وتخفيف حدة التغيرات المناخية.

أهداف الدراسة:

سعت الدراسة انطلاقًا من أهميتها إلى تحقيق الأهداف الآتية:

١- التعرف على بدايات دخول الكهرباء إلى كينيا، وتتبع التطور التاريخي لمزيج إنتاج الطاقة الكهربائية بها.
٢- إبراز التباين المكاني لمزيج إنتاج الطاقة الكهربائية على مستوى الأقسام الإدارية في كينيا.
٣- بيان الكفاءة الإنتاجية لمحطات الكهرباء بأنواعها المختلفة بمنطقة الدراسة.
٤- الوقوف على اقتصاديات إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا.
٥- الكشف عن التحديات التي تواجه منظومة إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا.
٦- استشراف مستقبل مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية في ضوء الخطط المُزمع تنفيذها بمنطقة الدراسة.

إشكالية الدراسة وتساؤلاتها:

تلخصت إشكالية الدراسة في عدم قدرة كينيا بالمرحلة الحالية على استغلال إمكاناتها الوفيرة من الطاقات المتجددة في إنتاج الكهرباء، بالشكل الذي يُتيح لها الاستغناء التام عن التوليد الحراري، وواردات الكهرباء الخارجية؛ لسد العجز المتصاعد في إمدادات الطاقة، وتعويض النقص في إنتاج المحطات الكهرومائية المُرتبط بمعدلات هطول الأمطار. وما يترتب على ذلك من ضعف نسبة الوصول إلى الكهرباء خاصة بالمناطق الريفية، علاوة على تَأَثُر الاقتصاد الكيني سلبًا بانقطاعات التيار المتكررة، وارتفاع فاتورة استيراد الكهرباء والوقود الأحفوري المُستخدم في التوليد الحراري. وقد جاءت الدراسة الحالية للإجابة على عدة تساؤلات في هذا الإطار، ومنها:

١- متى وأين كانت البدايات الأولى لدخول الكهرباء إلى كينيا؟ وكيف تطور مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية بها؟

٢- هل تتوزع القدرات المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء والطاقة المولدة منها بشكلٍ متساوٍ على مستوى الأقسام الإدارية الكينية؟
٣- هل تتباين الكفاءة الإنتاجية لمحطات توليد الطاقة الكهربائية في كينيا؟
٤- هل تتساوى تكلفة إنتاج ك.و.س بمحطات توليد الكهرباء الكينية المختلفة؟
٥- ما التحديات التي تواجه منظومة إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا؟ وما هي الخطط المستقبلية للنهوض بهذه المنظومة؟

فرضيات الدراسة:

صِيغَت فرضيات الدراسة على النحو التالي:

١- يرتبط نمو القدرة المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء والطاقة المولدة منها في كينيا ارتباطًا وثيقًا بزيادة أعداد السكان، وتنامي حجم الطلب على الكهرباء.
٢- استمرار التوليد الحراري للكهرباء في دولة مستوردة للنفط مثل كينيا يستنزف مواردها من النقد الأجنبي.
٣- تتمتع كينيا بإمكانات هائلة ومتنوعة من مصادر الطاقة المتجددة تؤهلها للوصول إلى مزيج كامل من الكهرباء النظيفة صديقة البيئة في المستقبل.

مناهج الدراسة ومداخلها وأساليبها:

استندت الدراسة إلى كل من: **المنهج الإقليمي**؛ لدراسة مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية داخل إطار مكاني محدد وهو دولة كينيا، مع التركيز على إظهار التباين المكاني لهذا المزيج على مستوى الأقسام الإدارية بالدولة. هذا بالإضافة إلى **المنهج الوصفي التحليلي**؛ لرصد الحقائق المتعلقة بمنظومة إنتاج الكهرباء الكينية رصدًا واقعيًا من خلال جمع المعلومات، وتحليلها، وتفسيرها، وإصدار التعميمات. وأخيرًا **منهج مصدر الطاقة**، والذي يهتم بدراسة أي مصدر للطاقة من حيث نمط إنتاجه، ومواقعه، وخصائصه (عبده، ١٩٩٩، ص١٩).

كما استخدمت الدراسة **المدخل التاريخي**؛ لتتبع تطور هيكل مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية، وتطور حجم الواردات الكينية من الكهرباء. واستعانت أيضًا **بالأسلوب الإحصائي** في تحليل البيانات وحساب متوسط التباعد، ومعامل ارتباط بيرسون، ورسم الأشكال البيانية بواسطة برنامج (Excel 2016)، **والأسلوب الكارتوجرافي** في إعداد الخرائط باستخدام برمجية (Arc GIS V. 10.5)، وكذلك برمجية (Google Earth Pro) في الحصول على صورة جوية لمحطة أولكاريا١ لتوليد الكهرباء من الطاقة الحرارية الأرضية.

الدراسات السابقة:

يُمكن تصنيف الدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع البحث لقسمين، وهما:

(١) دراسات خاصة بمزيج الطاقة الكهربائية في أفريقيا، ومنها:

- دراسة براند وميساوي (Brand & Missaoui, 2014) بعنوان تحليل متعدد المعايير لسيناريوهات مزيج توليد الكهرباء في تونس: وتعرضت لدراسة نموذج الكهرباء الحالي، والسيناريوهات المستقبلية للطلب عليها، ومسارات تحويل نظام الطاقة التونسي. وانتهت إلى أن مزيج الطاقة التونسي يغلب عليه الطابع الحراري، ويعتمد بشكل كبير على الغاز الطبيعي.
- دراسة بدري عبدالعزيز (٢٠١٧م) بعنوان المزيج الطاقوي في الجزائر بين تحديات الواقع الحالي والآفاق المستقبلية: واشتملت الدراسة على الوضع الراهن للمزيج الطاقوي في الجزائر، والتوقعات المستقبلية لمزيج الطاقة الجزائري. وأوصت بتعميم استخدام الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء.
- دراسة شويرهوف ومحمدو (Schwerhoff & Mouhamadou, 2018) بعنوان تطوير مزيج الطاقة في أفريقيا: وناقشت مزيج الطاقة بالقارة، ونماذج تقييم متكاملة لهذا المزيج، والتحول الأخير نحو الطاقة المتجددة. وأظهرت أن محطات التوليد الحرارية لها آثار سلبية على البيئة والاستقرار السياسي بالقارة. وأوصت بإدخال الطاقة المتجددة كخيار جذاب في المستقبل.

- دراسة أسيديو وآخرون (Asiedu & et al, 2019) بعنوان اقتصاديات الطاقة ومزيج التوليد الأمثل لتقنيات محطات توليد الطاقة المختارة في غانا: وتناولت تحليل تكنولوجيا محطات الطاقة، وانبعاثات الكربون من محطات توليد الكهرباء، وتكلفة التوليد بمحطات مختارة. وانتهت إلى ارتفاع تكلفة توليد الكهرباء من المحطات الحرارية في غانا؛ نظرًا لارتفاع أسعار الوقود.

(٢) دراسات خاصة بمزيج الطاقة الكهربائية خارج أفريقيا، وأهمها:

- دراسة زهانج وآخرون (Zhang & et al, 2017) بعنوان تحليل مزيج توليد الطاقة في الصين: وناقشت تكلفه التوليد وتقديرات المخاطر، والسيناريوهات المستقبلية لمزيج الكهرباء في الصين. وأوصت بوجود محفظة توليد أكثر كفاءة من حيث تقليل المخاطر، وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.
- دراسة ناث وآخرون (Nath & et al, 2019) بعنوان مزيج توليد الطاقة الكهربائية ومستقبلها في بنجلاديش: وتناولت حالة الكهرباء في بنجلاديش، ومزيج توليدها، ومزيج الطاقة المتجددة في البلاد. وتوصلت إلى تزايد التوليد الحراري للكهرباء من النفط والفحم يومًا بعد آخر؛ مما يؤدي لزيادة انبعاثات الكربون. وأوصت بالتوجه نحو الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة.
- دراسة جوميز كالفت وآخرون (Gomez-Calvet & et al, 2019) بعنوان الوضع الحالي والتطور الأمثل لمزيج توليد الكهرباء المتجددة في إسبانيا: وتعرضت لدراسة تحليل نظام توليد الطاقة الإسباني الحالي، والمصادر القابلة للاستغلال، والمزيج المثالي للطاقة. وانتهت إلى أن مزيج الطاقة الإسباني يُظهر تنوعًا كبيرًا. وأوصت بالاهتمام بوجود أنظمة لتخزين الطاقة.
- دراسة ياسين بوعاملي (٢٠٢٠م) بعنوان المكانة المستقبلية للكهرباء النووية ضمن المزيج الطاقوي العالمي: وبدأت بلمحة عن بدايات استخدام الطاقة النووية، وتكنولوجيا إنتاج الكهرباء منها، ثم المكانة الحالية والمستقبلية لها ضمن المزيج الطاقوي العالمي. وبينت أنه لا يمكن التخلي عن الخيار النووي في المستقبل على الصعيد العالمي كأحد مصادر توليد الكهرباء.

ومن خلال عرض الدراسات السابقة يتضح أن موضوع مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية لم يحظَ –على حد علم الباحث– بدراسة جغرافية مباشرة، وأن هذه الدراسات تناولته من جوانب هندسية وتقنية واقتصادية. بينما تميزت الدراسة الحالية بصبغتها الجغرافية التي عالجت مختلف العناصر المُتعلقة بمزيج إنتاج الطاقة الكهربائية بدءًا بالتطور التاريخي لهذا المزيج، ومرورًا بالتباين المكاني له، وكفائته، واقتصادياته، والتحديات التي تواجهه، وانتهاءًا بمستقبله.

مصطلحات الدراسة:

لما كانت جغرافية الطاقة ذات علاقة وثيقة بالعديد من العلوم مثل: الهندسة والفيزياء وعلوم الطاقة، والتي استمدت منها بعض مصطلحاتها؛ فإن ذلك يقتضي تعريف هذه المصطلحات، ومنها:

- القدرة المركبة (Installed Capacity): القدرة التصميمية التي صُممت المحطة لإنتاجها خلال ساعة من الزمن، إذا عملت بكامل طاقتها.
- القدرة الفعلية (Effective Capacity): أقصى قدرة لوحدات التوليد بالمحطة يمكن الوصول إليها، وهي عادة ما تقل عن القدرة المركبة.
- الميجاوات (Megawatts): وحدة قياس القدرة المركبة لمحطات توليد الكهرباء، وتُساوي ١٠٠٠ كيلوات، ويُعبر عنها للاختصار (م.و).
- الكيلووات/ ساعة (kilowatt-Hours): وحدة قياس للطاقة الكهربائية المولدة أو المستهلكة، وتُساوي ١٠٠٠ وات × ٣٦٠٠ ثانية، ويُعبر عنها للاختصار (ك.و.س).
- المحطات الحرارية (Thermal Plants): محطات تعتمد على الوقود الأحفوري بأنواعه المختلفة (فحم، مازوت، سولار، غاز طبيعي)، والذي ينجم عن احتراقه طاقة حرارية تُستخدم في إدارة وحدات التوليد (التوربينات)، ثم تنتقل الطاقة الحركية لهذه التوربينات إلى مولدات (دينامو) لتحولها إلى طاقة كهربائية.

وتتعدد أنواع هذه المحطات، فمنها محطات الديزل، الدورة المركبة، المحطات الغازية، البخارية.

- المحطات الكهرومائية (Hydro-electric Plants): محطات ترتكز على قوة سقوط المياه، أو انحدارها الشديد في تشغيل توربينات توليد الكهرباء. حيث يتخلى الماء عن طاقة وضعه؛ بسبب انخفاض مستواه عند سقوطه طبيعيًا في شكل شلالات، أو عند عبوره حاجزًا اصطناعيًا كالسدود، ويُحرك الماء المُندفع توربينات مائية تعمل على تحويل طاقة الوضع لطاقة حركية، ومنها إلى طاقة كهربائية عبر مولد كهربائي.
- المحطات الحرارية الأرضية (Geothermal Plants): محطات تستخدم قوة البخار أو الماء الساخن المُستخرج من خزانات طبيعية تحت سطح الأرض في تشغيل التوربينات التي تُولد الكهرباء، بواسطة تقنيات متعددة كالوميض الأحادي، والثنائي. والطاقة الحرارية الأرضية، هي طاقة ناتجة عن حرارة جوف الأرض الطبيعية المُتكونة عن تحلل بعض العناصر المُشعة مثل: الثوريوم واليورانيوم.
- المحطات الكهروضوئية (Photovoltaic Plants): محطات تقوم بتحويل ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء بواسطة خلايا فوتوفولطية، تتكون من طبقة رقيقة مستطيلة أو مستديرة الشكل، يتم تصنيعها من مادة شبة موصلة، أكثرها شيوعًا السيلكون.
- مزارع الرياح (Wind Farms): محطات تستغل طاقة الرياح في توليد الكهرباء، حيث تُوضع التوربينات ذات الريش المتعددة في مسارات الرياح، والتي ينجم عن اصطدامها بهذه التوربينات طاقة ميكانيكية دوارة تنتقل من محور الريش إلى مولدات كهربائية تُحَولها إلى تيار كهربائي. وتُسمى المساحات الواسعة التي تنتشر بها المئات من توربينات الرياح المُستخدمة في إنتاج الكهرباء باسم مزارع الرياح.

- محطات الكتلة الحيوية (Biomass Plants): محطات تعتمد على الإنتاج المتزامن للحرارة والكهرباء (التوليد المشترك)، والذي ينتج عن حرق المخلفات العضوية(كتلة حيوية) لمصانع السكر وغيرها. وبنفس طريقة عمل المحطات الحرارية مع اختلاف استخدام الكتلة الحيوية بديلًا عن الوقود الأحفوري.
- الحمل الأقصى (Peak load): أقصى قدرة كهربائية مطلوبة في فترة زمنية محددة (يوم، شهر، سنة)، ويُقاس بالميجاوات أو الكيلوات.

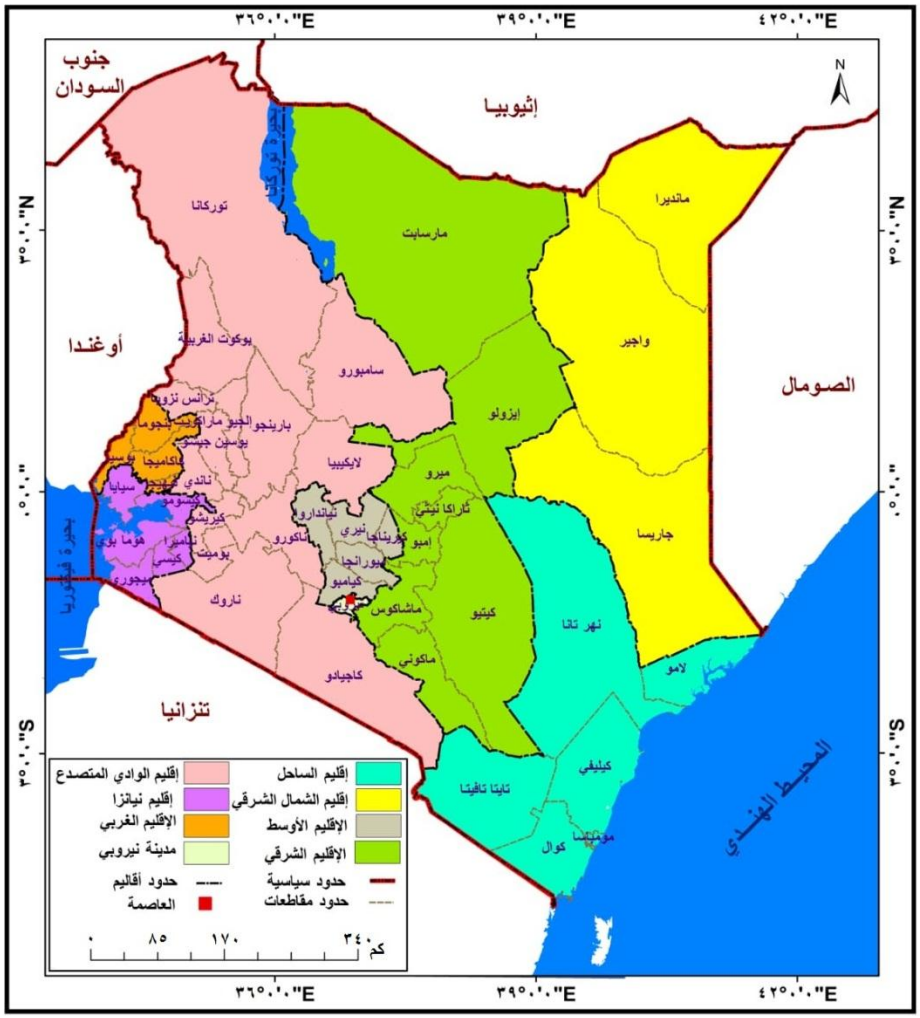
تحديد منطقة الدراسة:

تقع كينيا في إقليم شرق أفريقيا، والذي يضم بجانبها دول: جنوب السودان، أوغندا، تنزانيا، رواندا، بوروندي، جزر القمر، سيشل، موريشيوس، الصومال، جيبوتي، إريتريا، إثيوبيا.

وتقع **فلكيًا** بين دائرتي عرض ٢١ ´ ٤° شمالًا و٢٨ ´ ٤° جنوبًا، وبين خطي طول ٣٤° و٤٢° شرقًا [١]، أي أن خط الاستواء يكاد يُقسمها إلى قسمين متساويين. أما **جغرافيًا** فيحدها شمالًا دولتا جنوب السودان وإثيوبيا، وجنوبًا دولة تنزانيا، وشرقًا دولة الصومال، وتُشرف من ناحية الجنوب الشرقي على المحيط الهندي، ويجاورها غربًا دولة أوغندا، كما أنها تطل في الجزء الجنوبي الغربي على بحيرة فيكتوريا.

وتشغل **كينيا مساحة** قدرها ٥٩١٩٧١ كم٢ ملحق (١)، بما يعادل ١,٩% من مساحة قارة أفريقيا. وتتألف **إداريًا** من ٤٧ مقاطعة تتوزع على سبعة أقاليم ومدينة، وهي: إقليم الشمال الشرقي، إقليم الساحل، الإقليم الشرقي، الإقليم الأوسط، إقليم الوادي المتصدع، إقليم نيانزا، الإقليم الغربي، ومدينة نيروبي شكل (١). وقد بلغ **عدد سكان** كينيا تبعًا لآخر تعداد في عام٢٠١٩م نحو ٤٧,٥٦٤ مليون نسمة (Kenya National Bureau of Statistics, 2019, p.11).

(١) تم تحديد الموقع الفلكي لكينيا اعتمادًا على برنامج (Arc GIS V. 10.5).



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج (Arc GIS V. 10.5) اعتمادًا على:

- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, Kenya: Administrative Division with Aggregated Population, The Humanitarian Data Exchange, April 2022.

شكل (١) الخريطة الإدارية لدولة كينيا على مستوى الأقاليم والمقاطعات عام٢٠٢٢م

خطة الدراسة:

جاءت المعالجة التحليلية للدراسة الحالية في ستة عناصر رئيسة، وفقًا لما يلي:

أولًا: التطور الهيكلي لمزيج إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا.

ثانيًا: التباين المكاني لمزيج إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا.

ثالثًا: كفاءة مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا.

رابعًا: اقتصاديات إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا.

خامسًا: التحديات التي تواجه منظومة إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا.

سادسًا: مستقبل مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا.

النتائج والتوصيات.

أولًا: التطور الهيكلي لمزيج إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا:

جاءت البدايات الأولى لدخول الكهرباء إلى كينيا في عهد الاحتلال البريطاني، وتحديدًا عام١٩٠٦م عندما قام المهندس البريطاني كليمنت هيرتزل بتأسيس نقابة نيروبي للطاقة الكهربائية والإضاءة، وهي شركة لها الحق الحصري في توفير الإنارة الكهربائية لمدينة نيروبي. ثم أعقب ذلك قيام تاجر كيني ثري يدعى حسنالي جيفانجي بشراء محطة توليد كهرباء حرارية تعمل بزيت الديزل من شركة كهرباء زنجبار، وتركيبها في مدينة مومباسا عام١٩٠٨م. وفي عام١٩٢٢م اندمجت نقابة نيروبي للطاقة الكهربائية والإضاءة مع شركة مومباسا للإضاءة والكهرباء المحدودة تحت اسم شركة شرق أفريقيا للطاقة والإضاءة (Agnieszka, 2019, p.436).

وشهد عام١٩٢٥م بداية توليد الطاقة الكهرومائية في كينيا، حيث أنشئت محطة ندولا على نهر ثيكا أحد روافد نهر تانا أكبر الأنهار الكينية، بقدرة مركبة بلغت ٢ م.و. وفيما بين عامي١٩٢٥ و١٩٥٨م تم بناء العديد من المحطات الكهرومائية الصغيرة بإجمالي قدره مركبة ٦,٣ م.و (Ministry of Water Development, 1992, pp. 1-8)، وشملت هذه المحطات كل من: جوجو وسوسياني في حوض بحيرة فيكتوريا غرب البلاد، ومسكو وساجانا في حوض نهر تانا.

وفي عام١٩٦٧م جاءت الإرهاصات الأولى للتنقيب عن الطاقة الحرارية الأرضية بمنطقة الوادي المتصدع في كينيا بغرض استخدامها في توليد الكهرباء، إذ تم حفر بئرين في منطقة أولكاريا، ثم أعقب ذلك بداية حفر الآبار الاستكشافية العميقة بها منذ عام١٩٧٣م بتمويل من البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة (Silas, 2010, p.2). ورغم أن التجارب أثبتت جدوى استغلال الطاقة الحرارية الأرضية بالمنطقة في توليد الكهرباء، فإن هذا الأمر تأخر حتى عام١٩٨١م؛ بسبب نقص التمويل الكافي.

وخلال حقبتي الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي توالى إنشاء محطات التوليد الكهرومائية في كينيا، علاوة على محطات التوليد الحرارية التي تعمل بالوقود الأحفوري. وبحلول عام١٩٧٨م كان مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا قاصرًا على هذين النوعين من المحطات، وقد بلغت القدرة المركبة للمحطات الكهرومائية نحو ٢٨٥,٢ م.و، وحوالي ٩٨ م.و للمحطات الحرارية (Ministry of Water Development, 1992, p.5). في حين شهدت الفترة (١٩٧٩-٢٠٢٢م) عدة تغيرات في هذا المزيج سواء في القدرة المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء، أو الطاقة المولدة منها كما هو موضح بالجدول (١)، والشكل (٢)، حيث يُلاحظ منهما الآتي:

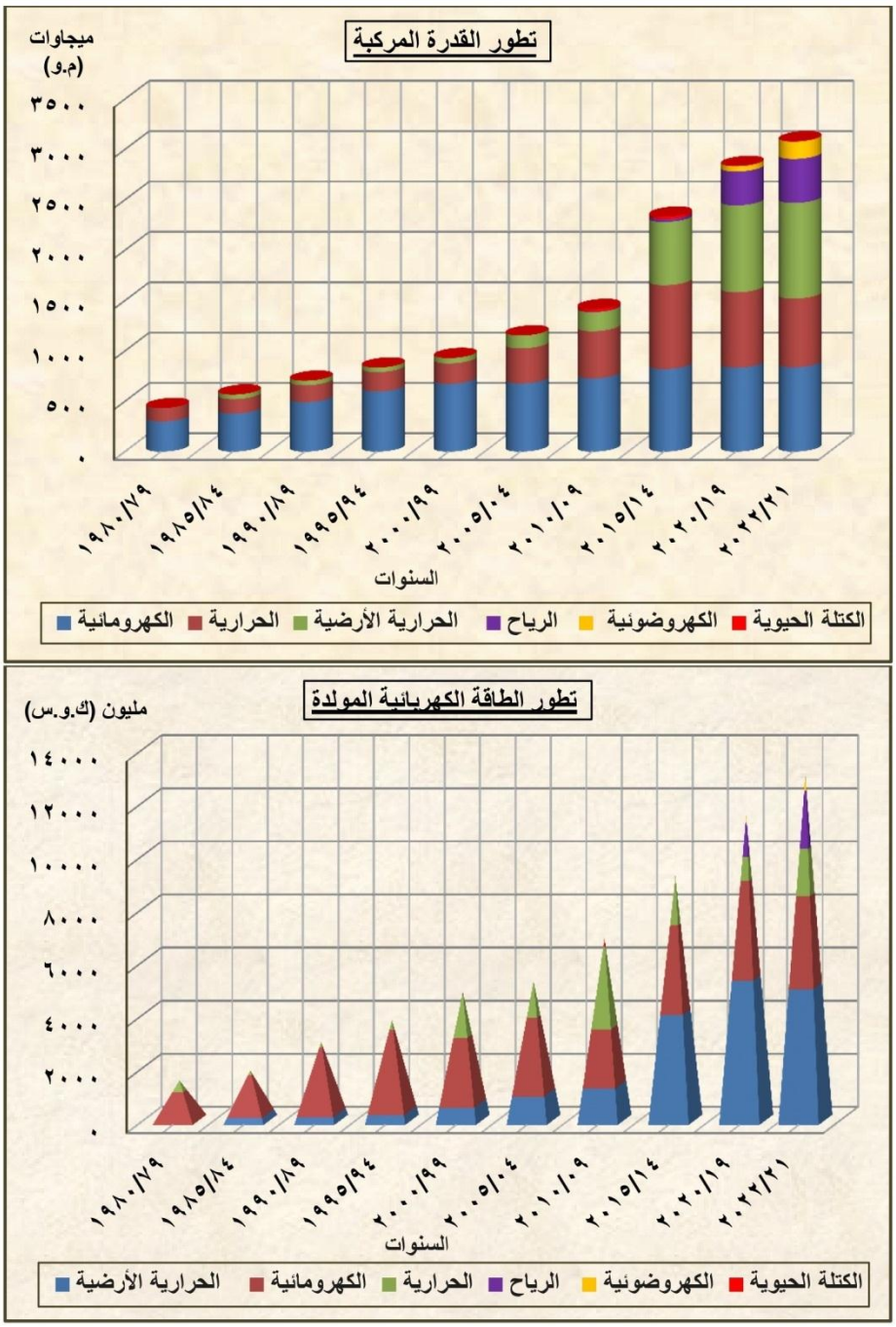
- هيمنت مصادر الطاقة المتجددة (المائية، الحرارية الأرضية، الشمسية، الرياح، الكتلة الحيوية) منخفضة الكربون على مزيج إنتاج الكهرباء في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م، وذلك بنسبة ٧٧,٩% من إجمالي القدرة المركبة، و٨٦,٦% من إجمالي الطاقة المولدة، في مقابل ٢٢,١% و١٣,٤% من إجمالي القدرة المركبة والطاقة المولدة للمحطات الحرارية على الترتيب؛ ويعود ذلك إلى ارتفاع تكلفة الوقود المُستخدم في توليد الكهرباء من المحطات الحرارية على اعتبار أن كينيا بلد غير منتجٍ للنفط، وتستورد كافة احتياجاتها النفطية من الخارج. في الوقت الذي تتمتع فيه البلاد بوفرة في مصادر الطاقة المتجددة؛ مما جعل هذه المصادر أكثر جاذبية لتكون بديلًا عن التوليد الحراري، فضلًا عن تبني الحكومة الكينية سياسات ترمي لتطوير واستغلال مختلف مصادر الطاقة المتجددة عبر تقديم حوافز ضريبية لمستثمريها منذ عام٢٠٠٩م.

جدول (١) تطور القدرة المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء والطاقة المولدة منها على اختلاف أنواعها في كينيا خلال الفترة (٧٩/١٩٨٠- ٢١/٢٠٢٢م)

أنواع المحطات / السنة	الحرارية الأرضية		الكهرومائية		الحرارية		الرياح		الكهروضوئية		الكتلة الحيوية		الإجمالي		نسبة التغير%	
	القدرة المركبة (م.و)	الطاقة المولدة (مليون ك.و.س)	القدرة المركبة (م.و)	الطاقة المولدة (مليون ك.و.س)	القدرة المركبة(م.و)	الطاقة المولدة (مليون ك.و.س)	القدرة المركبة (م.و)	الطاقة المولدة (مليون ك.و.س)	القدرة المركبة (م.و)	الطاقة المولدة (مليون ك.و.س)	القدرة المركبة (م.و)	الطاقة المولدة (مليون ك.و.س)	القدرة المركبة (م.و)	الطاقة المولدة (مليون ك.و.س)	القدرة المركبة	الطاقة المولدة
١٩٨٠/٧٩	–	–	٣٠٠,٠	١١٠٠,٠	١٣٤,٠	٤٠١,٠	–	–	–	–	–	–	٤٣٤,٠	١٥٠١,٠	–	–
١٩٨٥/٨٤	٤٥,٠	٢٣٣,٠	٣٧٨,٥	١٤٧١,٠	١٤٤,٣	١٧٥,٠	–	–	–	–	–	–	٥٦٧,٨	١٨٧٩,٠	٣٠,٨	٢٥,٢
١٩٩٠/٨٩	٤٥,٠	٢٧٢,٠	٤٩٢,٥	٢٤٦٦,٠	١٦٨,١	٢١٧,٨	–	–	–	–	–	–	٧٠٥,٦	٢٩٥٥,٨	٢٤,٣	٥٧,٣
١٩٩٥/٩٤	٤٥,٠	٣٥٤,٣	٥٩٨,٥	٣٠٥٦,٩	١٩٢,٨	٣٨١,٢	–	–	–	–	–	–	٨٣٦,٣	٣٧٩٢,٤	١٨,٥	٢٨,٣
٢٠٠٠/٩٩	٥٣,٠	٥٢٧,٠	٦٧٤,٥	٢٤٣٥,٠	٢٠٣,٠	١٤٨٨,٠	٠,٤	٠,١	–	–	–	–	٩٣٠,٩	٤٤٥٠,١	١١,٣	١٧,٣
٢٠٠٥/٠٤	١٢٨,٠	١٠٣٥,٠	٦٧٧,٣	٢٨٦٩,٠	٣٤٩,٣	١٣٤٤,٠	٠,٤	٠,٤	–	–	–	–	١١٥٥,٠	٥٢٤٨,٤	٢٤,١	١٧,٩
٢٠١٠/٠٩	١٨٩,٠	١٣٣٩,٠	٧٢٨,٠	٢١٧٠,٣	٤٦٩,٢	٣٠٣٠,٠	٥,٣	١٦,٣	–	–	٢٦,٠	٩٩,٠	١٤١٧,٥	٦٦٥٤,٦	٢٢,٧	٢٦,٨
٢٠١٥/١٤	٦٢٧,٠	٤٠٥٩,٠	٨٢٠,٤	٣٣١٠,١	٨٣٣,٦	١٧٧٧,٩	٢٦,١	٣٧,٧	٠,٦	٠,٩	٢٦,٠	١٤,٠	٢٣٣٣,٧	٩١٩٩,٦	٦٤,٦	٣٨,٢
٢٠٢٠/١٩	٨٦٣,١	٥٣٥٢,٠	٨٣٤,٠	٣٦٩٢,٦	٧٤٩,١	٨٨٢,١	٣٣٦,١	١٢٨٣,٩	٥٢,٥	٩١,١	٢,٠	٠,٣	٢٨٣٦,٨	١١٣٠٢	٢١,٦	٢٢,٩
٢٠٢٢/٢١	٩٥٠,٠	٤٩٥٢,٠	٨٣٨,٥	٣٣٥٠,٠	٦٨١,٩	١٦٤٩,٠	٤٣٦,١	٢٠٥٢,٨	١٧٢,٦	٣١٣,٤	٢,٠	٠,٤	٣٠٨١,١	١٢٣١٧,٦	٨,٦	٩,٠

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على:

Kenya Power & Lighting Company (KPlC), Annual Report and Financial Statements from 1980 to 2022, Nairobi.



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج (Excel2016) اعتمادًا على **بيانات جدول(١).**

شكل (٢) تطور القدرة المركبة لمحطات الكهرباء والطاقة المولدة منها على اختلاف أنواعها في كينيا خلال الفترة (١٩٨٠/٧٩-٢٠٢٢/٢١م)

- زادت القدرة الإجمالية المركبة لمحطات توليد الكهرباء في كينيا بشكلٍ كبير خلال الفترة (١٩٧٩-٢٠٢٢م)، إذ ارتفعت من ٤٣٤م.و إلى ٣٠٨١,١م.و، بنسبة تغير موجبة قدرها ٦٠٩,٩% على مدار ٤٤ عامًا. كما زادت كمية الطاقة الإجمالية المولدة من هذه المحطات في الفترة ذاتها بنحو ١٠٨١٦,٦ مليون ك.و.س، أي بنسبة تغير موجبة بلغت ٧٢٠,٦%؛ وذلك لمجابهة تنامي الطلب على الكهرباء، وارتفاع الحمل الكهربائي الأقصى من ٢٩٠ م.و عام١٩٨٠/٧٩م إلى ٢٠٥٧ م.و عام٢٠٢٢/٢١م (Kenya Power & Lighting Company, 1980 & 2022)، كرد فعل لتزايد أعداد السكان من ١٥,٣٢٧ مليون نسمة عام١٩٧٩م إلى ٤٧,٥٦٤ مليون نسمة عام٢٠١٩م(Kenya National Bureau of Statistics, 2019, p.1)، أي بلغت الزيادة السكانية نحو ٣٢,٢٣٧ مليون نسمة بين العامين بمعدل نمو سنوي ٢,٨٧%. هذا بالإضافة إلى ارتفاع نسبة التحضر، وانتشار استخدام الأجهزة الكهربائية، ونمو وازدهار الأنشطة الاقتصادية، والتوسع في برامج تنمية الريف بعد إنشاء هيئة كهربة الريف عام٢٠٠٦م.
- حظيت محطات **الطاقة الحرارية الأرضية** بالنصيب الأكبر من مزيج إنتاج الكهرباء في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م، كونها أسهمت بـــ ٣٠,٨% من القدرة الإجمالية المركبة لمحطات توليد الكهرباء، و٤٠,٢% من الطاقة الإجمالية المولدة؛ ومرد ذلك توافر موارد الطاقة الحرارية الأرضية بالوادي المتصدع الذي يعتبر بمثابة خندق بركاني يمتد لمسافة ٧٥٠ كم داخل الأراضي الكينية، إضافة لطبيعة هذه الموارد المتجددة، والخالية من الوقود الأحفوري، وقدرتها وموثوقيتها العالية على توفير طاقة حمل كهربائي مستقرة بغض النظر عن الطقس وظروف المناخ الأخرى (The International Bank for Reconstruction & Development, 2012, p.19). وقد تزايدت القدرة المركبة لمحطات توليد الكهرباء الحرارية الأرضية في كينيا بنحو ٩٠٥ م.و، أي بنسبة تغير بلغت ٢٠١١,١% في الفترة (١٩٨٥- ٢٠٢٢م)، وسجل

عام٢٠١٥/١٤م أعلى نسبة زيادة للكهرباء الحرارية الأرضية المولدة بواقع ٢٠٣,١% عما كانت عليه عام٢٠١٠/٠٩م؛ نظرًا لدخول محطات (أولكاريا٣، رأس البئر بحقل أولكاريا، أور باور، الوحدتين٤و٥ بمحطة أولكاريا١) إلى الخدمة. فيما انخفضت كمية الكهرباء الحرارية الأرضية المولدة عام٢٠٢٢/٢١م بنسبة ٧,٥% عما كانت عليه عام٢٠٢٠/١٩م؛ بسبب أعطال فنية بمحطتي رأس البئر بحقل أولكاريا، وأولكاريا١ (The Energy & Petroleum Regulatory Authority, 2023, p.26).

- احتلت **المحطات الكهرومائية** المرتبة الثانية في مزيج الطاقة الكهربائية بنسبة ٢٧,٢% من إجمالي القدرة المركبة والطاقة المولدة على السواء عام٢٠٢٢/٢١م. وسجلت القدرة المركبة لهذه المحطات تزايدًا بنسبة ١٧٩,٥% خلال فترة الدراسة (١٩٧٩-٢٠٢٢م)؛ ومبرر ذلك كثرة الشلالات الطبيعية والسدود الصناعية على الأنهار الكينية، وانخفاض تكلفة التوليد بالمحطات الكهرومائية، وطول عمرها الافتراضي الذي يصل إلى ٤٠ عامًا. بيد أن إنتاج الكهرباء من هذه المحطات يعيبه عمومًا التذبذب من عام لآخر؛ تأثرًا بالظروف الهيدرولوجية، ومعدلات هطول الأمطار، وهو ما يبدو جليًا حينما شهدت كمية الكهرباء المائية المولدة أكبر انخفاض لها طوال فترة الدراسة بواقع ٦٩٨,٧ مليون ك.و.س عام٢٠١٠/٠٩م عما كانت عليه عام٢٠٠٥/٠٤م، أي بنسبة ٢٤,٤%؛ نظرًا للجفاف الشديد الذي تعرض له حوض نهر تانا عام٢٠٠٩م (Pacifica, 2010, p.3). في حين حقق عام٢٠١٥/١٤ أعلى نسبة زيادة في كمية الكهرباء المائية المولدة طوال فترة الدراسة بنحو ٥٢,٥% عما كانت عليه عام٢٠١٠/٠٩م؛ نتيجة لارتفاع معدلات سقوط الأمطار، ومن ثم زيادة معدلات تدفق مياه الأنهار المارة عبر السدود.
- شاركت محطات توليد **الكهرباء الحرارية** – وجميعها محطات ديزل تعمل بالمازوت باستثناء محطة موهوروني الغازية العاملة بالسولار– بنسبة ٢٢,١% من القدرة الإجمالية المركبة في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م، لتحتل بذلك المرتبة

الثالثة. في الوقت الذي تراجعت فيه للمرتبة الرابعة من حيث كمية الكهرباء المولدة منها، والتي شكلت ١٣,٤% من كمية الكهرباء الإجمالية المولدة في العام نفسه. ولعل من أبرز ما يميز محطات توليد الكهرباء الحرارية بمنطقة الدراسة استخدامها كاحتياطي طوارئ، لسد العجز في الطلب الكهربائي، وتعويض نقص التوليد المائي في بعض السنوات تأثرًا بالجفاف، كما أنها لاسيما وحدات الديزل تُمثل مصدرًا رئيسًا لتوفير التغذية الكهربائية بالريف والمناطق المنعزلة، والتي لا يكون ربطها بالشبكات الكهربائية أمرًا مجديًا من الناحية الاقتصادية؛ ولهذه الأسباب توالى نمو القدرة المركبة للمحطات الحرارية في الفترة (١٩٨٠-٢٠١٥م) بنسبة زيادة ٥٢٢,١%. بينما لعب تسريع وتيرة الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة منذ عام٢٠١٥م دورًا مهمًا في تناقص القدرة المركبة لتلك المحطات بنسبة ١٨,٢% في الفترة (٢٠١٥-٢٠٢٢). وحقق عام٢٠٠٠/٩٩م أعلى نسبة زيادة في الكهرباء الحرارية المولدة بواقع ٢٩٠,٣% عما كانت عليه عام١٩٩٥/٩٤م؛ وذلك استجابة لظروف الجفاف، ونقص التوليد المائي في مطلع الألفية الثالثة، بينما سجل عام١٩٨٥/٨٤م أكبر نسبة انخفاض في الكهرباء الحرارية المولدة بنحو ٥٦,٤% عما كانت عليه عام١٩٨٠/٧٩م؛ نظرًا لارتفاع أسعار الوقود العالمية آنذاك؛ بسبب حرب الخليج الأولى بين العراق وإيران (سبتمبر١٩٨٠- أغسطس١٩٨٨م).

- شغلت **محطات (مزارع) الرياح** المرتبة الرابعة في مزيج إنتاج الكهرباء الكينية عام٢٠٢٢/٢١م بنسبة ١٤,١% من القدرة الإجمالية المركبة، والمرتبة الثالثة من حيث كمية الكهرباء المولدة منها، بما يعادل ١٦,٧% من إجمالي كمية الكهرباء المولدة في العام نفسه. ونتيجة لما تتمتع به كينيا من سرعات رياح تُناسب إلى حدٍ كبير توطن محطات إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح[١]، حيث إن ٧٣% من مساحة البلاد تتعرض لسرعة رياح تُقدر بنحو ٦ متر/ ثانية على ارتفاع ١٠٠م

(١) أثبتت التجارب أن توليد الكهرباء من طاقة الرياح لا يمكن أن يكون اقتصاديًا ما لم يتعدَّ المتوسط السنوي لسرعة الرياح ٤,٢ – ٥,٤ متر/ ثانية (الديب، ١٩٩٣، ص٨٥٩).

فوق مستوى سطح البحر (The Energy & Petroleum Regulatory Authority, 2023, p.29)؛ فإن القدرة المركبة لهذه المحطات منذ بداية إنشائها عام١٩٩٩م وحتى عام٢٠٢٢م نمت بنحو ٤٣٥,٧ م.و، بنسبة زيادة ١٠٨٩٢٥%. وكمحصلة لتوسيع مزرعة رياح نجونج بإضافة ٢٦ م.و حتى عام٢٠١٥م، ودخول مزرعة توركانا للخدمة عام٢٠١٩م بقدرة مركبة ٣١٠ م.و، ثم مزرعة كيبيتو عام٢٠٢١م بقدرة مركبة ١٠٠ م.و. كما زادت كمية الكهرباء المولدة من هذه المحطات بواقع ٢٠٥٢,٧ مليون ك.و.س بالفترة (٢٠٠٠-٢٠٢٢م).

- أسهمت **المحطات الكهروضوئية الشمسية** بنسبة ٥,٦% من القدرة الإجمالية المركبة لمحطات الكهرباء، وبحوالي ٢,٥% من كمية الكهرباء الإجمالية المولدة عام٢٠٢٢/٢١م، لتتبوأ بذلك المرتبة الخامسة. وشهدت القدرة المركبة لهذه المحطات تزايدًا مستمرًا فيما بين عامي٢٠١٥/١٤ و٢٠٢٢/٢١م بنسبة ٢٨٦٦٦,٧%، وكذلك في كمية الكهرباء المولدة منها بنسبة ٣٤٧٢٢,٢%؛ بسبب التوسع في إنشائها بالآونة الأخيرة، ودخول خمس محطات للخدمة، هي: ستراسمور عام٢٠١٧م، جاريسا عام٢٠١٨م، سيلينكي وكيدات وماليندي عام٢٠٢١م، بجانب توسيع المحطات غير المرتبطة بالشبكة الوطنية في المناطق الريفية لتصل قدرتها إلى ٢,٣ م.و عام٢٠٢٢م، وهي المحطات التي بدأت العمل عام٢٠١٣م بقدرة مركبة ٠,٦ م.و. ويأتي التوسع في إنشاء هذه المحطات كرد فعل لانخفاض تكلفة إنتاج الطاقة الكهروضوئية بـــنسبة ٤٠% عن التكلفة السابقة لها قبل عام٢٠١٠م (شاوهان، وسريفاستافا، ٢٠١٢م، ص١١٠)، وما تُقدمه من حلول فعالة لتوفير الكهرباء بالمناطق الريفية ذات الطلب المنخفض في ظل وقوع البلاد على خط الاستواء؛ مما جعلها تتعرض لمتوسط سنوي كبير من الطاقة الشمسية يتراوح ما بين ٤-٦ ك.و.س/ م٢/ يوم (The Energy & Petroleum Regulatory Authority, 2023, p.29).

- تراجعت محطة توليد الكهرباء الوحيدة من **الكتلة الحيوية** إلى المرتبة الأخيرة من حيث نسبة مشاركتها في مزيج إنتاج الكهرباء الكينية بواقع ٠,٢% للقدرة المركبة، وبأقل من ٠,٠١% لكمية الكهرباء المولدة عام٢٠٢٢/٢١م. وقد بُدأ توليد الكهرباء من الكتلة الحيوية عام٢٠٠٨م بواسطة شركة مومياس لإنتاج السكر، والتي استفادت من حرق مخلفات قصب السكر في توليد البخار والكهرباء معًا (التوليد المشترك) عن طريق تركيب محطة بقدرة مركبة ٣٨ م.و، خُصص منها ٢٦ م.و لتزويد الشبكة الوطنية بالكهرباء، و١٢ م.و لسد احتياجات المصنع الكهربائية. إلا أن ضعف إمدادات محصول القصب للمصنع منذ عام٢٠١٢م؛ كان له بالغ الأثر في زيادة أعباء الإنتاج به، وكثرة الديون (Ministry of Energy of Kenya, 2021, p.27)، وما تبع ذلك من عدم توافر عمليات الصيانة اللازمة لوحدات محطة توليد الكهرباء المملوكة له، وخروج معظم هذه الوحدات من الخدمة لتتناقص قدرتها المركبة بمقدار ٢٤ م.و، وبنسبة ٩٢,٣% فيما بين عامي٢٠١٥/١٤ و٢٠٢٢/٢١م، علاوة على انخفاض كمية الكهرباء المولدة من المحطة بنسبة ٩٩,٦% في الفترة (٢٠١٠–٢٠٢٢م).

وصفوة القول أن القدرة المركبة لمحطات توليد الكهرباء والطاقة المولدة منها في كينيا منذ دخول الكهرباء إليها في مطلع القرن الماضي (عام١٩٠٦م) وحتى الآن حققت نموًا مستمرًا؛ نظرًا لارتفاع حجم الطلب على الكهرباء، تأثرًا بعدة عومل أبرزها: زيادة أعداد السكان، ونمو الأنشطة الاقتصادية. وأظهرت مصادر الطاقة المتجددة تحسنًا كبيرًا في مزيج إنتاج الكهرباء الكينية، إذ ارتفعت نسبة إسهامها في إجمالي القدرة المركبة من ٦٩,١% عام١٩٨٠/٧٩م لنحو ٧٧,٩% عام٢٠٢٢/٢١م، كما زادت نسبة مشاركتها في كمية الكهرباء الإجمالية المولدة بالفترة ذاتها من ٧٣,٣% إلى ٨٦,٦%؛ وذلك بسبب تبني الحكومة الكينية استراتيجية تهدف إلى استبدال التوليد الحراري للكهرباء بمحطات تعمل بالطاقات المتجددة؛ لتقليل حجم وتكلفة الواردات النفطية.

ثانيًا: التباين المكاني لمزيج إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا:

تتشارك في مزيج إنتاج الكهرباء بمنطقة الدراسة ثلاث جهات، فهناك شركة توليد الكهرباء الكينية (Ken Gen)، وهي شركة حكومية استحوذت على ٦١,٨% من إجمالي القدرة المركبة لمحطات التوليد (٣٠٨١,١ م.و)، و٦٤,٦% من إجمالي الطاقة المولدة (١٢٣١٧,٦ مليون ك.و.س) عام ٢٠٢٢/٢١م، بينما أسهم مُنتجو الطاقة المُستقلون (IPPS) بنحو ٣٧%، و٣٤,٨% من إجمالي القدرة المركبة والطاقة المولدة على الترتيب. أما النسبة المتبقية التي تُقدر بـــ ١,٢% من القدرة الإجمالية المركبة، و٠,٦% من الطاقة المولدة فكانت من نصيب مؤسسة كهربة الريف والطاقة المتجددة (REREC)، والتي يقتصر دورها على إدارة وتشغيل المحطات غير المرتبطة بشبكة الكهرباء الوطنية، وتتألف من محطات كهروضوئية صغيرة (بإجمالي قدرة مركبة ٢,٣ م.و، أنتجت ٠,٣ مليون ك.و.س)، ووحدات ديزل (بإجمالي قدرة مركبة ٣٥,٦ م.و، أنتجت ٧١ مليون ك.و.س) عام٢٠٢٢/٢١م (Kenya Power & Lighting Company, 2022, p.185)، وتنتشر هذه المحطات والوحدات على نطاق واسع في المناطق الريفية والمنعزلة بمختلف أقاليم الدولة(١).

وتتوزع القدرة المركبة لمحطات الكهرباء المرتبطة بالشبكة، وكذلك الطاقة المولدة منها بنسب متفاوتة على مستوى الأقسام الإدارية لكينيا؛ وفقًا لمعيار توافر مقومات إنتاج الكهرباء، وتأثير عامل الطلب والحمل الكهربائي الأقصى بكل قسم من هذه الأقسام، وهو ما يمكن الاستدلال عليه من العرض الآتي:

---

(١) تعذر تحديد مواقع المحطات الكهروضوئية ووحدات الديزل غير المرتبطة بشبكة الكهرباء الوطنية في كينيا؛ لعدم وجود بيانات خاصة بها. ولذلك فإن دراسة التباين المكاني لمحطات إنتاج الكهرباء وقدراتها المركبة والطاقة المولدة منها سوف تقتصر على المحطات المرتبطة بالشبكة فقط؛ كونها تُشكل السواد الأعظم (٩٨,٨%) من مجموع القدرات المركبة، و(٩٩,٤%) من مجموع الطاقة المولدة عام٢٠٢٢/٢١م.

(١) <u>التباين المكاني لمحطات إنتاج الطاقة الكهربائية وقدراتها المركبة</u>:

تتباين أعداد محطات توليد الكهرباء وقدراتها المركبة بأقسام منطقة الدراسة تباينًا ملحوظًا؛ نظرًا لاختلاف طبيعة وحدات التوليد العاملة بهذه المحطات، ومستوى كفاءتها. ويمكن الوقوف على حجم التباين في التوزيع الجغرافي للمحطات وقدراتها المركبة من خلال الجدول (٢)، والشكلين (٣، ٤)، حيث يتبين منهما ما يلي:

- ضمت منطقة الدراسة عدد ٤٦ محطة لإنتاج الكهرباء مرتبطة بالشبكة الوطنية عام٢٠٢٢/٢١م، وقد بلغ المتوسط العام للتباعد[١] بينها نحو ٩ كم؛ مما يشير إلى أن هذه المحطات تميل في توزيعها الجغرافي إلى التركز خاصة في المنطقة المحيطة بالعاصمة نيروبي. وسجل متوسط التباعد أقصى قيمة له (٣٨١,٨ كم) بإقليم الشمال الشرقي، والذي لا يوجد به سوى محطة واحدة لإنتاج الكهرباء، وهي محطة جاريسا الكهروضوئية. في حين سجلت مدينة نيروبي العاصمة أقل متوسط تباعد بين المحطات المرتبطة بالشبكة بواقع ١٦,٥ كم، حيث تتوطن بها ثلاث محطات لإنتاج الكهرباء (مزرعة رياح نجونج، ومحطة جامعة ستراسمور الكهروضوئية، ومحطة إير أفريكا الحرارية)، وذلك على الرغم من صغر مساحة المدينة التي لا تتجاوز حوالي ٧٠٧ كم٢.

---

(١) تم حساب متوسط التباعد بين محطات إنتاج الكهرباء استنادًا لبيانات جدول٢، وملحق١، وذلك اعتمادًا على المعادلة التالية: $S = 1.0746 \times \sqrt{A \div N}$

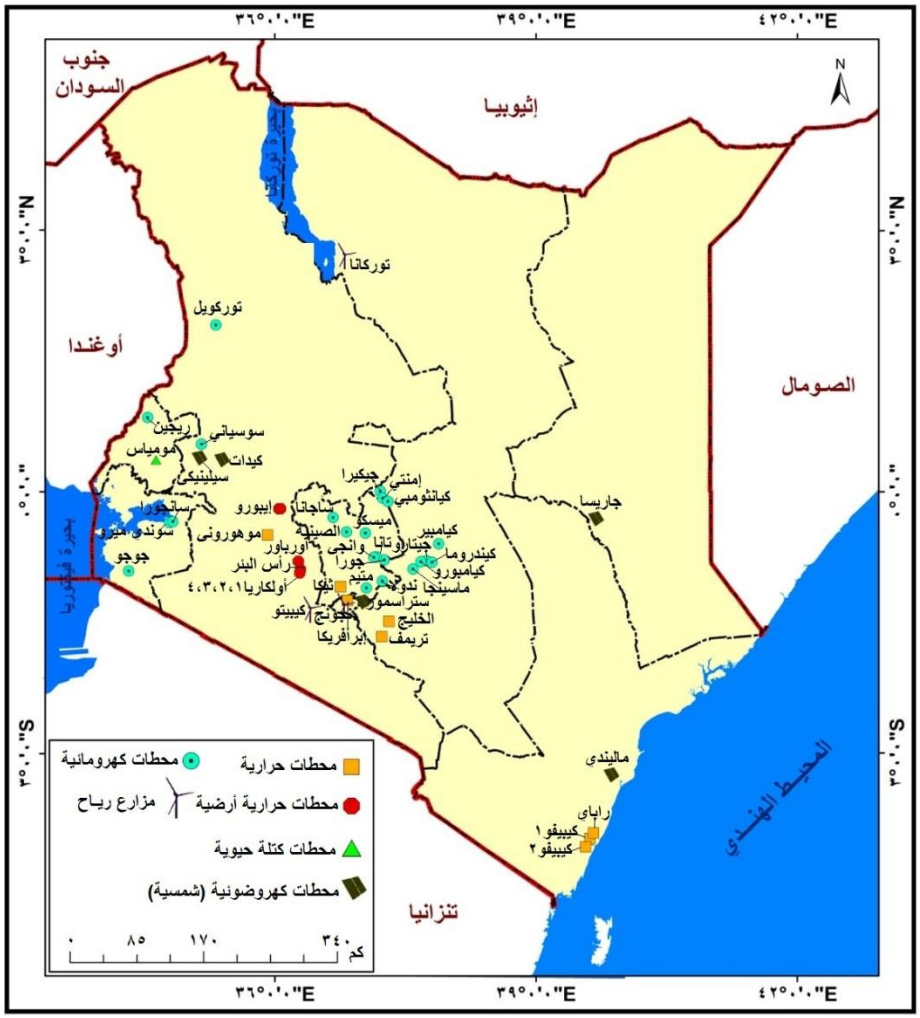
حيث: S= متوسط التباعد، ١,٠٧٤٦= رقم ثابت يُحقق التباعد، A = المساحة، N= عدد مفردات الظاهرة. عن: (Monkhouse & Wilkinson, 1971, p.438).

جدول (٢) التوزيع الجغرافي لمحطات إنتاج الكهرباء المرتبطة بالشبكة وقدراتها المركبة على مستوى الأقسام الإدارية لكينيا عام٢٠٢٢/٢١م

أنواع المحطات / إقليم/ مدينة	الحرارية الأرضية		الكهرومائية		الحرارية		الرياح		الكهروضوئية		الكتلة الحيوية		الإجمالي		(%) من إجمالي القدرة المركبة بالدولة
	عدد المحطات (محطة)	القدرة المركبة (م.و)	عدد المحطات (محطة)	القدرة المركبة (م.و)	عدد المحطات (محطة)	القدرة المركبة (م.و)	عدد المحطات (محطة)	القدرة المركبة (م.و)	عدد المحطات (محطة)	القدرة المركبة (م.و)	عدد المحطات (محطة)	القدرة المركبة (م.و)	عدد المحطات (محطة)	القدرة المركبة (م.و)	
الشمال الشرقى	–	–	–	–	–	–	–	–	١	٥٠,٠	–	–	١	٥٠,٠	١,٦
الساحل	–	–	–	–	٣	٢٨٣,٥	–	–	١	٤٠,٠	–	–	٤	٣٢٣,٥	١٠,٦
الشرقى	–	–	٨	٦٠٣,٧	٢	١٦٣,٣	١	٣١٠,٠	–	–	–	–	١١	١٠٧٧,٠	٣٥,٤
الأوسط	–	–	٨	٤١,٥	١	٨٧,٠	–	–	–	–	–	–	٩	١٢٨,٥	٤,٢
الوادي المتصدع	٧	٩٥٠,٠	٢	١٠٦,٤	١	٦٠,٠	١	١٠٠,٠	٢	٨٠,٠	–	–	١٣	١٢٩٦,٤	٤٢,٧
الغربى	–	–	١	٥,٠	–	–	–	–	–	–	١	٢,٠	٢	٧,٠	٠,٢
نيانزا	–	–	٣	٨١,٩	–	–	–	–	–	–	–	–	٣	٨١,٩	٢,٧
نيروبى	–	–	–	–	١	٥٢,٥	١	٢٦,١	١	٠,٣	–	–	٣	٧٨,٩	٢,٦
إجمالى الدولة	٧	٩٥٠,٠	٢٢	٨٣٨,٥	٨	٦٤٦,٣	٣	٤٣٦,١	٥	١٧٠,٣	١	٢,٠	٤٦	٣٠٤٣,٢	١٠٠

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على:

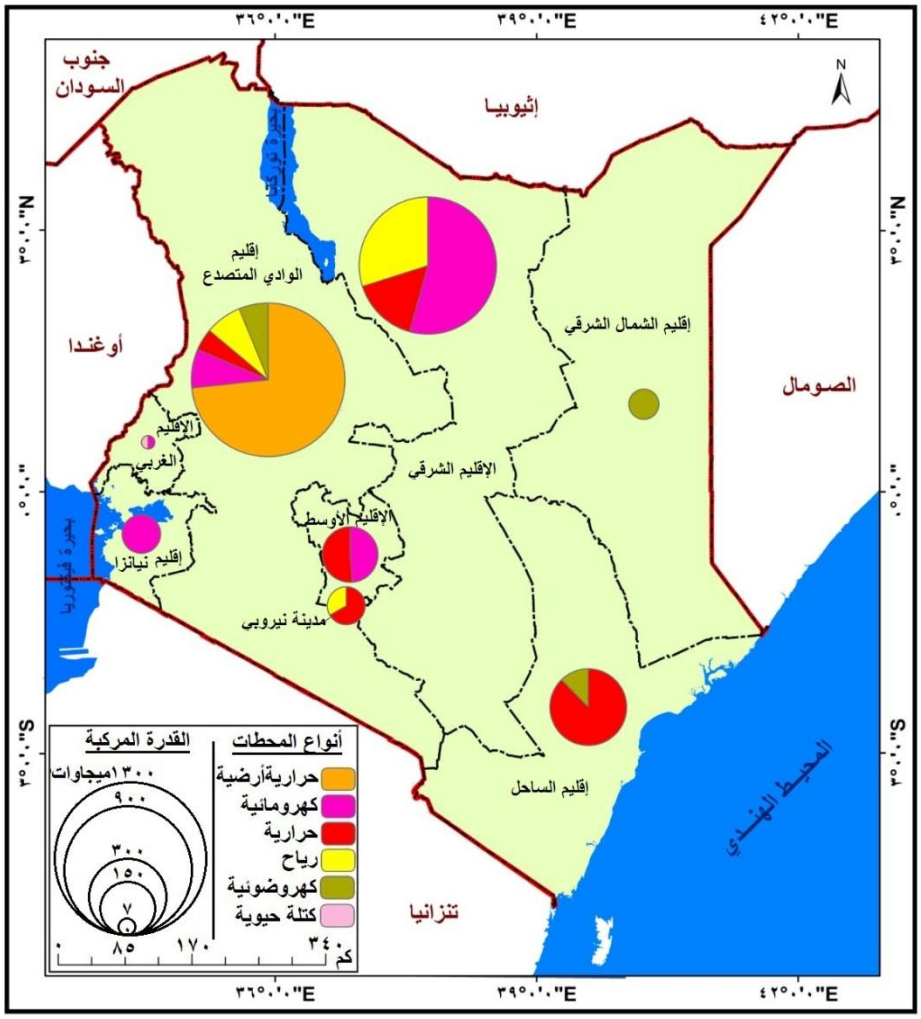
1. Kenya Power & Lighting Company, Annual Report and Financial Statements 30th June 2022, Nairobi, pp.184-187
2. The Energy & Petroleum Regulatory Authority (EPRA), Energy and petroleum statistics report 30th June 2021, Nairobi, pp. 51-56.



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج (Arc GIS V. 10.5) اعتمادًا على:

- Kenya Power & Lighting Company (KPLC), Shape File location of Power Stations in Kenya, Nairobi, 2022.

شكل (٣) التوزيع الجغرافي لمحطات إنتاج الكهرباء المرتبطة بالشبكة الوطنية على مستوى الأقسام الإدارية لكينيا عام٢٠٢٢/٢١م



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج (Arc GIS V. 10.5) اعتمادًا على: **بيانات جدول(٢).**

شكل (٤) التوزيع الجغرافي للقدرة المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء المرتبطة بالشبكة الوطنية على مستوى الأقسام الإدارية لكينيا عام٢٠٢٢/٢١م

- تَرَكُز أكثر من نصف عدد محطات إنتاج الكهرباء المرتبطة بالشبكة (٥٢,٢%)، وما يزيد على ثلاثة أرباع قدراتها المركبة (٧٨,١%) بإقليمي الوادي المتصدع والشرقي؛ نظرًا لتنوع وتوافر مقومات إنتاج الكهرباء من عدة مصادر بكل منهما. حيث انفرد إقليم الوادي المتصدع دون غيره من الأقاليم بوجود محطات توليد الكهرباء من الطاقة الحرارية الأرضية **صورة(١)** (أولكاريا١، أولكاريا٢، أولكاريا٣، أولكاريا٤، رأس البئر، إيبورو، أور باور) بإجمالي قدرة مركبة بلغت ٩٥٠ م.و ملحق (٢)، شكلت نحو ٧٣,٣% من القدرة الإجمالية المركبة بالإقليم (١٢٩٦,٤ م.و)؛ ومرد ذلك توافر الحقول الحرارية الغنية بالحمم البركانية، لاسيما حقل أولكاريا الذي تتراوح درجة حرارة خزانه الأرضي بين ٢٢٠–٣٠٠° درجة مئوية (Silas, 2010, p.4). فيما أسهمت المحطات الكهرومائية (سوسياني، توركويل) على نهر توركويل، والمحطات الكهروضوئية (كيدات، سيلينكي)، ومزرعة رياح كيبيتو، ومحطة موهوروني الحرارية مجتمعة بالنسبة المتبقية (٢٦,٧%) من القدرة الإجمالية المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء بالإقليم.
- استأثر الإقليم الشرقي بنسبة ٧٢% من القدرة المركبة للمحطات الكهرومائية بمنطقة الدراسة عام٢٠٢٢/٢١م، إذ خص الإقليم منها ثماني محطات (ماسينجا، كامبورو، كينداروما، جيتارو، كيامبير، إمنتي، جيكيرا، كيانثومبي)؛ نتيجة لكثرة السدود على نهر تانا الذي يقطع الإقليم من الغرب إلى الشرق، ومثلت هذه المحطات نسبة ٥٦% من إجمالي القدرة المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء بالإقليم. كما تتوطن شمال الإقليم أكبر مزرعة لتوليد الكهرباء من طاقة الرياح في شرق أفريقيا، وهي مزرعة توركانا في مقاطعة مارسابت بقدرة مركبة ٣١٠ م.و، أي ما يعادل ٧١,١% من إجمالي القدرة المركبة لمزارع الرياح في كينيا، و٢٨,٨% من القدرة المركبة بالإقليم؛ ومبرر ذلك أن الطرف الجنوبي الشرقي لبحيرة توركانا الذي تقع به المزرعة يشهد تقلبات يومية في درجات الحرارة،

المصدر: إعداد الباحث اعتمادًا على برنامج (Google Earth Pro) بتاريخ١٩/١/٢٠٢٢م.

صورة (١) صورة جوية لإحدى محطات توليد الكهرباء من الطاقة الحرارية الأرضية (محطة أولكاريا١) بإقليم الوادي المتصدع في كينيا عام٢٠٢٢م

ينجم عنها رياح قوية تصل سرعتها إلى ١٥ متر/ ثانية (African Development Bank Group, 2011, p.6). بينما شاركت محطتا الخليج وتريمف الحراريتان بمقاطعة ماشاكوس بنسبة ١٥,٢% من القدرة الإجمالية المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء المرتبطة بالشبكة في الإقليم الشرقي.

- استحوذ إقليم الساحل على ١٠,٦% من القدرة الإجمالية المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء الكينية، وتفوقَ في امتلاكه لنحو ٤٣,٩% من مجموع القدرات المركبة للمحطات الحرارية المرتبطة بالشبكة في كينيا، حيث ضم ثلاث محطات حرارية هي: كيبيفو١، كيبيفو٢، راباي، بإجمالي قدرة مركبة بلغت ٢٣٨,٥ م.و، شكلت ٧٣,٧% من القدرات المركبة بالإقليم، في مقابل ٢٦,٣% لمحطة ماليندي الكهروضوئية بمقاطعة كليفي. وبالنظر لمواقع محطات التوليد الحرارية الثلاث بإقليم الساحل يُلاحظ توطنها حول ميناء مومباسا؛ تأثرًا بوجود مصافاة النفط الوحيدة في البلاد داخل الميناء، لأن هذا النوع من المحطات ينجذب عادة للتوطن قرب مصدر الوقود؛ توفيرًا لنفقات نقله.
- رغم وقوع خُمس عدد محطات إنتاج الكهرباء داخل حدود الإقليم الأوسط، إلا أنه نال ٤,٢% من مجموع القدرات المركبة للمحطات بمنطقة الدراسة عام٢٠٢٢/٢١م؛ وهو ما يعزي إلى صغر حجم وحدات التوليد (التوربينات) لعدد سبع محطات مائية (جورا، متيم، الصينية، وانجي، ساجانا، ميسكو، ندولا)، بإجمالي قدرة مركبة بلغت ١٥,٨ م.و، حيث توضع هذه الوحدات على مجاري الأنهار مباشرة دون وجود سدود أو خزانات، مما يقلل من فارق السقوط الذي تقوم عليه فكرة التوليد المائي، وذلك بخلاف محطة تانا (٢٥,٧ م.و) المُلحقة بسد على نهر تانا. وقد شكلت المحطات الكهرومائية بالإقليم الأوسط نحو ٣٢,٣% من إجمالي قدراته المركبة، فيما شكلت محطة ثيكا الحرارية بمقاطعة كيامبو ٦٧,٧%.

- تراجَعَ نصيب أقاليم: الشمال الشرقي، والغربي، ونيانزا، ومدينة نيروبي من مجموع القدرات المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء المرتبطة بالشبكة الوطنية، حيث أسهمت مجتمعة بنسبة ٧,١% فقط من مجموع هذه القدرات. ويعزي ذلك التراجع إلى صغر مساحة مدينة نيروبي، وصعوبة توافر أراضي فضاء لإقامة محطات توليد كبيرة الحجم بها. هذا بالإضافة إلى انخفاض حجم الطلب الكهربائي، ووجود منافسة قوية من جانب الوقود الحيوي والفحم الخشبي للكهرباء كمصدر للطاقة بإقليمي نيانزا والغربي في ظل انخفاض نسبة التحضر، حيث يقطن نحو ٨٦,٢% من جملة عدد سكان الإقليمين في الريف ملحق(١)، فضلًا عن تطرف موقع إقليم الشمال الشرقي وبُعده عن الشبكة الوطنية، وقلة أعداد سكانه (٥,٢% من جملة أعداد سكان كينيا عام٢٠١٩م).
- توزعت القدرة المركبة بأقاليم: الشمال الشرقي، الغربي، نيانزا، ومدينة نيروبي مجتمعة (٢١٧,٨ م.و) عام٢٠٢٢/٢١م على خمسة أنواع من المحطات، هي: الكهرومائية بنسبة ٣٩,٩%، والحرارية (٢٤,١%)، والكهروضوئية (٢٣,١%)، والرياح (١٢%)، وأخيرًا الكتلة الحيوية (٠,٩%).
- غَلَبَ الطابع الحراري على القدرات المركبة لمحطات كل من: إقليم الساحل، ومدينة نيروبي، والإقليم الأوسط، في الوقت الذي تفوقت مصادر الطاقة المتجددة (الخضراء) في الاستحواذ على النصيب الأكبر من القدرات المركبة لمحطات أقاليم: الوادي المتصدع، الشرقي، نيانزا، الشمال الشرقي، الغربي.

(٢) <u>التباين المكاني للطاقة الكهربائية المولدة</u>:

يرتبط التوزيع الجغرافي للطاقة الكهربائية المولدة من المحطات المرتبطة بالشبكة الوطنية في كينيا إلى حدٍ كبير بالتوزيع الجغرافي للقدرات المركبة لهذه المحطات؛ ومن ثم تتفاوت كمية الكهرباء المولدة على مستوى الأقسام الإدارية بالدولة، مثلما يوضح الجدول التالي:

جدول (٣) التوزيع الجغرافي للطاقة المولدة من محطات إنتاج الكهرباء المرتبطة بالشبكة الوطنية على مستوى الأقسام الإدارية في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م

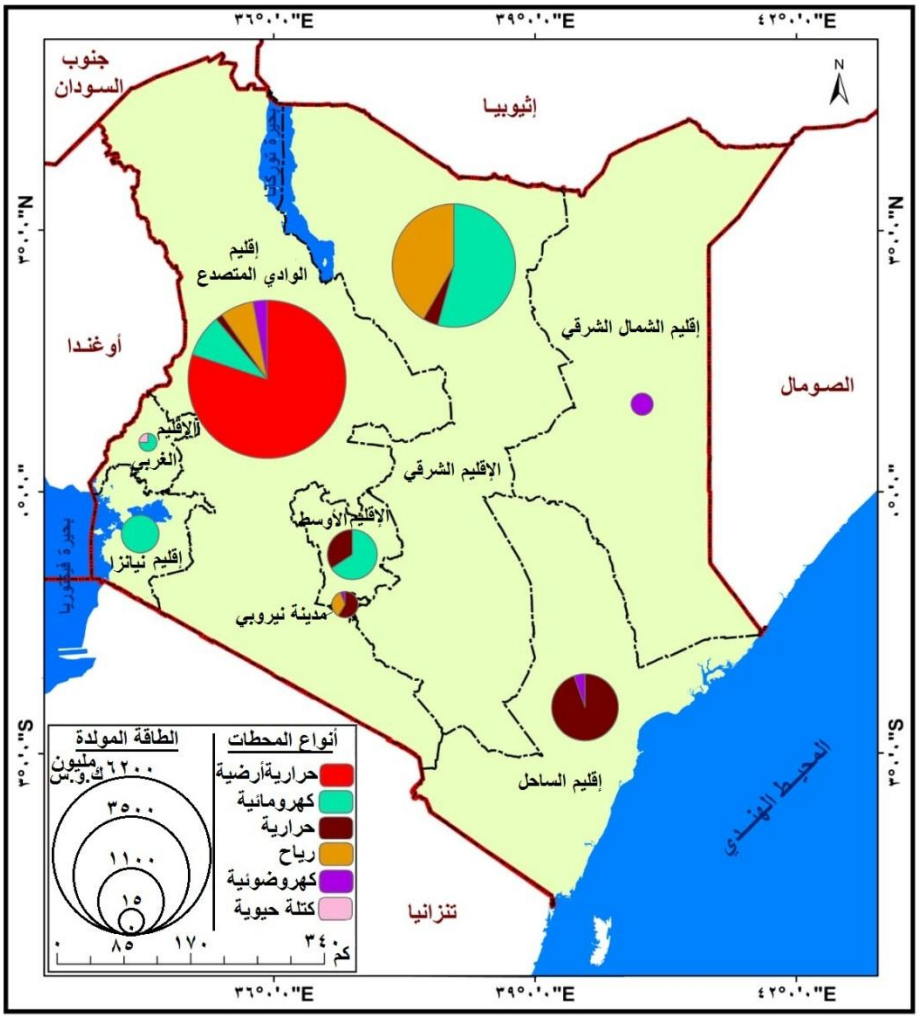
أنواع المحطات / إقليم/ مدينة	الحرارية الأرضية		الكهرو مائية		الحرارية		الرياح		الكهرو ضوئية		الكتلة الحيوية	الإجمالي		(%) من إجمالي الطاقة المولدة بالدولة
	الطاقة المولدة (ك.و.س)	مليون	الطاقة المولدة (ك.و.س)	مليون	الطاقة المولدة (ك.و.س)	مليون	الطاقة المولدة (ك.و.س)	مليون	الطاقة المولدة (ك.و.س)	مليون	الطاقة المولدة (ك.و.س)	الطاقة المولدة (ك.و.س)	مليون	
الشمال الشرقي	–		–		–		–		٨٢,٠		–	٨٢,٠		٠,٧
الساحل	–		–		١٠٤٢,٠		–		٥٤,٠		–	١٠٩٦,٠		٨,٩
الشرقي	–		٢١٩٥,١		١٥١,٠		١٥٧٣,٠		–		–	٣٩١٩,١		٣٢,٠
الأوسط	–		٢٥١,٢		٢١١,٠		–		–		–	٤٦٢,٢		٣,٨
الوادي المتصدع	٤٩٥٢,٠		٥٣٩,٢		٨٨,٠		٤٢٦,٠		١٧٧,٠		–	٦١٨٢,٢		٥٠,٥
الغربي	–		١٥,٠		–		–		–		٠,٤	١٥,٤		٠,١
نيانزا	–		٣٤٩,٥		–		–		–		–	٣٤٩,٥		٢,٩
نيروبي	–		–		٨٦,٠		٥٣,٨		٠,١		–	١٣٩,٩		١,١
إجمالي الدولة	٤٩٥٢,٠		٣٣٥٠,٠		١٥٧٨,٠		٢٠٥٢,٨		٣١٣,١		٠,٤	١٢٢٤٦,٣		١٠٠

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على:

- Kenya Power & Lighting Company (KPlC), Annual Report and Financial Statements 30th June 2022, Nairobi, pp.184-187.

يتضح من تحليل الجدول (٣) والشكل (٥) عدة حقائق أهمها:

- حظي إقليم الوادي المتصدع بنصف كمية الكهرباء المولدة من المحطات المرتبطة في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م، ولا غرو في ذلك فهو أكبر الأقسام الإدارية من حيث عدد محطات التوليد وقدراتها المركبة؛ باعتباره الأكثر في عدد المقاطعات (١٤ مقاطعة)، والأكبر مساحة (٣١,٣% من جملة المساحة) وسكاناً (٢٦,٨% من جملة السكان). وقد هيمنت مصادر الطاقة المتجددة على مزيج الكهرباء المولدة بالإقليم بنسبة ٩٨,٦%، مقابل ١,٤% للتوليد الحراري القائم على الوقود الأحفوري.



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج (Arc GIS V. 10.5) اعتمادًا على: **بيانات جدول(٣).**

شكل(٥) التوزيع الجغرافي للطاقة المولدة من محطات إنتاج الكهرباء المرتبطة بالشبكة الوطنية على مستوى الأقسام الإدارية في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م

- استأثر الإقليم الشرقي بالمرتبة الثانية من حيث إسهامه في كمية الكهرباء الإجمالية المولدة بكينيا، مشاركًا فيها بنحو ٣٢%؛ ومرد ذلك كبر حجم سكانه (ثاني الأقاليم الكينية سكانًا بنسبة ١٤,٣% من جملة السكان)، علاوة على ارتفاع نسبة سكان الحضر بالإقليم لنحو ٥٧,٤%. وشكلت الطاقة الكهرومائية المتجددة ٩٦,١% من مزيج الطاقة المولدة بالإقليم، في حين تقلص نصيب التوليد الحراري إلى ٣,٩% من هذا المزيج.
- حَلَ إقليم الساحل ثالثًا بنسبة ٨,٩% من إجمالي كمية الكهرباء المولدة من المحطات المرتبطة بالشبكة في منطقة الدراسة؛ وهو ما يعود إلى كثرة الأنشطة الصناعية والتجارية بالإقليم، والتي تتركز بالقرب من الميناء الرئيس للدولة (مومباسا)، وليس أدل على ذلك من أن خُمس حجم استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع الصناعي والتجاري كان من نصيب هذا الإقليم عام ٢٠٢٢/٢١م (Kenya Power & Lighting Company, 2022, p.194). وتألف مزيج الطاقة المولدة بالإقليم في جانبه الأكبر (٩٥,١%) من التوليد الحراري، في حين أسهمت الطاقة الكهروضوئية بالنسبة المتبقية وقدرها ٤,٩%.
- يأتي الإقليم الأوسط في المرتبة الرابعة بنسبة ٣,٨% من إجمالي كمية الكهرباء المولدة عام٢٠٢٢/٢١م؛ نتيجة لقربة الجغرافي من مدينة نيروبي عاصمة البلاد، إذ بلغ الحمل الكهربائي الأقصى للمدينة والإقليم معًا في العام نفسه نحو ١٠٠٨ م.و، أي ما يعادل ٤٩% من إجمالي نظيره بمنطقة الدراسة (٢٠٥٧ م.و)، كرد فعل لكثافة الأنشطة التجارية والصناعية. وقد مَثَلَ التوليد المائي ٥٤,٣% من مزيج الكهرباء المولدة بالإقليم الأوسط، فيما شكل التوليد الحراري ٤٥,٧% من هذا المزيج.
- جاء إقليم نيانزا في المرتبة الخامسة من حيث إسهامه في كمية الكهرباء الإجمالية المولدة بـــ ٢,٩%؛ بوصفه ثالث الأقاليم سكانًا (١٣,٢% من جملة سكان كينيا عام٢٠١٩م)، واقتصر إنتاج الكهرباء به على التوليد المائي.

- تراجعت مدينة نيروبي للمرتبة السادسة بنسبة ١,١% من إجمالي كمية الكهرباء المولدة عام٢٠٢٢/٢١م؛ وذلك لصغر القدرات المركبة لمحطات التوليد بالمدينة. وشارك التوليد الحراري بـــ ٦١,٥% من مزيج الطاقة المولدة بها، مقابل ٣٨,٥% للمصادر المتجددة (الرياح، الطاقة الشمسية).
- تَدَنَت نسبة مشاركة إقليمي الشمال الشرقي والغربي في كمية الكهرباء الإجمالية المولدة من المحطات المرتبطة بالشبكة في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م، ليحتلا بذلك المرتبتين السابعة والأخيرة على الترتيب؛ ويعود ذلك إلى صغر القدرات المركبة لمحطات توليد الكهرباء بالإقليمين، وقلة عدد سكان إقليم الشمال الشرقي الذي يُعد أقل الأقاليم الكينية سكاناً، بالإضافة إلى تفوقَ الوقود الحيوي والفحم الخشبي على الكهرباء كمصدر للطاقة بالإقليم الغربي الذي يشكل قاطني الريف غالبية سكانه. وقد خلا الإقليمان من التوليد الحراري للكهرباء تمامًا.
- بلغ معامل الارتباط الجغرافي (بيرسون) بين كمية الكهرباء المولـــدة بالأقســـام الإدارية لمنطقة الدراسة وأعداد سكانها نحو (+ ٠,٨٩)؛ مما يدل علـــى وجـــود علاقة طردية قوية بينهما، فكلما كبر حجم السكان زادت كمية الكهرباء المولدة، والعكس صحيح.

وتَخلُص الدراسة إلى أن محطات إنتاج الكهرباء وقدراتها المركبة فـــي كينيـــا تميل إلى التركز حول العاصمة نيروبي، وساعد على ذلـــك غنـــى هـــذه المنطقـــة بالمصادر المتجددة لإنتاج الطاقة الكهربائية سواءً من حقول حرارية أرضية بمنطقة أولكاريا، أو مساقط مائية طبيعية وصناعية على نهر تانا، أو سرعات عالية للرياح بمنطقتي نجونج وكيبيتو. وأن التوزيع الجغرافي للقدرات المركبة لمحطات الكهرباء والطاقة المولدة منها تحكمه عدة عوامل أبرزها: حجم الســـكان، وكثافـــة الأنشـــطة الصناعية والتجارية، وحجم الطلب على الكهرباء. ويُعد إقليما الـــوادي المتصـــدع والشرقي أكبر الأقسام الإدارية الكينية امتلاكًا للقدرات المركبة لمحطـــات التوليـــد، وأكثرها إنتاجًا للطاقة الكهربائية.

ثالثًا: كفاءة مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا:

تتوقف الكفاءة الإنتاجية أو التشغيلية لمحطات توليد الكهرباء على أنواع هذه المحطات، وأعمارها بالخدمة، والتقنية المُستخدمة في توليد الكهرباء منها، والحمل الأساسي أو الذروي لها. ومن هنا فإن محطات منطقة الدراسة تتفاوت فيما بينها من حيث كفاءتها الإنتاجية على النحو المُبين بالجدول التالي:

جدول (٤) الكفاءة الإنتاجية لمحطات إنتاج الكهرباء على اختلاف أنواعها في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م

البيان / أنواع المحطات	القدرة المركبة (م.و)	القدرة الفعلية (م.و)	القدرة الإنتاجية (م.و)	الكفاءة الإنتاجية (%)[١]
الحرارية الأرضية	٩٥٠,٠	٨٧٨,١	٦٢٥,٦	٦٥,٩
الرياح	٤٣٦,١	٤٢٠,٤	٢٤٠,٣	٥٥,١
الكهرومائية	٨٣٨,٥	٨٠٩,٦	٤٢٥,٣	٥٠,٧
الحرارية	٦٨١,٩	٦٤٥,٤	٢٣١,١	٣٣,٩
الكهروضوئية	١٧٢,٦	١٧٢,٢	٣٥,٥	٢٠,٦
الكتلة الحيوية	٢,٠	١,٨	٠,٣	١٥,٠
الإجمالي	٣٠٨١,١	٢٩٢٧,٥	١٥٥٨,١	٥٠,٦

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على:

- Kenya Power & Lighting Company (KPlC), Annual Report and Financial Statements 30th June 2022, Nairobi, pp.189-192.

يتبين من تحليل الجدول (٤) والشكل (٦) ما يلي:

- انخفضت القدرة الفعلية لمحطات توليد الكهرباء في كينيا عن القدرة المركبة لها عام٢٠٢٢/٢١م بواقع ١٥٣,٦ م.و، أي بنسبة ٥% ؛ وهذا أمر طبيعي ناجم عن

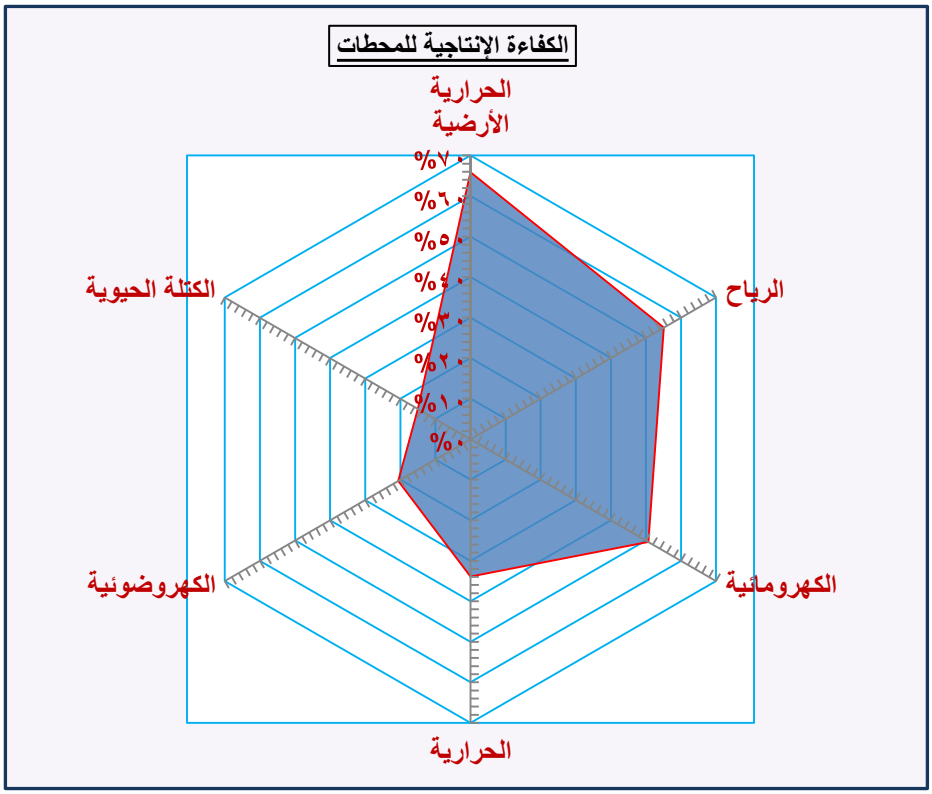
(١) تم حساب الكفاءة الإنتاجية لمحطات إنتاج الكهرباء اعتمادًا على المعادلة التالية:

$$\text{الكفاءة الإنتاجية} = \frac{\text{القدرة الإنتاجية للمحطة (بالميجاوات)}}{\text{القدرة المركبة للمحطة (بالميجاوات)}} \times ١٠٠$$

عن: (سعداوي، ٢٠١٨، ص٢٥٤).

اختلاف العوامل التشغيلية والفنية للمحطات بما تشمله من درجة توافر الوقود ونوعيته بالنسبة للمحطات الحرارية، أو الظروف والمتغيرات البيئية في حالة محطات التوليد من مصادر الطاقة المتجددة. كما انخفضت القدرة الإنتاجية لمحطات الكهرباء الكينية عن القدرة المركبة لها بمقدار ١٥٢٣ م.و، أي بنسبة ٤٩,٤%، أو بمعنى آخر أن متوسط الكفاءة الإنتاجية لهذه المحطات بلغ ٥٠,٦%.

- تُعد محطات توليد الكهرباء من الحرارة الأرضية الأعلى من حيث الكفاءة الإنتاجية بين مختلف محطات الكهرباء الأخرى، وذلك بواقع ٦٥,٩%، وبما يزيد على المتوسط العام لمنطقة الدراسة بنحو ١٥,٣%؛ نتيجة ميزة التوافر التي تحظى بها الطاقة الحرارية الأرضية على مدار السنة، مع درجة أقل من التباين والتقطع، إذ يبلغ العدد المُعادل لساعات التشغيل والتحميل الكامل لمحطات الطاقة الحرارية الأرضية في المتوسط بصفة عامة نحو ٥٩٣٨ ساعة/ سنة من إجمالي ٨٧٦٠ ساعة (عدد ساعات السنة) (Jardas & et al, 2021, p.330).
- بلغت الكفاءة الإنتاجية لمزارع توليد الكهرباء من طاقة الرياح حوالي ٥٥,١%، أي ما يزيد على المتوسط العام لمحطات منطقة الدراسة بـــنحو ٤,٥%؛ ويعزي ذلك لحداثة عُمر مزرعتي رياح بحيرة توركانا (٢٠١٩م) وكيبيتو (٢٠٢١م)، واللتان شكلتا نحو ٩٤% من إجمالي القدرات المركبة لمزارع الرياح الكينية عام٢٠٢٢/٢١م، حيث تُعد حداثة توربينات الرياح من العوامل المهمة في تحديد كفاءة منظومة توليد الكهرباء من طاقة الرياح (مجاهد وآخرون، ٢٠٠٢، ص٢٩١).



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج (Excel2016) اعتمادًا على **بيانات جدول(٤)**.

شكل(٦) الكفاءة الإنتاجية لمحطات إنتاج الكهرباء على اختلاف أنواعها في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م

- تكاد تتساوى الكفاءة الإنتاجية للمحطات الكهرومائية مع المتوسط العام بالدولة، ولا تزيد عليه سوى بنسبة ٠,١%؛ وذلك لأن انخفاض تكلفة توليد الكهرباء من هذه المحطات كان له دور بارز في أن تعمل بصفة مستمرة لمجابهة حمل الأساس، مثلها في ذلك مثل محطات الطاقة الحرارية الأرضية، ومزارع الرياح.
- انخفضت الكفاءة الإنتاجية لكل من: المحطات الحرارية، والكهروضوئية، ومحطات الكتلة الحيوية عن المتوسط العام لمحطات منطقة الدراسة بواقع ١٦,٧% و٣٠% و٣٥,٦% على الترتيب؛ ويرجع انخفاض كفاءة المحطات الحرارية إلى النمو في مزيج الطاقة المتجددة التي أصبحت منافسًا قويًا لها، لاسيما في ظل الارتفاع المستمر لأسعار الوقود الذي تعمل به، مما جعل استخدامها قاصرًا على تغطية أحمال الذروة في أوقات زيادة الطلب فقط، علاوة على تقادم عُمر بعض المحطات مثل: كيبيفو١ (١٩٩٩م)، موهوروني (١٩٩٩م)، إبر أفريكا (٢٠٠٤م). أما المحطات الكهروضوئية؛ فيرجع انخفاض كفاءتها الإنتاجية إلى تأثر توليد الكهرباء منها بالتقلبات الجوية قصيرة المدى بما في ذلك معدلات التغيم والأمطار (Ministry of Energy of Kenya, 2021, p.56)، في حين يعود تدني كفاءة محطة مصنع مومياس لتوليد الكهرباء من الكتلة الحيوية إلى تراجع حجم مخلفات قصب السكر بالمصنع؛ بسبب ضعف إنتاجه.
- بلغ معامل الارتباط الجغرافي بين القدرة المركبة لمحطات توليد الكهرباء الكينية وكفاءتها الإنتاجية نحو (+ ٠,٨٤)؛ مما يشير لوجود علاقة طردية قوية بينهما، فكلما كانت القدرة المركبة للمحطة كبيرة ارتفعت كفاءتها الإنتاجيـــة، والعكـــس صحيح.

ومما سبق يمكن القول بأن محطات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة في كينيا – وتحديدًا الحرارية الأرضية والرياح والمائية – أظهرت موثوقية عالية في كفاءتها الإنتاجية مقارنة بالمحطات الحرارية العاملة بالوقود الأحفوري؛ الأمر الذي أتاح الاعتماد على هذه المصادر بشكلٍ جوهري لتغطية حمل الأساس، وأن تُسهم بنصيب وافر في مزيج الكهرباء المولدة بالبلاد، بجانب دورها في خفض تكاليف الإنتاج، وتقليل انبعاثات الكربون.

رابعًا: اقتصاديات إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا:

تلعب تكلفة إنتاج ك.و.س من محطات الكهرباء المختلفة، وكمية الوفر في الوقود نتيجة استغلال مصادر الطاقة المتجددة دورًا مهمًا في اقتصاديات إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا، وهو ما ستتناوله الدراسة الحالية على النحو التالي:

(١)تكلفة إنتاج (ك.و.س) من الطاقة الكهربائية:

تشتمل تكلفة إنتاج ك.و.س من محطات الكهرباء على تكاليف ثابتة تتمثل في تكلفة إنشاء المحطة، وأخرى متغيرة تشمل الجزء الخاص بتشغيل المحطة مثل: قيمة الوقود، وزيوت التشحيم، وثمن قطع الغيار، وتكاليف الصيانة والعَمرات الدورية، وأجور العاملين. وتتفاوت محطات الكهرباء في كينيا تفاوتًا واضحًا فيما بينها من حيث متوسط تكلفة إنتاج ك.و.س، كما يوضح الجدول التالي:

جدول (٥) تكلفة إنتاج (ك.و.س) من محطات الكهرباء على اختلاف أنواعها في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م

البيان / أنواع المحطات	الطاقة المولدة (مليون ك.و.س)	تكاليف الإنتاج (مليون شلن كيني)	تكلفة إنتاج ك.و.س (شلن/ ك.و.س)[١]
الحرارية	١٦٤٩,٠	٤٥١٥٠,٣	٢٧,٤
الكهروضوئية	٣١٣,٤	٣٨٠٥,٦	١٢,١
الرياح	٢٠٥٢,٨	٢٣٣٩٤,٥	١١,٤
الكتلة الحيوية	٠,٤	٣,٦	٩,٠
الحرارية الأرضية	٤٩٥٢,٠	٣٦٧٨٦,٣	٧,٤
الكهرومائية	٣٣٥٠,٠	١٠٣٥٥,١	٣,١
الإجمالي	١٢٣١٧,٦	١١٩٤٩٥,٤	٩,٧

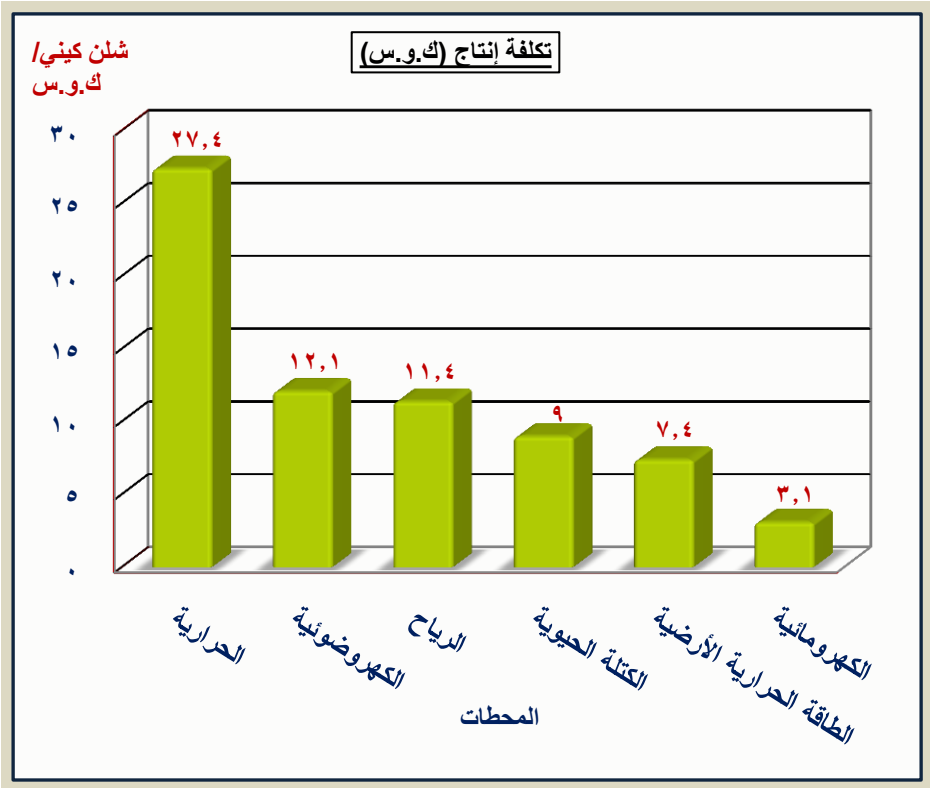
المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على:

- Kenya Power & Lighting Company (KPlC), Annual Report and Financial Statements 30th June 2022, Nairobi, pp.189-192.

(١) حُسِبت تكلفة إنتاج (ك.و.س) من خلال قسمة تكاليف الإنتاج (مليون شلن كيني) على كمية الطاقة المولدة (مليون ك.و.س).

يتضح من تحليل الجدول (٥) والشكل (٧) الحقائق التالية:

- بلغ متوسط تكلفة إنتاج ك.و.س من محطات الكهرباء بأنواعها المختلفة في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م نحو ٩,٧ شلن كيني/ ك.و.س. وتقل تكلفة الإنتاج من المحطات الكهرومائية عن هذا المتوسط بـــ ٦,٦ شلن كيني/ ك.و.س، لتصبح بذلك الأقل في تكلفة الإنتاج؛ نظرًا لما تُحققه هذه المحطات من وفر في قيمة الوقود؛ نتيجة استغلالها الطاقة المائية في توليد الكهرباء، ومن ثم تقتصر تكلفة الإنتاج بها على نفقات الصيانة وأجور العاملين.
- تعتبر محطات الطاقة الحرارية الأرضية ثاني أقل محطات الكهرباء الكينية في تكلفة إنتاج ك.و.س بواقع ٧,٤ شلن كيني/ ك.و.س، وبما يقل عن متوسط التكلفة في منطقة الدراسة بنحو ٢,٣ شلن كيني/ ك.و.س؛ بسبب اعتمادها على مصدر طبيعي متجدد في توليد الكهرباء. وتُمثل تكاليف حفر الآبار لاستخراج الطاقة الحرارية الأرضية حوالي ٣٠ – ٤٠% من إجمالي تكاليف رأس المال المستثمر في إنشاء هذا النوع من المحطات (Nyandigisi, 2020, p.1)، ولذا فإن التكلفة الإنشائية المرتفعة لها، والتي تُوزع على مدار عمرها الافتراضي (٢٥ عامًا)، جعلها تُسهم بجزء كبير من تكلفة ك.و.س المُولد بها.
- تقل تكلفة إنتاج ك.و.س بمحطة مومياس لإنتاج الكهرباء من الكتلة الحيوية عن المتوسط بنحو ٠,٧ شلن كيني/ ك.و.س؛ كنتيجة لاستخدامها مخلفات المصنع من مُصاص القصب في إنتاج البخار، وتشغيل توربينات المحطة.
- سجلت المحطات الحرارية أعلى تكلفة لإنتاج ك.و.س من محطات الكهرباء الكينية بواقع ٢٧,٤ شلن كيني/ ك.و.س، وبزيادة قدرها ١٧,٧ شلن كيني/ ك.و.س على المتوسط؛ ومرد ذلك انخفاض كفاءة هذه النوعية من المحطات، وارتفاع تكلفة الوقود المُستخدم بها في توليد الكهرباء، حيث يُعد نوع الوقود وسعره عاملان أساسيان يؤثران في تكلفة إنتاج الكهرباء منها (شعبان، ٢٠١٠، ص١٦٧). ومما يؤكد ذلك أن تكلفة الوقود شكلت ٦٢,٨% من إجمالي تكلفة إنتاج ك.و.س بالمحطات الحرارية في منطقة الدراسة عام٢٠٢٢/٢١م.



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج (Excel2016) اعتمادًا على **بيانات جدول(٥)**.

شكل(٧) تكلفة إنتاج (ك.و.س) من محطات الكهرباء على اختلاف أنواعها في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م

- ارتفعت تكلفة إنتاج ك.و.س بكل من: مزارع الرياح والمحطات الكهروضوئية بمقدار ٢,٤ و١,٧ شلن كيني/ ك.و.س على التوالي عن متوسط تكلفة الإنتاج بمنطقة الدراسة عام٢٠٢٢/٢١م، وذلك رغم اعتمادهما على مصادر متاحة في الطبيعة لتوليد الكهرباء؛ وهو ما يرجع لحداثة عمـــر مزرعتي رياح توركانا وكيبيتو، ومحطات: جاريسا، كيدات، ماليندي، سيلينكي الكهروضوئية، وارتفاع تكاليفها الإنشائية، علاوة على ارتفاع قيمة الفوائد على القروض المستثمرة في عملية إنشاء هذه المحطات. فعلى سبيل المثال لا الحصر بلغت تكلفة إنشاء مزرعة رياح بحيرة توركانا عام٢٠١٩م حوالي ٦٨٠ مليون دولار أمريكي.

(٢) الوفر في الوقود جراء استغلال مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء

تتسم محطات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة في كينيا بارتفاع جدواها الاقتصادية؛ بسبب انخفاض تكلفة توليد الكهرباء منها، لاعتمادها على مصادر متاحة في الطبيعة. إلا أن هذه المحطات تتباين في كمية ما تُحققه من وفر في الوقود وقيمته، وهو ما يوضحه الجدول الآتي:

جدول (٦) كمية الوفر في الوقود وقيمته بمحطات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م

البيان / أنواع المحطات	الطاقة المولدة (مليون ك.و.س)	كمية الوفر في الوقود (ألف طن مازوت معادل)[١]	قيمة الوفر في الوقود (مليون شلن كيني)[٢]	(%) من إجمالي الوفر في كمية وقيمة الوقود
الحرارية الأرضية	٤٩٥٢,٠	٤٤٢,٧	٨٥١٣٨,١	٤٦,٤
الكهرومائية	٣٣٥٠,٠	٢٩٩,٥	٥٧٥٩٨,٥	٣١,٤
الرياح	٢٠٥٢,٨	١٨٣,٥	٣٥٢٨٩,٩	١٩,٢
الكهروضوئية	٣١٣,٤	٢٨,٠	٥٣٨٤,٨	٢,٩
الكتلة الحيوية	٠,٤	٠,١	١٩,٢	٠,١
الإجمالي	١٠٦٦٨,٦	٩٥٣,٨	١٨٣٤٣٠,٥	١٠٠

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على:

- Kenya Power & Lighting Company (KPlC), Annual Report and Financial Statements 30th June 2022, Nairobi, pp.189-192.

---

(١) تم حساب كمية الوفر في الوقود على اعتبار أن معدل استهلاك الوقود بمحطات إنتاج الكهرباء الحرارية في كينيا بلغ ٨٩,٤ جرام مازوت معادل/ ك.و.س عام ٢٠٢٢/٢١م (Kenya Power & Lighting Company, 2022, p.190-192).

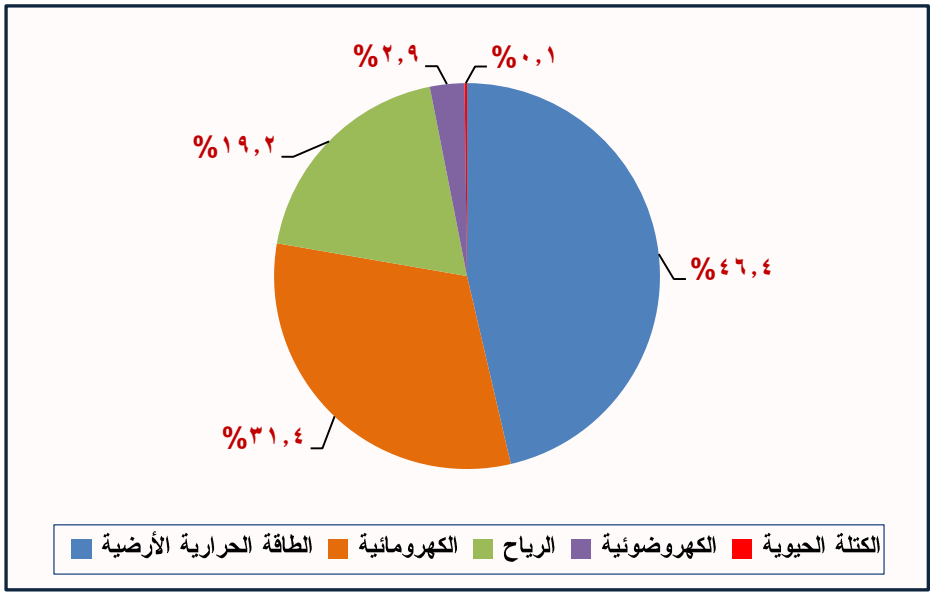
* كمية الوفر في الوقود (طن مازوت معادل) = كمية الكهرباء المولدة من الطاقة المتجددة (ك.و.س) × ٨٩,٤ (جرام مازوت معادل) ÷ ١٠^٦

(٢) تم حساب قيمة الوفر في الوقود باعتبار أن سعر طن المازوت المعادل بلغ ١٩٢٣١٥,٥ شلن كيني عام٢٠٢٢/٢١م (Kenya Power & Lighting Company, 2022).

يُلاحظ من تحليل الجدول (٦) والشكل (٨) ما يلي:

- حققت محطات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة في كينيا وفرًا في كمية الوقود تُقدر بنحو ٩٥٣,٨ ألف طن مازوت معادل، بقيمة ١٨٣٤٣٠,٥ مليون شلن كيني عام٢٠٢٢/٢١م. واستأثرت محطات الطاقة الحرارية الأرضية وحدها بنسبة ٤٦,٤% من إجمالي كمية الوفر في الوقود وقيمته؛ لكبر حجم قدراتها المركبة وكمية الطاقة المولدة منها.
- أسهمت المحطات الكهرومائية ومزارع الرياح معًا بحوالي نصف الوفر في كمية الوقود وقيمته (٥٠,٦%)، بينما نالت المحطات الكهروضوئية نحو ٢,٩% من إجمالي هذا الوفر. أما النسبة المتبقية ومقدارها ٠,١% فكانت من نصيب محطة مومياس لإنتاج الكهرباء من الكتلة الحيوية؛ كرد فعل لصغر قدرتها المركبة، وتدني كمية الكهرباء المولدة منها.
- يتناسب الوفر في كمية الوقود وقيمته طرديًا مع الطاقة المولدة من محطات الكهرباء التي تستخدم مصادر للطاقة المتجددة، إذ بلغ معامل الارتباط الجغرافي بينهما نحو (+ ٠,٩٩)؛ الأمر الذي يعني أن كبر حجم الطاقة المولدة من هذه المحطات يقابله زيادة الوفر في كمية الوقود وقيمته، والعكس صحيح.

وبنهاية العرض السابق لاقتصاديات إنتاج الكهرباء في كينيا يتبين أن تكلفة إنتاج ك.و.س من الكهرباء تتحدد وفقًا لعدد من عناصر التكلفة، فبينما لم تشكل تكاليف إنشاء المحطة، ومصاريف التشغيل والصيانة، وأجور العاملين سوى نسبة ٣٧,٢% من تكلفة التوليد بالمحطات الحرارية، حيث استأثر الوقود بالجانب الأكبر من هذه التكلفة، فإن العناصر ذاتها مثلت نسبة ١٠٠% من تكلفة توليد ك.و.س بالمحطات المُستخدمة لمصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء. كما أن قيمة الوفر في الوقود الذي حققته هذه المحطات أسهمت في خفض تكلفـــة إنتاج ك.و.س بها عن مثيلتها بالمحطات الحرارية، والتي تُصنف بأنها الأعلى في التكلفة.



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج (Excel2016) اعتمادًا على **بيانات جدول(٦).**

شكل(٨) التوزيع النسبي للوفر في كمية الوقود وقيمته بمحطات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م

خامسًا: التحديات التي تواجه منظومة إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا:

تتعرض منظومة إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا لمجموعة من التحديات التي تؤثر سلبًا على كفاءتها، وتقف حجر عثرة أمام تحسين وتطوير معدلات أدائها بالشكل المطلوب، ولعل من أبرز هذه التحديات ما يلي:

(١) عجز قدرات توليد الكهرباء عن سد حاجة الاستهلاك:

تُعاني كينيا من نقص في إمدادات الطاقة الكهربائية، ووجود فجوة بين إنتاج الكهرباء واستهلاكها، ويتم سد هذه الفجوة عن طريق واردات الكهرباء عبر خطوط للربط الإقليمي مع عدد من دول شرق أفريقيا، وذلك من خلال شركة نقل الكهرباء الأوغندية، وشركة تنزانيا لتزويد الكهرباء المحدودة، وشركة الكهرباء الإثيوبية. ويختلف حجم واردات الكهرباء الكينية من عام لآخر تبعًا لحاجة الاستهلاك وكمية الكهرباء المولدة محليًا، وهو ما يبدو جليًا من الجدول التالي:

جدول (٧) تطور واردات الكهرباء الكينية في الفترة (٢٠١٨/١٧-٢٠٢٢/٢١م)

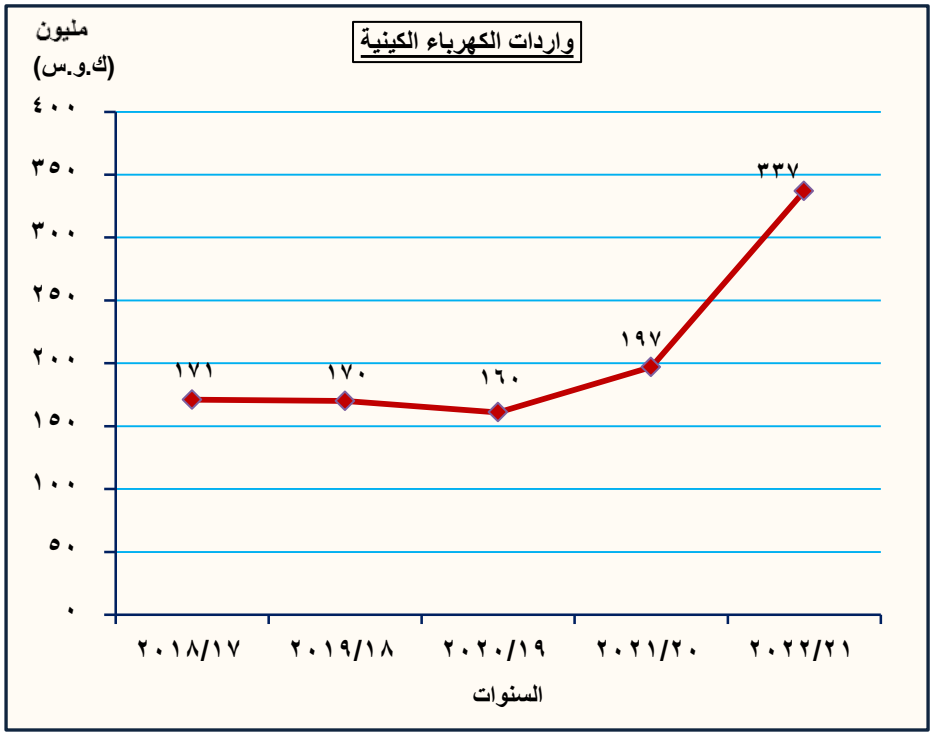
البيان / السنة	الكهرباء المولدة (مليون ك.و.س)	الكهرباء المستهلكة (مليون ك.و.س)	واردات الكهرباء (مليون ك.و.س)	نسبة التغير في واردات الكهرباء (%)
٢٠١٨ /١٧	١٠٥٢٨	١٠٦٩٩	١٧١	-
٢٠١٩ /١٨	١١٣٢٣	١١٤٩٣	١٧٠	٠,٦-
٢٠٢٠ /١٩	١١٣٠٢	١١٤٦٢	١٦٠	٥,٩-
٢٠٢١ /٢٠	١١٩٠٤	١٢١٠١	١٩٧	٢٢,٤
٢٠٢٢ /٢١	١٢٣١٧,٦	١٢٦٥٤,٦	٣٣٧	٧١,١

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على:

- Kenya Power & Lighting Company (KPlC), Annual Report and Financial Statements 30th June 2022, Nairobi, pp.188,189.

يتبين من تحليل الجدول (٧) والشكل (٩) الحقائق التالية:

- بلغت كمية الكهرباء المولدة في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م نحو ١٢٣١٧,٦ مليون ك.و.س، في حين بلغت كمية الكهرباء المستهلكة نحو ١٢٦٥٤,٦ مليون ك.و.س في العام نفسه، والفارق بينهما ٣٣٧ مليون ك.و.س، وهو العجز الذي تم تغطيته من خلال واردات الكهرباء من أوغندا بواقع ٣٣٢ مليون ك.و.س، وإثيوبيا بنحو ٥ ملايين ك.و.س؛ ويعزي هذا العجز إلى تزايد حجم الطلب على الكهرباء بعد تعافي الكثير من القطاعات الاقتصادية الكينية في أعقاب انتهاء أزمة كورونا (COVID-19)، وذلك في الوقت الذي انخفضت فيه كمية الكهرباء المائية المولدة عام ٢٠٢٢/٢١م؛ نتيجة للفيضانات التي تسببت في تراكم الطمي داخل توربينات المحطات الكهرومائية، فضلًا عن تراجع إنتاج محطات الطاقة الحرارية الأرضية؛ بسبب الأعطال الفنية بمحطتي رأس البئر وأولكاريا١.



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج (Excel2016) اعتمادًا على **بيانات جدول(٧)**.

شكل(٩) تطور واردات الكهرباء الكينية في الفترة (٢٠١٨/١٧-٢٠٢٢/٢١م)

- تزايد حجم واردات كينيا من الكهرباء في الفترة (٢٠١٨/١٧-٢٠٢٢/٢١م) بنسبة ٩٧,١%؛ كرد فعل لتنامي الاحتياجات الكهربائية، وزيادة أعداد المشتركين من ٦,٨ مليون مشترك عام٢٠١٨/١٧م إلى ٨,٩ مليون مشترك عام٢٠٢٢/٢١م، وبنسبة زيادة قدرها ٣٠,٩%، وكذلك نمو الحمل الكهربائي الأقصى بمقدار٢٥٥ م.و في الفترة ذاتها (Kenya Power & Lighting Company, 2022, pp.194,200).

وتجدر الإشارة إلى أن قيمة واردات الكهرباء عام٢٠٢٢/٢١م بلغت حوالي ٣٨٨٥,٦ مليون شلن كيني (Kenya Power & Lighting Company, 2022, p.191)؛ مما يعني أن هذه الواردات تُشكل تحديًا اقتصاديًا كبيرًا أمام الحكومة الكينية، نظرًا لما تُمثله من أعباء على موازنتها.

(٢) تحديات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة:

يواجه مزيج إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة بمنطقة الدراسة عدة تحديات أبرزها ما يلي:

أ- **ارتفاع التكلفة الإنشائية للمحطات:** رغم انخفاض تكلفة توليد ك.و.س بمحطات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة؛ فإن تكلفة إنشاء هذه المحطات تعتبر مرتفعة، إذا ما قورنت بمثيلتها في المحطات الحرارية. حيث تبلغ التكلفة الإنشائية لمحطات الكتلة الحيوية بحسب أسعار عام٢٠٢١م حوالي ٤٥٢٥ دولار أمريكي/ك.و.س، و٣٠٨٢ دولار/ك.و.س للمحطات الكهرومائية، و٣٠٧٦ دولار/ك.و.س لمحطات الطاقة الحرارية الأرضية، و١٧٤٨ دولار/ك.و.س للمحطات الكهروضوئية، و١٤١١ دولار/ك.و.س لمزارع الرياح، بينما تنخفض هذه التكلفة لتتراوح بين ٧٨٥,٣ – ١٢٩٤ دولار/ك.و.س بالنسبة للمحطات الحرارية (U.s Energy Information Administration EIA, 2022, p.2).

ومما لاشك فيه أن ارتفاع تكلفة إنشاء محطات إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة في الوقت الحالي يُمثل عائقًا أمام التوسع في مشروعات استغلال هذه المصادر الصديقة للبيئة بمنطقة الدراسة. ومما يزيد الأمر صعوبة أيضًا غياب البنية التحتية التي تدعم قيام مثل هذه المشروعات، وبُعد مواقعها المُثلى عن مسارات شبكة الكهرباء الوطنية.

ب- **معارضة المجتمعات المحلية لإقامة المحطات:** تواجه مشروعات إقامة محطات لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة معارضة من جانب المجتمعات المحلية والقبائل في بعض المناطق الكينية؛ نتيجة رفض سكان هذه المناطق ترك مواطنهم الأصلية، وإعادة توطينهم في مناطق أخرى. وقد نجم عن ذلك تعطُل تنفيذ مشروع مزرعة رياح شركة بحريني بقدرة مركبة ٩٠ م.و في مقاطعة لامو؛ لاعتراض أعضاء مجلس المقاطعة على نزع ملكية الأراضي

اللازمة لإقامة المشروع. كما تأخر إنشاء محطة أولكاريا٤ للطاقة الحرارية الأرضية لعدة سنوات؛ بسبب صعوبة الحصول على الأراضي التي ستقام عليها المحطة بعد معارضة قبائل الماساي بالمنطقة(Business & Human Rights Resource Center, 2022, pp.7,8)، بالإضافة إلى تعرض المحطات الكهروضوئية لسرقة ألواحها الشمسية من جانب السكان المحليين (Ministry of Energy of Kenya, 2018, p.36).

وتكمن خطورة هذه المشكلة في زيادة المخاوف المستقبلية لدى الجهات الدولية المانحة ومنتجي الطاقة المستقلين، ومن ثم احجامهم عن الاستثمار في مشروعات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة بكينيا، بل وسحب استثماراتهم في المشروعات القائمة مثلما حدث في مشروع محطة أولكاريا٤.

ج- **تذبذب إنتاج المحطات الكهرومائية:** سبقت الإشارة عند تحليل بيانات جدول (١) إلى أن السمة السائدة للتوليد المائي للكهرباء هي التذبذب من عام لآخر؛ ارتباطًا بالظروف الهيدرولوجية ومعدلات سقوط الأمطار. ويؤدي هذا التذبذب إلى حدوث أزمات جراء نقص إمدادات الكهرباء في فترات الجفاف، حيث تعاني كينيا من ارتفاع وتيرة انقطاع التيار الكهربي بمعدل يصل إلى ٢٢ ساعة شهريًا وفقًا لأحدث البيانات المتاحة من شركة الكهرباء الكينية عام٢٠١٨/١٧م (Kenya Power & Lighting Company, 2018, p.48). وغني عن البيان أن نقص إمدادات الكهرباء، وتكرار الانقطاعات يتسبب في خسائر فادحة بمختلف قطاعات النشاط الاقتصادي في البلاد.

د- **الافتقار للخبرات الفنية، ونقص البيانات المتعلقة بمصادر الطاقة المتجددة:** لا تتوافر لدى كينيا خبرات فنية مؤهلة للتعامل مع تكنولوجيا استغلال الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء، وليس أدل على ذلك من تكرار الأعطال الفنية ببعض محطات الطاقة الحرارية الأرضية، والتي نتج عنها انخفاض حجم الكهرباء المولدة من هذه المحطات عام٢٠٢٢/٢١م. فيما

يُشكل نقص البيانات المتاحة عن حقول الطاقة الحرارية الأرضية، ونظم الرياح والطاقة الشمسية والكتلة الحيوية تحديًا آخرًا في وجه استغلال هذه الموارد، وتحقيق الاستفادة المُثلى منها في إنتاج كهرباء نظيفة بأسعار مُخفضة.

(٢) تحديات إنتاج الكهرباء الحرارية:

تنحصر تحديات التوليد الحراري للكهرباء بمنطقة الدراسة في انخفاض كفاءة محطاته؛ نظرًا لاستخدامها كاحتياطي طوارئ في تغطية أحمال الذروة، إلى جانب تقادم عُمر بعض هذه المحطات. كما ترتفع تكلفة توليد الكهرباء بالمحطات الحرارية الكينية ارتفاعًا ملحوظًا؛ تأثرًا بأسعار الوقود المُستخدم بها، وذلك في ضوء التزايد المطرد لهذه الأسعار بالأسواق العالمية في أعقاب بوادر الأزمة الروسية الأوكرانية أواخر عام٢٠٢١م. حيث تفتقر كينيا لوجود أي موارد بترولية، وتقوم باستيراد احتياجاتها من الخارج، وهو ما يسهم في إبطاء معدلات النمو الاقتصادي في البلاد بشكلٍ كبير.

وخلاصة القول هناك العديد من التحديات التي تؤثر سلبًا على منظومة إنتاج الكهرباء الكينية، وتُعرقل جهود التوسع نحو الوصول إلى مزيج كامل من الطاقة الكهربائية النظيفة، بما يتناسب مع الإمكانات المتاحة من مصادر الطاقة المتجددة، ويحقق اكتفاء ذاتيًا في إمدادات الكهرباء دون الاعتماد على الواردات الخارجية. وتتنوع تلك التحديات ما بين ارتفاع حجم الاستثمارات في مشروعات التوليد من الطاقة المتجددة، ومعارضة المجتمعات المحلية لإقامة هذه المشروعات، وعدم توافر الدعم اللوجيستي لها من بيانات وخبرات فنية كافية.

سادسًا: مستقبل مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا:

أقرت وزارة الطاقة الكينية خطة مستقبلية قصيرة المدى ترمي إلى زيادة القدرة المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء، وتحسين مزيجها، والمساهمة في خفض انبعاثات الكربون؛ وذلك لضمان توفير إمدادات الطاقة المطلوبة، وزيادة نسبة السكان

المتصلين بالكهرباء، والتي بلغت حوالي ٧٥% عام ٢٠٢٢م (https://www.trade.gov/country-commercial-guides/kenya-energy-electrical-power-systems). ويمكن الوقوف على أبرز ملامح هذه الخطة من خلال الجدول التالي:

جدول (٨) القدرات الكهربائية المركبة المُزمع إضافتها أو استبعادها بكينيا في الفترة (٢٠٢٣/٢٢-٢٠٣٠/٢٩م)

البيان / السنة	القدرة المركبة للمحطات (م.و)						الإجمالي (*)
	الحرارية الأرضية	الكهرو مائية	الحرارية	الرياح	الكهرو ضوئية	الكتلة الحيوية	
٢٠٢٣/٢٢	–	–	١٧٥,٩-	–	١٥٠	٣١	٣٠٨٦,٢
٢٠٢٤/٢٣	–	–	–	٣٩,٩	٣٧,٤	–	٣١٦٣,٥
٢٠٢٥/٢٤	٢٧	١٠,٥	–	–	–	٢٨	٣٢٢٩,٠
٢٠٢٦/٢٥	–	١٩	–	٦١	١٨٤	٣٢	٣٥٢٥,٠
٢٠٢٧/٢٦	١٤٠	١٣	–	–	١٠	٣	٣٦٩١,٠
٢٠٢٨/٢٧	٥١	٨	٢٠٠	٤٤	٤٤	٢٠	٤٠٥٨,٠
٢٠٢٩/٢٨	٨٤	٧	–	٥٠	٣٠	٤١	٤٢٧٠,٠
٢٠٣٠/٢٩	–	١٠٩	٨٨-	٤٠	٨٠	٤٠	٤٤٥١,٠

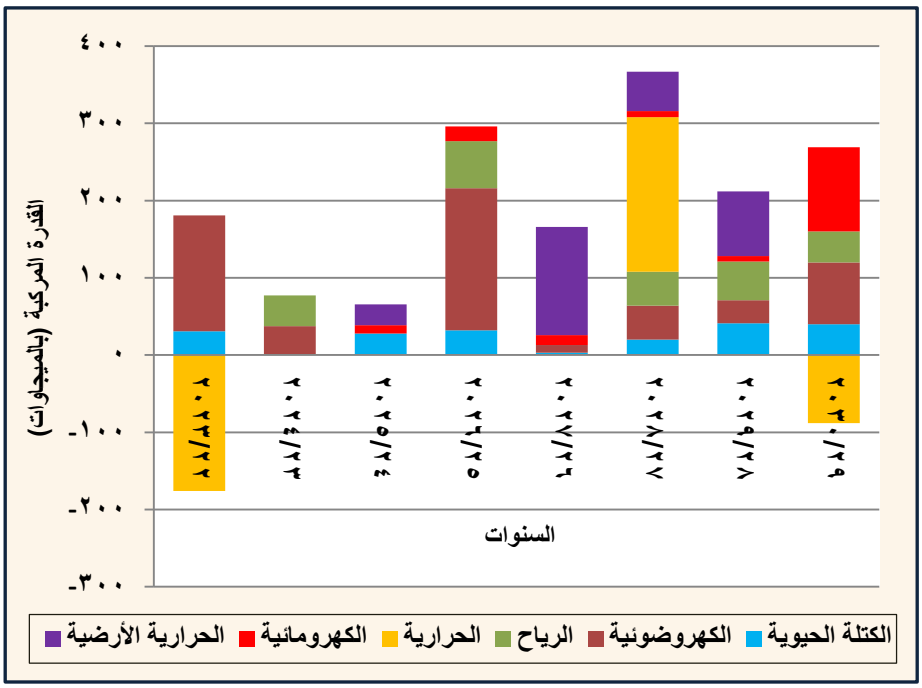
المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على:

- Ministry of Energy of Kenya, Least cost Power Development Plan: 2021-2030, Nairobi, April 2021, p.4.

(*) الإجمالي يشمل مجموع القدرات المركبة المُزمع إضافتها خلال العام مضافًا له إجمالي القدرة المركبة بالعام السابق، علمًا بأن القدرة المركبة عام٢٠٢٢/٢١م بلغت ٣٠٨١,١ م.و.

يتضح من تحليل الجدول (٨) والشكل (١٠) ما يلي:

- من المتوقع نمو القدرة الإجمالية المركبة لإنتاج الكهرباء في كينيا بحلول عام٢٠٣٠/٢٩م لتصل إلى ٤٤٥١ م.و، بزيادة قدرها ١٣٦٩,٩ م.و عما كانت عليه عام٢٠٢٢/٢١م، أي أنها ستتزايد في تلك الفترة بنسبة ٤٤,٥%، وهو ما يتفق إلى حد كبير مع رؤية عام٢٠٣٠م بتحويل كينيا لبلد صناعي.
- سوف تزداد القدرات الكهربائية المركبة من مصادر الطاقة المتجددة مجتمعة بواقع ١٤٣٣,٨ م.و في الفترة (٢٠٢٣/٢٢-٢٠٣٠/٢٩م). بينما ستشهد قدرات التوليد الحراري تناقصًا بمقدار ٦٣,٩ م.و في الفترة ذاتها، وذلك بعد استبعاد حوالي ٢٦٣,٩ م.و من القدرات المركبة لمحطات الديزل ذات الكفاءة الإنتاجية المنخفضة، ومعدلات استهلاك الوقود المرتفعة، وإضافة ٢٠٠ م.و من التوربينات الغازية التي تعمل بالغاز الطبيعي المُسال عام٢٠٢٨/٢٧م. وبناء على ذلك سوف تنخفض نسبة إسهام قدرات التوليد الحراري في مزيج الكهرباء بكينيا عام٢٠٣٠/٢٩م إلى ١٣,٩%، مقابل ٨٦,١% لقدرات التوليد من المصادر المتجددة.
- تحظى القدرات الكهروضوئية بالنصيب الأكبر من القدرات الإجمالية المركبة المزمع إضافتها حتى عام٢٠٣٠م بواقع ٥٣٥,٤ م.و؛ إذ تُقدر إمكانات الطاقة الشمسية في كينيا بحوالي ١٥٠٠ م.و. وقد تعهدت شركات مثل بريويرس المحدودة لكهرباء شرق أفريقيا ببناء عدة محطات كهروضوئية حتى عام٢٠٣٠م بمقاطعات: سامبورو، كيسومو، أوسين جيشو، ناكورو، بقيمة تصل إلى نحو ٢٢ مليار شلن كيني (Njuguna, 2022, p.2).
- تُشارك القدرات الحرارية الأرضية بـــ ٣٠٢ م.و من القدرات الإجمالية المركبة المتوقع إضافتها بحلول عام٢٠٣٠م. وتقع موارد الطاقة الحرارية الأرضية داخل إقليم الوادي المتصدع، وتُقدر إمكاناتها بنحو ١٠ ألاف م.و، وهي موزعة على ١٤ موقعًا، أهمها: لونجونوت، سيلالي، ميننجاي، سيسوا (Ministry of Energy of Kenya, 2021, pp.48-50).



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج (Excel2016) اعتمادًا على **بيانات جدول(٨)**.

شكل(١٠) القدرات الكهربائية المركبة المُزمع إضافتها أو استبعادها بكينيا في الفترة (٢٠٢٣/٢٢-٢٠٣٠/٢٩م)

- تتضمن خطة وزارة الطاقة الكينية إضافة ٢٣٤,٩ م.و من قدرات الرياح، إذ تبلغ الإمكانات المُقدرة لتوليد الكهرباء من طاقة الرياح في كينيا حوالي ٤٦٠٠ م.و (Kehbila & et al, 2021, p.2). وتشمل مشروعات مزارع الرياح المتوقع الانتهاء منها خلال سنوات الخطة مزرعة إيزولو، ومزرعة بحريني بمقاطعة لامو الساحلية، فضلًا عن توسيع وتطوير مزرعة نجونج بمدينة نيروبي.
- تُسهم قدرات توليد الكهرباء من الكتلة الحيوية بنحو ١٩٥ م.و من مجموع القدرات المركبة المتوقع إضافتها بالخطة؛ وهو ما يمثل نسبة ١٠٠% من إمكانات توليد الكهرباء من مصاص القصب بمصانع السكر الكينية التي تتركز بكل من الإقليم الغربي، وإقليم نيانزا.

- تشتمل الخطة على إضافة نحو ١٦٦,٥ م.و من قدرات التوليد المائي للكهرباء إلى القدرة الإجمالية المركبة بحلول عام٢٠٣٠م، حيث تُقدر إمكانات الطاقة الكهرومائية في منطقة الدراسة بحوالي ١٤٨٤ م.و، وتتوزع على خمسة أحواض مائية هي: تانا، فيكتوريا، الوادي المتصدع، آثي، أيواسو نجيرو (Ministry of Energy of Kenya, 2021, p.51). وتقع أفضل المواقع لاستغلال القدرات الكهرومائية في حوض نهر تانا، خاصة في مقاطعات: كيريناجا، ميورانجا، ميرو، ثاراكا نثي.

وبالإضافة لما سلف تتبنى وزارة الطاقة الكينية أيضًا خططًا طويلة المدى، تهدف إلى تنويع وإدخال مصادر جديدة لإنتاج الكهرباء، كالطاقة النووية التي ستصبح في المستقبل منافسًا قويًا للوقود الأحفوري في حالة ارتفاع أسعاره، وذلك على الرغم من ارتفاع تكاليف إنشاء المحطات النووية (بوعاملي، ٢٠٢٠، ص٤٨). هذا ويُنتظر البدء في إنشاء أولى محطات توليد الكهرباء من الطاقة النووية في منطقة الدراسة عام٢٠٣٦م بقدرة مركبة ١٢٠٠ م.و (Kehbila & et al, 2021, p.7)، وذلك في مقاطعة نهر تانا على ساحل المحيط الهندي، وسوف ترتفع قدرة هذه المحطة فيما بعد لنحو ٤٠٠٠ م.و.

وترتيبًا على ما سبق يمكن القول بأن الملامح المستقبلية لمزيج إنتاج الطاقة الكهربائية في كينيا تُنبئ بالمضي قُدُمًا تجاه التوسع في قدرات التوليد المتجددة على حساب التوليد الحراري، وذلك كخطوة نحو تقليل نفقات استيراد الوقود الأحفوري، والمساهمة في الحد من آثار ظاهرة الاحتباس الحراري. كما ترتكز السياسة الوطنية للطاقة في المدى البعيد على إمكانية استغلال موارد طاقية جديدة لتوليد الكهرباء، وفي مقدمتها الطاقة النووية التي تمتاز بضخامة إنتاجها.

نتائج الدراسة:

انتهت الدراسة إلى النتائج التالية:

- ارتبطت البدايات الأولى للكهرباء في كينيا بأغراض الإنارة، وذلك عندما تم إدخالها إلى مدينة نيروبي (العاصمة) عام١٩٠٦م، ثم مدينة مومباسا (الميناء الرئيس) عام١٩٠٨م.
- زادت القدرة المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء والطاقة المولدة منها في كينيا بنسبة ٦٠٩,٩% و٧٢٠,٦% على الترتيب خلال الفترة (١٩٨٠/٧٩-٢٠٢٢/٢١م)؛ وذلك لمجابهة تنامي الطلب على الكهرباء، والمُصاحب لزيادة أعداد السكان، وارتفاع الحمل الكهربائي الأقصى.
- أسهمت مصادر التوليد المتجددة (المائية، الحرارية الأرضية، الشمسية، الرياح، الكتلة الحيوية) بنسبة ٧٧,٩% من القدرة الإجمالية المركبة لمحطات الكهرباء، و٨٦,٦% من إجمالي الطاقة المولدة منها عام٢٠٢٢/٢١م؛ مما يشير إلى هيمنة مصادر الطاقة المتجددة على مزيج إنتاج الكهرباء الكينية.
- يُعد إقليما الوادي المتصدع والشرقي أكبر الأقسام الإدارية الكينية امتلاكًا لقدرات التوليد بواقع ٧٨,١% من القدرة الإجمالية المركبة، وأكثرها إنتاجًا للطاقة الكهربائية بنسبة ٨٢,٥% من إجمالي الطاقة المولدة عام٢٠٢٢/٢١م؛ ويعزى ذلك لكبر حجم سكان الإقليمين، وتنوع مصادر توليد الكهرباء بهما.
- كان لارتفاع الكفاءة الإنتاجية لمحطات الكهرباء الحرارية الأرضية(٦٥,٩%) ومزارع الرياح (٥٥,١%) والكهرومائية (٥٠,٧%) دور مهم في تغطية حمل الأساس بمنطقة الدراسة، بينما اقتصر استخدام محطات الكهرباء الحرارية ذات الكفاءة المنخفضة (٣٣,٩%) على تغطية أحمال الذروة فقط.
- بلغ متوسط تكلفة إنتاج ك.و.س من محطات الكهرباء بمختلف أنواعها في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م نحو ٩,٧ شلن كيني/ ك.و.س. وتعتبر المحطات الحرارية الأعلى في تكلفة الإنتاج بواقع ٢٧,٤ شلن كيني/ ك.و.س؛ نظرًا لارتفاع تكلفة الوقود المُستخدم بها في توليد الكهرباء، والتي شكلت وحدها نحو ٦٢,٨% من إجمالي التكلفة.

- حققت محطات توليد الكهرباء من المصادر المتجددة بمنطقة الدراسة وفرًا في كمية الوقود تُقدر بنحو ٩٥٣,٨ ألف طن مازوت معادل، وبقيمة تعادل حوالي ١٨٣٤٣٠,٥ مليون شلن كيني عام٢٠٢٢/٢١م.
- عجز قدرات توليد الكهرباء عن تغطية حاجة الاستهلاك، والاتجاه سنويًا لسد هذا العجز عبر الواردات الخارجية، والتي بلغت عام٢٠٢٢/٢١م نحو ٣٣٧ مليون ك.و.س، بقيمة ٣٨٨٥,٦ مليون شلن كيني.
- ارتفاع التكاليف الإنشائية لمحطات إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة، وهو ما يُمثل عائقًا أمام التوسع في مشروعات استغلال هذه المصادر.
- معارضة سكان المجتمعات المحلية لمشروعات إنشاء محطات إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة؛ بسبب رفضهم ترك مواطنهم الأصلية، مما ترتب عليه تعطُل تنفيذ الكثير من هذه المشروعات.
- تذبذب كمية الكهرباء المائية المولدة من عام لآخر؛ تأثرًا بالظروف الهيدرولوجية، ومعدلات هطول الأمطار، وما ارتبط بذلك من حدوث أزمات جراء نقص إمدادات الكهرباء في فترات الجفاف، وزيادة انقطاعات التيار.
- افتقار منطقة الدراسة للخبرات الفنية الكافية في مجال استغلال مصادر الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء، إلى جانب نقص البيانات عن هذه المصادر، وهو ما يمثل عائقًا حقيقيًا أمام تحقيق الاستفادة المُثلى منها في إنتاج طاقة كهربائية منخفضة الكربون، وبأسعار مُخفضة.
- وضعت وزارة الطاقة الكينية خطة مستقبلية لزيادة القدرة المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء إلى ٤٤٥١ م.و بحلول عام٢٠٣٠/٢٩م، ويُتوقع أن تُسهم مصادر التوليد المتجددة بـــ ٨٦,١% من إجمالي هذه القدرة في العام نفسه.
- تُخطط وزارة الطاقة الكينية على المدى البعيد لاستخدام الطاقة النووية في توليد الكهرباء بقدرات مركبة يُنتظر أن تصل مستقبلًا لنحو ٤٠٠٠ م.و.

التوصيات:

في ضوء ما سبق من نتائج توصي الدراسة بالآتي:

- تطوير أنظمة الجودة في محطات توليد الكهرباء الكينية بأنواعها المختلفة، وإجراء عمليات الصيانة الدورية لها بصفة مستمرة؛ وذلك لتجنب حدوث الأعطال الفنية، وتحقيق أعلى كفاءة إنتاجية لهذه المحطات.
- إدخال تكنولوجيا الضخ والتخزين، وهي إحدى طرق التوليد المائي؛ بغرض استغلال الكهرباء المولدة من المحطات الكهروضوئية في أوقات الإنتاج المرتفع والطلب المنخفض، والاستفادة منها في عملية ضخ المياه لخزانات مقامة في مناطق مرتفعة، ثم تمرير المياه إلى خزانات أخرى مقامة على منسوب منخفض عبر توربينات لتوليد الكهرباء في أوقات زيادة الطلب (الذروة). وتُسهم هذه التكنولوجيا بشكلٍ كبيرٍ في التغلب على طبيعة التوليد الكهروضوئي المتقطع التي تخضع للتقلبات الجوية اليومية، فضلًا عن دورها في تقليل استخدام وحدات الديزل كاحتياطي طوارئ أثناء الذروة.
- التفكير في إقامة مزارع بحرية للرياح قبالة سواحل كينيا على المحيط الهندي، والاستفادة من سرعات الرياح العالية فوق مياه المحيط في زيادة قدرات توليد الكهرباء المركبة بإقليم الساحل.
- التركيز على مراعاة حقوق السكان المحليين ونمط حياتهم، ومنحهم التعويضات المناسبة عند إعادة توطينهم خارج مواطنهم الأصلية التي وقع عليها الاختيار لإقامة مشروعات لتوليد الكهرباء من الطاقات المتجددة.
- البحث عن آلية لتقليل مخاطر الاعتماد على المحطات الكهرومائية ذات الإنتاج المتذبذب، وتخفيف حدة موجات الجفاف، وذلك من خلال تحسين مزيج إنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة الأخرى كالطاقة الحرارية الأرضية، والشمسية، والرياح، والكتلة الحيوية.

- توفير بيئة مواتية لجذب الاستثمارات في قطاع الطاقة الكهربائية، وتشجيع الشراكة بين الحكومة الكينية وشركات القطاع الخاص في إنشاء وتطوير محطات توليد الكهرباء، وتوفير البنية التحتية اللازمة لها.
- تقديم المزيد من الحوافز الضريبية والائتمانية لمصانع السكر والشاي وغيرها من المصانع التي ينجم عن عمليات التصنيع بها كميات كبيرة من المخلفات العضوية؛ وذلك من أجل الاستفادة من هذه المخلفات في توليد الكهرباء، ودعم قدرات شبكة الكهرباء الوطنية في كينيا.
- الاستعانة بالخبرات الدولية الرائدة في توفير البيانات والمعلومات المتعلقة بإنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة، وكذلك في تطوير وتدريب الموارد البشرية؛ لإيجاد كوادر وطنية وخبرات فنية قادرة على العمل في هذا المجال.
- إتاحة دليل للمستثمرين خاص بموارد الطاقة المتجددة في كينيا، يحتوي على كافة البيانات والخرائط والمواقع المُثلى لاستغلال هذه الموارد في مشروعات إنتاج الكهرباء.
- الإيقاف التدريجي لمحطات الديزل ذات الاستهلاك العالي من الوقود، والعمل على استبدالها بمحطات تعمل بنظام الدورة المُركبة، والتي تستخدم الغاز الطبيعي الأقل سعرًا من زيت الديزل؛ مما يؤدي إلى خفض تكلفة إنتاج ك.و.س.
- سرعة الانتهاء من الدراسات الخاصة بإقامة المحطة النووية في مقاطعة نهر تانا، وتعزيز التعاون بين الحكومة الكينية من جهة، والوكالة الدولية للطاقة الذرية، والدول التي لديها تجارب ناجحة في هذا المجال من جهة أخرى.
- البحث عن طرق غير تقليدية لتمويل مشروعات إنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة ذات التكلفة الإنشائية المرتفعة، ولعل من أبرز هذه الطرق الحصول على أرباح ائتمان الكربون، والمتمثلة في استقطاب وكالات الطاقة الدولية والدول الصناعية لتمويل مشروعات الطاقة النظيفة في البلدان النامية؛ للمساهمة في الحد من انبعاثات الكربون.

قائمة الملاحق

ملحق (١)

التوزيع الجغرافي للمساحة الكلية عام٢٠٢٢م، وأعداد سكان الريف والحضر بالأقسام الإدارية لكينيا طبقًا لنتائج تعداد عام٢٠١٩م

البيان / إقليم/ مدينة	المساحة الكلية (كم٢)	(%) من مساحة الدولة الكلية	أعداد السكان (نسمة)		جملة أعداد السكان (نسمة)	(%) من سكان الدولة
			ريف	حضر		
الشمالي الشرقي	١٢٦٢٢٦	٢١,٣	٨٦٢٠٤٨	١٦٢٨٠٢٥	٢٤٩٠٠٧٣	٥,٢
الساحل	٨٣٣٦٤	١٤,١	٢٣٩٢٨٤٣	١٩٣٦٦٣١	٤٣٢٩٤٧٤	٩,١
الشرقي	١٥٨٤٣٧	٢٦,٨	٢٩٠٧٩٩٢	٣٩١٣٠٥٧	٦٨٢١٠٤٩	١٤,٣
الأوسط	١٣١٧٧	٢,٢	٣٣٠٣٨٩٥	٢١٧٨٣٤٤	٥٤٨٢٢٣٩	١١,٥
الوادي المتصدع	١٨٥٢٤٥	٣١,٣	٩٦٦٩٧٥٥	٣٠٨٣٢١١	١٢٧٥٢٩٦٦	٢٦,٨
الغربي	٨٤٤٩	١,٤	٤٤٧٤١٥٦	٥٤٧٦٨٧	٥٠٢١٨٤٣	١٠,٦
نيانزا	١٦٣٦٦	٢,٨	٥٢٦٤٤١٥	١٠٠٥١٦٤	٦٢٦٩٥٧٩	١٣,٢
نيروبي	٧٠٧	٠,١	–	٤٣٩٧٠٧٣	٤٣٩٧٠٧٣	٩,٣
كينيا	٥٩١٩٧١	١٠٠	٢٨٨٧٥١٠٤	١٨٦٨٩١٩٢	٤٧٥٦٤٢٩٦	١٠٠

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على:

- Kenya National Bureau of Statistics, Kenya Population & Housing Census 2019: Distribution of Population by Administrative Units, Vol. II, Nairobi, December 2019, pp. 12,13.
- Kenya National Bureau of Statistics, Kenya Statistical Abstract 2022, Nairobi. 2022, p.4.

ملحق (٢)

القدرات المركبة والإنتاجية لمحطات الكهرباء والطاقة المولدة منها في كينيا عام٢٠٢٢/٢١م

البيان / المحطات	القدرة المركبة (م.و)	القدرة الإنتاجية (م.و)	الطاقة المولدة (مليون ك.و.س)
أولكاريا ١	٢٨١,٩	١٣٨,٠	١٠٩١,٠
أولكاريا٢	١٠٥,٠	٥٩,٣	٤٨٨,٠
أولكاريا٣	١٧٢,٣	١٤١,٢	١٠٦٦,٠
أولكاريا٤	١٤٩,٩	١٣١,٠	١٠٠٧,٠
أور باور	١٥٠,٠	١١٥,٥	٩٧٦,٠
رأس البئر	٨٨,٥	٤٠,٢	٣٢٠,٠
إيبورو	٢,٤	٠,٤	٤,٠
جملة المحطات الحرارية الأرضية	٩٥٠,٠	٦٢٥,٦	٤٩٥٢,٠
نجونج	٢٦,١	٥,٣	٥٣,٨
توركانا	٣١٠,٠	١٨٦,٠	١٥٧٣,٠
كيبيتو	١٠٠,٠	٤٩,٠	٤٢٦,٠
جملة مزارع الرياح	٤٣٦,١	٢٤٠,٣	٢٠٥٢,٨
مصنع سكر مومياس	٢,٠	٠,٣	٠,٤
جملة محطات الكتلة الحيوية	٢,٠	٠,٣	٠,٤
جامعة ستراسمور	٠,٣	٠,٠١	٠,١
سلينيكي	٤٠,٠	١٠,٠	٨٩,٠
كيدات	٤٠,٠	١٠,٠	٨٨,٠
ماليندي	٤٠,٠	٦,٠	٥٤,٠
جاريسا	٥٠,٠	٩,٥	٨٢,٠
محطات أخرى خارج الشبكة	٢,٣	٠,٠١	٠,٣
جملة المحطات الكهروضوئية	١٧٢,٦	٣٥,٥	٣١٣,٤
تانا	٢٥,٧		٨٧,٠
ماسينجا	٤١,٢		١٥٤,٠
كامبورو	٩٤,٢		٣٦٨,٠
جيتارو	٢٢٥,٠		٧٠٩,٠
كينداروما	٧٢,٠		١٦٥,٠

تابع ملحق (٢)

البيان / المحطات	القدرة المركبة (م.و)	القدرة الإنتاجية (م.و)	الطاقة المولدة (مليون ك.و.س)
كيامبير	١٦٨,٠	٤٠٤,٣	٧٩٦,٠
توركويل	١٠٦,٠		٥٣٩,٠
سوندي ميرو	٦٠,٧		٣٣٩,٠
سانجورا	٢١,٢		١١٠,٠
إمنتي	٠,٣	٠,٠١٨	٠,٢
جيكيرا	٠,٥	٠,١	٠,٩
ريجين	٥,٠	١,٧٥	١٥,٠
جورا	٢,٨	١,٢٦	٢٠,٠
ميتيم	٣,٦	١,١١	٩,٩
كيانثومبي	٠,٥	٠,٢	٢,٠
الصينية	٠,٥	٠,٠٦٥	١,٠
محطات أخرى صغيرة (جوجو، سوسياني، ندولا، وانجي، ميسكو، ساجانا)	١١,٣	٣,٩	٣٤,٠
جملة المحطات الكهرومائية	٨٣٨,٥	٤٢٥,٣	٣٣٥٠,٠
كيبيفو١	٧٣,٥	٢٣,٢	١٤١,٠
كيبيفو٢	١٢٠,٠	٥٣,٥	٣٩٩,٠
موهوروني	٦٠,٠	٥,٨	٨٨,٠
إبر أفريكا	٥٢,٥	١٠,٠	٨٦,٠
راباي	٩٠,٠	٦٨,٤	٥٠٢,٠
ثيكا	٨٧,٠	٢٨,٧	٢١١,٠
الخليج	٨٠,٣	١١,٢	٨١,٠
تريمف	٨٣,٠	٩,١	٧٠,٠
وحدات ديزل خارج الشبكة	٣٥,٦	٢١,٢	٧١,٠
جملة المحطات الحرارية	٦٨١,٩	٢٣١,١	١٦٤٩,٠
إجمالي الدولة	٣٠٨١,١	١٥٥٨,١	١٢٣١٧,٦

المصدر:

- Kenya Power & Lighting Company (KPlC), Annual Report and Financial Statements 30th June 2022, Nairobi, pp.189-192.

قائمة المصادر والمراجع

أولًا: المراجع العربية:

١- الديب، محمد محمود (١٩٩٣م): الطاقة في مصر (دراسة تحليلية في اقتصاديات المكان)، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة.

٢- الزوكه، محمد خميس (٢٠٠١م): جغرافية الطاقة (مصادر الطاقة بين الواقع والمأمول)، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

٣- بوعاملي، ياسين (ديسمبر٢٠٢٠م): المكانة المستقبلية للكهرباء النووية ضمن المزيج الطاقوي العالمي، مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة عبدالحميد مهري، المجلد٢٦، العدد٢، قسنطينة، الجزائر.

٤- سعداوي، ماهر حامد (يناير٢٠١٨م): كفاءة الطاقة الكهربائية في السودان (دراسة في الجغرافيا الاقتصادية)، مجلة الدراسات الأفريقية، كلية الدراسات الأفريقية العليا– جامعة القاهرة، المجلد٤٠، العدد٤٣، القاهرة.

٥- شاوهان، وسريفاستافا، (ترجمة) محمود، عاطف يوسف (٢٠١٢م): مصادر الطاقة غير التقليدية، الطبعة الأولى، رقم (١٨٣٢)، المركز القومي للترجمة، القاهرة.

٦- شعبان، فاتح شعبان (٢٠١٠م): جغرافية الطاقة الكهربائية في سورية ودورها في التنمية الإقليمية (دراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS)، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا – كلية الآداب، جامعة عين شمس.

٧- عبده، سعيد (١٩٩٩م): جغرافية الطاقة (مفهومها ومجالها ومناهجها)، المجلة الجغرافية العربية، السنة٣١، العدد٣٤، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.

٨- مجاهد، محمد منير، وآخرون (٢٠٠٢م): مصادر الطاقة في مصر وآفاق تنميتها، المكتبة الأكاديمية، القاهرة.

ثانيًا: المصادر والمراجع غير العربية:

1- African Development Bank (December 2011): "Lake Turkana Wind Power Project (Kenya), Executive Summary of the Environmental and Social Assessment", Abidjan.
2- Agnieszka, H., (2019): "Wind energy in Kenya: A status and policy framework review", Renewable and Sustainable Energy Reviews -107, Elsevier Ltd, Amsterdam.
3- Bp Statistical Review of World Energy (2022): The Statistical Review of World Energy Analyses Data on World Energy Markets, 71st edition London.
4- Business & Human Rights Resource Center (June 2022): "Fast and fair renewable energy for Africa", London.
5- Energy & Petroleum Regulatory Authority (EPRA) (2023): "Energy and petroleum statistics report: For the Financial Year ended 30th June 2022", Nairobi.
6- https://www.trade.gov/country-commercial-guides/kenya-energy-electrical-power-systems.
7- Jardas, D., & et al (2021): "Factors affecting the cost of electricity from geothermal power plants", XVIII International Scientific Conference, 8 – 11 September, Varna, Bulgaria.
8- Kehbila, A.,& et al (July 2021): "Assessing transition pathways to low-carbon electricity generation in Kenya: A hybrid approach using back casting, socio-technical scenarios and energy system modeling", Renewable and Sustainable Energy Transition -1, Elsevier Ltd, Amsterdam.
9- Kenya National Bureau of Statistics (December 2019): "Kenya Population & Housing Census 2019: Distribution of Population by Administrative Units", Vol. II, Nairobi.
10- ——————— (2022): "Kenya Statistical Abstract 2022", Nairobi.
11- Kenya Power & Lighting Company (KPlC) (Different Years): Annual Report and Financial Statements from 1980 to 2022, Nairobi.
12- ——————— (2022): Shape File location of Power Stations in Kenya, Nairobi.
13- International Renewable Energy Agency & African Development Bank (2022): " Renewable Energy Market Analysis: Africa & Its Regions", Abidjan.

14- Ministry of Energy of Kenya (2021): "Bioenergy Strategy: 2020-2027", Nairobi.
15- Ministry of Energy of Kenya (April 2021): " Least cost Power Development Plan: 2021-2030", Nairobi.
16- ——————— (October 2018): National Energy Policy, Nairobi.
17- Ministry of Water Development (July 1992): "The national water master plan, power development plan", Nairobi.
18- Monkhouse, F., & Wilkinson, H., (1971): Maps and Diagrams " Their Compilation and Construction", Third edition, Methuen, Co Ltd, London.
19- Nath, A.,& et al (February 2019): "Electric Power Generation-Mix for Bangladesh & Its Future", International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering , 7-9 February 2019, Cox's Bazar, Bangladesh.
20- Njuguna, I., (August 2022): "Solar Energy in Kenya", Available at link: https://www.researchgate.net/
21- Nyandigisi, J., (2020): "Geothermal Wells Productivity Controls Case Study of Wells Drilled in the Greater Olkaria Geothermal Area - Kenya", Proceedings, 8th African Rift Geothermal Conference, 2 – 8 November, Nairobi.
22- Pacifica, F., (April 2010): "Geothermal Energy, Climate Change and Gender in Kenya", Proceedings World Geothermal Congress, 25-29 April 2010, Bali, Indonesia.
23- Silas, M., (May 2010): "Status of geothermal exploration in Kenya and future plans for its development", Kenya Electricity Generating Company Ltd (Ken Gen), Naivasha.
24- The International Bank for Reconstruction &Development (June 2012): "Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation", technical report 2/12, Energy Sector Management Assistance Program, Washington.
25- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (April 2022): "Kenya: Administrative Division with Aggregated Population", The Humanitarian Data Exchange.
26- U.s Energy Information Administration "EIA" (March 2022): "Cost and Performance Characteristics of New Generating Technologies", Annual Energy Outlook 2022, Washington.