 **جامعـة ذمار**

**نيابة الدراسات العـليا والبحث العلمي**

**كلـية الآداب**

قسم الجغرافــيا

**الإشعاع الشمسي والرياح ودورهما في إنتاج الطاقة في الجمهورية اليمنية**

دراسة في الجغرافيا الاقتصادية

**رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في الآداب من قسم الجغرافيا**

**إعداد**

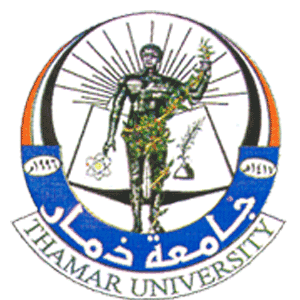
**مقبل محمد علي الحياسي**

**إشراف الأستاذ الدكتور/**

**مارش أحمد سعيد العديني**

**أستاذ الجغرافيا الاقتصادية بالكلية**

**رمضان 1432هـ أغسطس 2011 م**

Dhmar University

Faculty of Arts

Department of Geography

**Solar Radiation, Wind, and their role in energy production in the Republic of Yemen**

**Study Of Economic Geography**

A Thesis submitted to the Department of Geography, Faculty of Arts to fulfill the Partial requirements of Masters Degree in Geography

BY

**Mokbel Mohammad Ali Al-hyasy**

Supervised by

**prof. Maresh Ahmed Saeed Al-OdainY**

1432 2011

**مستخلص الدراسة**

تبرز أهمية هذه الدراسة من موضوعها المتمثل في دراسة الطاقة المتجددة (الإشعاع الشمسي والرياح ) من منظور جغرافي كونه فرع من فروع الجغرافية الاقتصادية, ولم يتم بحثه حتى اليوم في الجمهورية اليمنية.

هدفت هذه الدراسة إلى إيجاد معالجات لمشكلة نقص الطاقة الكهربائية في الجمهورية اليمنية عن طريق إظهار إمكانية توليد الكهرباء بمصادر الطاقة المتجددة والمتمثلة بطاقتي الإشعاع الشمسي والرياح وما يمكن توليده بواسطتهما عن طريق الخلايا الشمسية وتربينات الرياح, واعتمدت على المنهج التاريخي في دراسة مصادر الطاقة في الجمهورية اليمنية (النفط والغاز والكهرباء) والمنهج الوصفي التحليلي الذي يقوم على وصف البيانات المناخية الخاصة بالدراسة وتحليلها واستخدام المنهج الكمي والأساليب الرياضية والكارتوغرافية في مناقشة إمكانية توليدها عن طريق تقسيم الجمهورية اليمنية إلى أربعة أقاليم جغرافية ومع تحليل أثر العوامل الجغرافية في الإشعاع الشمسي والرياح بغرض عمل خارطة تحتوي على أفضل الأماكن لإنشاء المزارع الخاصة بتوليد الطاقة سواء الشمسية أو الريحية.

وتكونت الدراسة من خمسة فصول قسمت إلى عشرة مباحث, وتضمن الفصل الأول مبحثين الأول يحتوي على المنهجية العلمية للدراسة والثاني خصص للإطار النظري, أما الفصل الثاني فقد تناول مفهوم الإشعاع الشمسي والرياح والعوامل المؤثرة فيهما وقسم إلى مبحثين الأول تناول مفهوم الإشعاع الشمسي والعوامل المؤثرة فيه ورتبت على درجة تأثيرها و الثاني مفهوم الرياح والعوامل المؤثرة فيها ورتبت بحسب التأثير أيضا, أما الفصل الثالث فقد خصص مبحثه الأول للتوزيع الجغرافي للإشعاع الشمسي ومبحثه الثاني للتوزيع الجغرافي لحركة الرياح، كونهما القاعدة الأساس التي عليها يمكن معرفة مدى إمكانية التوليد, وفي الفصل الرابع تم في المبحث الأول تناول التحليل الجغرافي لإمكانية توليد الطاقة من الإشعاع الشمسي وفي المبحث الثاني تناول إمكانية توليد الطاقة من الرياح ومعرفة جدواهما الاقتصادية، في الفصل الخامس تناولت الدراسة واقع ومستقبل الكهرباء في الجمهورية اليمنية، واستعراض نصيب الفرد في الجمهورية اليمنية ومقارنته بنصيب الفرد العالمي وبعض الدول، ثم تناولت في المبحث الثاني الاستخدامات المستقبلية للطاقة الشمسية والريحية، واختتمت الدراسة بأهم النتائج والمقترحات التي يمكن الاستفادة منها في المستقبل , إضافة إلى عدد من الملاحق المهمة.

**Abstract study**

This study highlights the importance of its object of study of renewable energy (solar radiation and wind) from a geographic perspective as a branch of economic geography, not be considered until today in the Republic of Yemen . .  
 This study aimed at finding treatments for the problem of lack of power in the Republic of Yemen by showing the possibility of electricity generation to renewable energy sources and of my solar radiation, wind, and what can be generated through them by solar cells and wind turbines, and adopted the historical method in the study of energy sources in the Republic of Yemen ( oil, gas and electricity) and the analytical descriptive method which is based on the description of climate data for the study, analysis and use the curriculum quantitative and mathematical methods and Alcartograveh to discuss the possibility generated by dividing Yemen into four geographic regions and with analysis of the impact of geographic factors in solar radiation and wind to the work of a map containing the best places for the establishment of private farms generate energy, either solar or wind. .  
 And formed the study of five chapters divided into ten Investigation, and included the first chapter Mbgesan the first contains a scientific methodology of the study and the second devoted to the theoretical framework, while the second chapter the concept of solar radiation, wind, and the factors affecting the two and a section to Mbgesan first the concept of solar radiation and factors affecting it and arranged to degree of impact and the second is the concept of wind and the factors influencing them and arranged according to impact as well, The third chapter is devoted Mbgesh the first of the geographical distribution of solar radiation and Mbgesh second for the geographical distribution of wind movement, being the fundamental basis on which can determine the feasibility of generating, in the fourth quarter was the first topic address the geographical analysis of the possibility of generating energy from solar radiation and in the second topic covered the possibility of generating energy from the wind and see Jdoihama economic, in Chapter V dealt with the study and the reality and the future of electricity in the Republic of Yemen, and the review of per capita in the Republic of Yemen and its comparison with per capita world and some countries, and then dealt with in the second part, future use of solar and wind, the study concluded the most important findings and proposals that can be used in the future, in addition to a number of appendices task.

**مدخل:**

حظيت مصادر الطاقة باهتمام الكثير من الباحثين ويعود ذلك لأهمية الدور الذي تقدمه للإنسان في جميع مجالات الحياة، ولقد أصبح في الوقت الحاضر قياس مدى تقدم الدول اقتصادياً واجتماعياً بما تنتجه وتستهلكه من طاقة، لذلك تعمل كثير من الدول على التعرف على مصادر الطاقة المتاحة فيها بهدف التخطيط لتوفير حاجاتها من الطاقة.

وتهتم الجغرافية الاقتصادية بحصر جميع الموارد الاقتصادية (الطبيعية والبشرية) ، وأهمها مصادر الطاقة وذلك من خلال حصر جميع بيانات كل عنصر سواء كان مصدراً ناضباً أو متجدداً وتوزيعه الجغرافي، ولذلك ظهرت جغرافية الطاقة[[1]](#footnote-1)(\*) التي تدرس التوزيع الجغرافي لتلك المصادر وتحديد مدى جدواها الاقتصادية حيث تعد هذه البيانات العمود الفقري لعمليات التخطيط والتنمية الشاملة في جميع المجالات الاقتصادية والاجتماعية.

ونظرا لهذه الأهمية فإن جميع دول العالم تقوم بإجراء مسوحات لهذه المصادر وتضع البرامج الأساسية لتنفيذها بما يلبي حاجاتها في توفير قاعدة معلوماتية عن هذه المصادر وخصائصها وتوزيعها الجغرافي ومن ثم معرفة أيها أكثر جدوى من الناحية الاقتصادية لسد حاجاتها من الطاقة.

ويهدف هذا الفصل إلى تحديد المنهجية العلمية للدراسة والى التعريف بمفهوم الطاقة وأنواعها ومعرفة ما يعنيه كل نوع من أنواع الطاقة واستعراض تطور احتياطي وإنتاج واستهلاك الطاقة في الجمهورية اليمنية، وينقسم إلى مبحثين هما:

1. منهجية الدراسة
2. الإطار النظري للدراسة

**المبحث الأول: منهجية الدراسة**

**المقدمة**

تزداد أهمية الطاقة في العالم يوماً بعد يوم تبعاً لتعدد وتزايد مجالات استعمالاتها وارتفاع حاجة الإنسان إليها, لذا فان الطاقة أصبحت تشكل عنصراً هاماً تترتب عليه تقدم الشعوب.

ولقد حظي الوطن العربي (من الله سبحانه وتعالى) بنعمة كبرى, حيث يختزن وينتج الجزء الأعظم من الطاقة التقليدية المستخدمة في العالم والمتمثلة بالنفط و الغاز الطبيعي, وعلى الرغم من ذلك فإن إنتاج الوطن العربي من الطاقة الكهربائية منخفض جداً بالنسبة لحجم سكانه, وترتب على ذلك انخفاض متوسط نصيب الفرد والذي يعادل فقط 45% من متوسط نصيب الفرد العالمي , وهنالك تفاوت كبير في نصيب الفرد من دولة عربية لأخرى, فالدول النفطية صاحبة النصيب الأكبر, ولا شك بان العلاقة ايجابية بين الطاقة المنتجة والمستخدمة في أي بلد وبين التنمية الاقتصادية فيه[[2]](#footnote-2)(1) وعليه فإن مصادر الطاقة المتجددة ستكون في المستقبل القريب من أهم مصادر الطاقة[[3]](#footnote-3)(2)، لذلك فإن القضية الرئيسة التي تدور حولها الدراسة هي مصادر الطاقة البديلة (الإشعاع الشمسي والرياح) في الجمهورية اليمنية, فالإشعاع الشمسي يعد المصدر الوحيد للطاقة المسئولة عن جميع العمليات في الغلاف الجوي [[4]](#footnote-4)(3)، فالشمس هي أكبر مصادر الطاقة الدائمة للأرض[[5]](#footnote-5)(\*)، فقد بلغ إجمالي الطاقة التي تستقبلها الأرض من الشمس 170ترليون كيلووات في اليوم، وهي كمية تعادل أكثر من 500 مره الطاقة المنتجة من جميع المصادر المعروفة للطاقة على سطح الأرض[[6]](#footnote-6)(4) وقد برزت في الآونة الأخيرة من هذا القرن الاهتمامات الواسعة بالإشعاع الشمسي كأهم بدائل الطاقة، غير أنها تكاد تقتصر إلى حد كبير على العالم

المتقدم[[7]](#footnote-7)(1) ونتيجة لموقع الجمهورية اليمنية بين دائرتي عرض(12 ْ و 19.5 ْ) شمال خط الاستواء ضمن النطاق المداري ،فإن الشمس تتعامد عليه مرتين في السنة، حيث لا يقل معدل زاوية سقوط الأشعة عن 86 ْ في الجنوب وتزيد عن 89 ْ في الشمال، ولوقوعها تحت تأثير منطقة الضغط المرتفع المداري خلال فصل الشتاء جعلها تحظى بصفاء السماء وقلة الغيوم ، ولهذا فإن أكثر من 70% من المساحة تقل فيها نسبة التغيم عن 30%، وتمتاز بسماء صافية معظم أيام السنة، وهذا الموقع جعل طول النهار متقارب خلال الفصل الواحد في السنة، فلا يقل طول النهار عن 11ساعة في جميع أشهر الخريف والشتاء ولا يزيد عن 13ساعة في جميع أشهر الربيع والصيف، ولا يقل معدل عدد ساعات السطوع السنوي عن (3250 ) ساعة [[8]](#footnote-8)(2) أما بالنسبة للرياح فإن استخدام طاقتها ليست فكرة جديدة، فلقد كانت السفن الشراعية في جميع العصور وسيلة لنقل السلع والناس واكتشاف الأراضي الجديدة ونقل الجيوش إلى الشواطئ البعيدة.

كما عرف الإنسان طواحين الهواء وهي آلات تسخر طاقة الرياح لتؤدي أعمالا ميكانيكية متنوعة[[9]](#footnote-9)(3) وعليه فقد تطورت في الآونة الأخيرة وبشكل متسارع استخدامات مراوح الهواء المولدة للطاقة الكهربائية.

**أولاً: مشكلة الدراسة:**

نظرا لما تعانيه الجمهورية اليمنية من مشكلات حادة في نقص الطاقة التقليدية (خاصة الكهربائية) الكافية لجميع الاستخدامات المجتمعية فقد أصبح لزاما على الباحثين والجهات ذات العلاقة ممثلة بالمؤسسات الحكومية وغير الحكومية التفكير بإيجاد الحلول المناسبة لهذه المشكلة، من خلال الدراسات العلمية واستثمار التكنولوجيا المعاصرة لصناعة الطاقة المتجددة المتاحة، علما بان الجمهورية اليمنية لا تمتلك احتياطيا كبيراً من مصادر الطاقة الناضبة(4 مليار برميل)، **لذا ستحاول هذه الدراسة الإجابة على التساؤلات الآتية:-**

1 ـــ ما تأثير العوامل الجغرافية المؤثرة على إنتاج الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ؟

2 ـــ ما هي المناطق الملائمة والمفضلة لإنتاج الطاقة من الشمس والرياح ؟

3 ــ ما أسباب تباين التوزيع الجغرافي لمناطق مصادر الطاقة الشمسية و الريحية في الجمهورية اليمنية ؟

4 ــ ما حجم الطاقة الكهربائية الممكن توليدها باستغلال الشمس والرياح؟

**ثانياً: أهمية الدراسة:**

تكمن أهمية هذه الدراسة من أهمية الطاقة الكهربائية التي تؤدي الدور الأهم في التطور الاقتصادي والاجتماعي باعتبارها أحد أهم عناصر البنية التحتية، فهي من أهم المستلزمات للقطاعات الاقتصادية المختلفة وركيزة أساسية من ركائز التطور الاجتماعي وارتقاء مستوى الحياة، فعلاقة الطاقة الكهربائية بالقطاعات الاقتصادية المختلفة وبالحياة العامة هي علاقة تكاملية مترابطة، فهي تتأثر بمستويات التطور في المجالات المختلفة، كما تؤثر إيجابياً في حال وفرتها، وسلبياً في حال نقصانها أو تدني مواصفاتها، وعليه فإن التنمية الاقتصادية المنشودة ينبغي أن يواكبها أو يسبقها تنمية للطاقة الكهربائية، بحيث يلبى الطلب على الطاقة الكهربائية وتطوره كماً ونوعاً لكافة القطاعات الاقتصادية والاجتماعية، وإن إغفال تنمية قطاع الكهرباء لا تتناسب مع التطورات المرتقبة للقطاعات الأخرى، ونتيجة لكون الجمهورية اليمنية تشهد عجزا فيها لكونها تعتمد في التوليد على الوقود الإحفوري (النفط والغاز) المحدود لذلك ينبغي البحث عن مصادر توليد طاقة متاحة وخصوصا مصادر الطاقة المتجددة كالإشعاع الشمسي والرياح لتكون بديلاً للطاقة التقليدية وتساهم في تلبية حاجة الجمهورية اليمنية من الطاقة ولاسيما في الأقاليم التي تتوفر فيها مقومات إنشاء محطات للطاقة الشمسية أو الريحية.

**ثالثاً: مبررات إجراء الدراسة:**

1. ندرة الدراسات في جغرافية الطاقة المتجددة في الجمهورية اليمنية حتى الوقت الحاضر أو عدم وجودها بحسب علم الباحث .
2. افتقار المكتبة العربية لمثل هذه الدراسات وانعدامها في المكتبة اليمنية .
3. المساهمة في إيجاد الحلول لمشكلة ندرة الطاقة الكهربائية في الجمهورية اليمنية.

**رابعاً: أهداف الدراسة:-** هدف الدراسة لتحقيق ما يأتي:

1. تحديد المقومات الجغرافية لتوليد الطاقة الشمسية و الريحية في الجمهورية اليمنية.
2. المساهمة في البحث العلمي الهادف لحل مشكلة الطاقة الكهربائية في الجمهورية اليمنية باقتراح الحلول والمعالجات اللازمة لذلك.
3. المقارنة بين إنتاج الطاقة الشمسية وطاقة الرياح للتوصل إلى أفضل نوع يمكن استخدامه.

4- إعداد خريطة لتوزيع الإشعاع الشمسي والرياح في الجمهورية اليمنية وإسقاط محطات التوليد عليها، وتحديد الأقاليم المرشحة لتوليد الطاقة من المصادر المتجددة.

**خامساً: فرضيات الدراسة:-**

هي عبارة عن حدس أو تخمين الإجابات الأولية لمشكلة الدراسة, ولتحقيق ذلك فقد وضعت الفرضيات الآتية:-

1. تؤثر العوامل الجغرافية ايجابيا على الطاقة المتجددة في الجمهورية اليمنية.
2. إمكانية توليد الطاقة الشمسية في المناطق الصحراوية أكثر جدوى اقتصادية من المناطق الأخرى وذلك بسبب الجفاف الذي ينتج عنه صفاء السماء.
3. إمكانية توليد الطاقة الريحية في المناطق الساحلية أكثر جدوى اقتصادية من المناطق الأخرى وذلك بتأثير نسيم البر والبحر.
4. تمتاز الجمهورية اليمنية بكونها من أفضل المناطق في العالم لإمكانية توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية، لوقوعها ضمن منطقة الحزام الشمسي الذي يحظى بأعلى كمية إشعاع شمسي.

**سادساً: المنهج العلمي المتبع في الدراسة:-**

تم إتباع المنهج التاريخي في دراسة تطور الطاقة في الجمهورية اليمنية (النفط والغاز والكهرباء) والمنهج الوصفي التحليلي في دراسة بيانات الإشعاع الشمسي وحركة الرياح وتحليل العوامل الجغرافية المؤثرة فيهما والتوزيعات الجغرافية لكلا العنصرين ومدى إمكانية مساهمتهما في توليد الطاقة من إجمالي الطاقة الكهربائية التي تحتاجها الجمهورية اليمنية، والاستفادة من استخدام الأساليب الإحصائية الكمية والتحليلات الكارتوجرافية للجداول الإحصائية والخرائط والأشكال البيانية.

**سابعاً: حدود الدراسة:-**

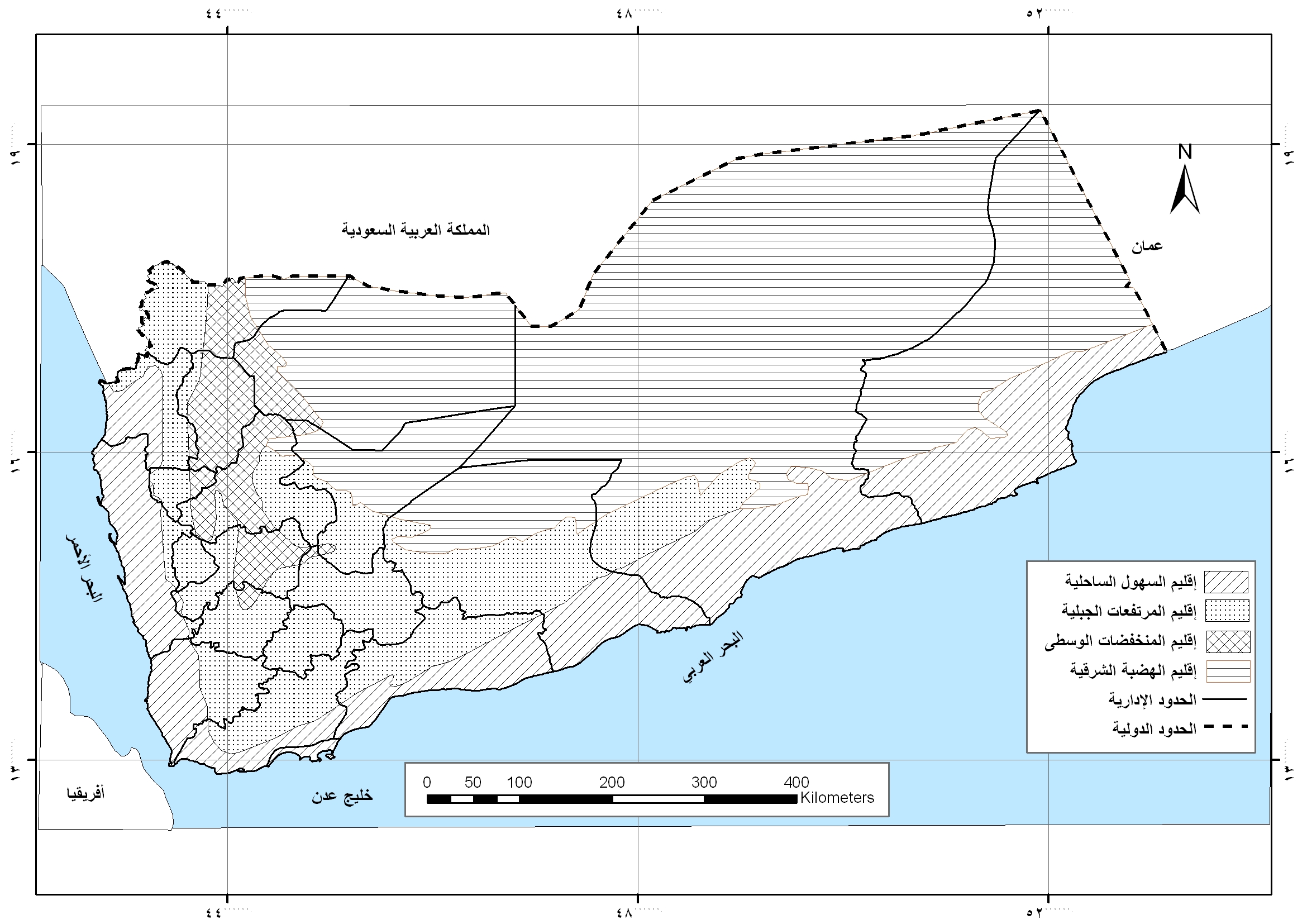
تشمل منطقة الدراسة كامل مساحة الجمهورية اليمنية والتي تحتل الركن الجنوبي من شبه الجزيرة العربية، وتقع بين درجتي عرض 12 ْو 19.5 ْ شمالاً ، وبين خطي طول41 ْ و54 ْ شرقاً الخريطة (1), والتي تبلغ مساحتها 527 ألف كيلو متر مربع[[10]](#footnote-10)(1) وتتبعها العديد من الجزر في البحر العربي و البحر الأحمر ، وكون الجمهورية اليمنية متنوعة الأقاليم الطبيعية فهذا بدوره يؤثر على كمية الطاقة الشمسية وحركة الرياح من حيث السرعة والاتجاه، وعليه فقد شملت الدراسة 11 محطة مناخية.

وقد تم اختيار المحطات الواردة في الخريطة (2) لسببين هما:

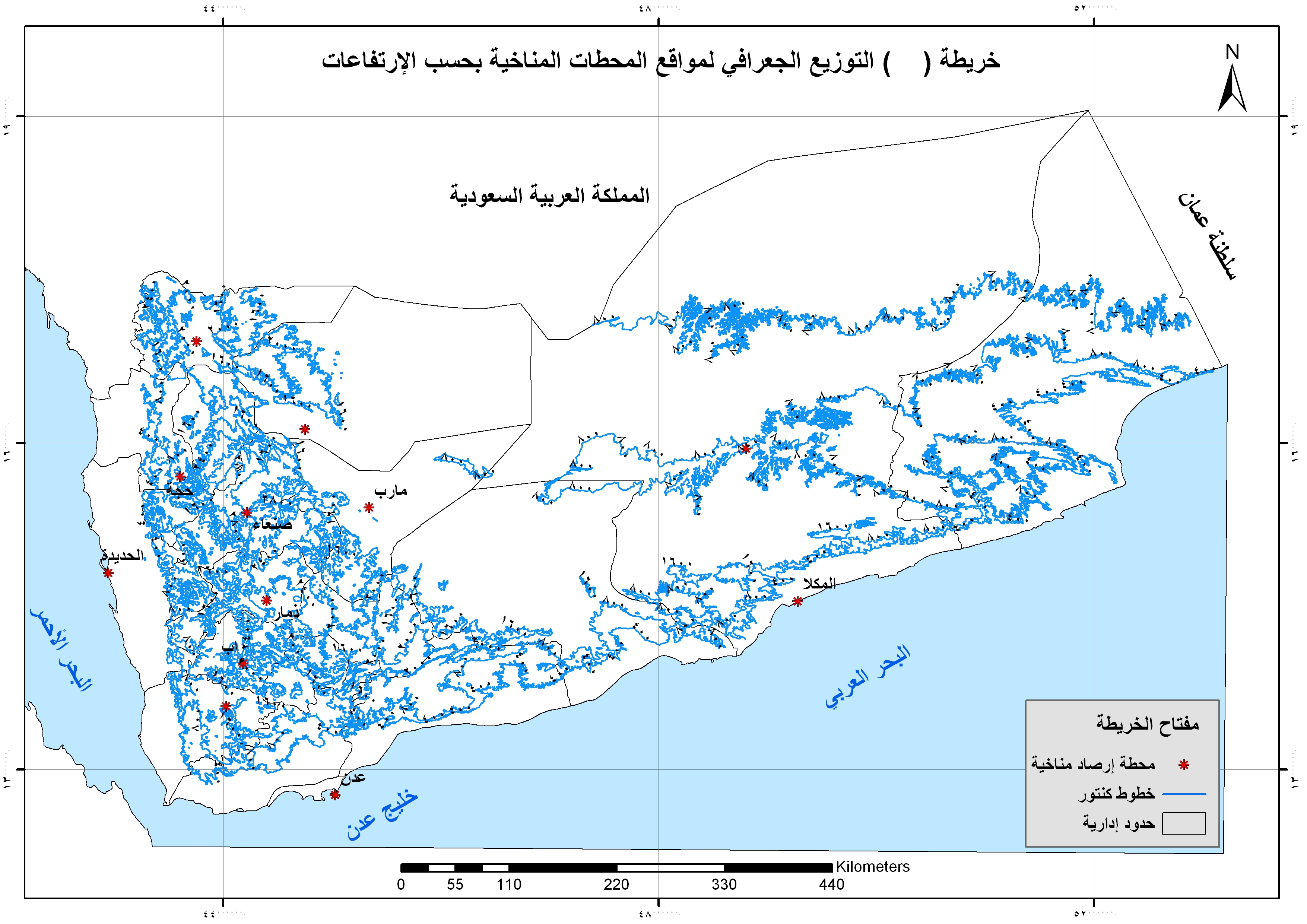
1- توفر البيانات الخاصة بهذه المحطات بشكل كامل لسنوات الدراسة.

2- أنها موزعة على الأقاليم الأربعة للجمهورية اليمنية ( خريطة 2).

المصدر: الهيئة العامة للبحوث والإرشاد الزراعي، مركز بحوث الموارد الطبيعية المتجددة ، قسم نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، ذمار، 2010م .



**خريطة (1) الموقع الجغرافي للجمهورية اليمنية وأقاليمها الطبيعية**



**صعده**

**سيئون**

**المصدر: الهيئة العامة للبحوث والإرشاد الزراعي، مركز بحوث الموارد الطبيعية المتجددة ، قسم نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، ذمار، 2010م .**

**خريطة (2) التوزيع الجغرافي لمواقع المحطات المناخية بحسب الارتفاعات**

**تعز**

**ثامناً: الدراسات السابقة:-**

أهتم عدد من الباحثين بدراسة الطاقة على المستوى العربي والعالمي إلا أن الدراسات اليمنية بهذا الموضوع نادرة وإن وجدت بعض الأبحاث والدراسات فإن معظمها في الفروع العلمية غير الجغرافية، ومن خلال البحث المكتبي أمكن التوصل إلى العديد من تلك الدراسات والتي تناولت الطاقة بشكل عام والمتجددة بشكل خاص، مثل دراسة طاقة الرياح في مصر، والطاقة الشمسية في سوريا، فضلاً عن وجود العديد من الدراسات التي تناولت عنصري الإشعاع الشمسي والرياح ضمن دراسات مناخية شاملة، أو ضمن دراسة علاقة المناخ بظواهر جغرافية مختلفة، وما أطلع عليه الباحث من دراسات يمكن الاستفادة منها في هذه الرسالة وستشكل مراجع جيدة لها وفي ما يأتي عرض موجز لأهم هذه الدراسات :

**1- الكتب المنشورة في مجال الطاقة ومنها**:

1. **تكنولوجيا الطاقة البديلة**، للدكتور سعود يوسف عياش، وقد تحدث في هذا الكتاب عن نشأة استخدام الطاقة ثم تكلم عن أنواع الطاقة المتجددة كالطاقة المائية والريحية وطاقة الحرارة الجوفية والطاقة الشمسية وطاقة البحار والمحيطات مع ذكر خصائصها ومراحل تطور كل نوع.
2. **الطاقة ضرورة حياتية**، تأليف بيارماتيه، ومارتين كاسيت-كاري، وترجمة سهيل عماشي، وجاء في هذا الكتاب توضيح مفاهيم الطاقة منذ بداية استخدامها بدءاً من استخدام الإنسان لعضلاته ثم طاقة العبيد والحيوان حتى استخدام المصادر الناضبة والمتجددة مع تناول تطورها التاريخي.
3. **الطاقة المتجددة**، للدكتورين علي الشكيل ومحمد رمضان، وجاء في هذا الكتاب توضيح أنواع الطاقة المختلفة وخصوصاً أنواع الطاقة المتجددة وتوضيح مكانة الوطن العربي من حيث احتواءه على مقومات هذه الطاقات المتجددة.
4. **الطاقة البديلة ومنظومة الأمن القومي لدولة الكويت ودول الخليج العربي: دراسة تحليلية تقويميه**، للدكتور زين الدين عبد المقصود غنيمي، وجاء في هذا الكتاب توضيح أنواع الطاقة المتجددة ومميزاتها لتظهر مدى الفرق بين هذه الأنواع من حيث كمية الطاقة الناتجة لنفس الكمية من المادة وتوضيح دورها البارز في الأمن القومي لدول الخليج.
5. الطاقة وتلوث البيئة، للدكتور عبد علي الخفاف، وتحدث هذا الكتاب الاستخدام التاريخي للطاقة، وما ينجم عن هذا التطور من تلوث بيئي، ثم تناول بعض أنواع الطاقة النظيفة والمتجددة كالطاقة الشمسية والريحية والمائية.
6. آلاف السنين من الطاقة، تأليف فلاديمير كارتسيف وبيوتر خازانوفسكي، وترجمة محمد غياث الزيات، وتحدث الكتاب عن تعرف الإنسان على الطاقة منذ القدم، وبداية استخدامه لطاقته العضلية ثم انتقاله إلى استخدام طاقة العبيد ثم استخدامه لطاقة الحيوان وتوصله إلى استخدام طاقة الرياح لدفع القوارب والسفن الشراعية التي أدت لكشف مناطق جديدة من العالم ثم تطوره إلى استخدام طاقة البخار والطاقة الكهربائية ثم الطاقة النووية.

**2- الدراسات الإقليمية عن الطاقة:**

1. **الطاقة الشمسية في العراق**، للدكتور عبد العزيز محمد حبيب العبادي، بحث منشور في مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، وتناولت الدراسة أهمية إحلال الطاقة الشمسية محل الطاقة الإحفورية، وكذلك تناولت مدى توفر الطاقة الشمسية في العراق وتوزيعها الجغرافي والعوامل المؤثرة في هذا التوزيع، وتوصلت الدراسة إلى انه كلما ازداد سطوع الشمس ساعة واحدة ازداد عدد السعرات الواصلة إلى المحطات بمقدار 33.6سعرة لكل سنتيمتر مربع في اليوم، وكذلك كلما ازداد صفاء السماء بمقدار يوم واحد ازداد عدد السعرات الواصلة إلى المحطات بمقدار 42.75 سعره لكل سنتيمتر مربع في اليوم .
2. **الطاقة الشمسية ومدى وفرتها في سوريا**، للدكتور أمين طربوش، بحث منشور في المجلة الجغرافية السورية، تناولت الدراسة ضرورة الاهتمام بتأمين الطاقة للمستقبل من خلال الطاقة الشمسية لان الطاقة الإحفورية في طريقها إلى النفاذ ، ثم تناولت الدراسة العوامل المؤثرة على الطاقة الشمسية، وباستخدام المعادلة الرياضية استخرجت كمية الإشعاع الشهرية واتضح أن شهر يوليو اشد الأشهر إشعاعا، حيث وصلت الكمية إلى 22كيلو سعره /سم2، ثم ظهرت مدى الاختلاف بين كمية الطاقة الشمسية الواصلة إلى المحطات الذي يرجع إلى اختلاف موقع المحطات بالنسبة لدوائر العرض، وأخيرا أنتجت خارطية لسوريا موضح عليها كمية الإشعاع الشمسي السنوية كيلو سعر/سم2 .
3. **طاقة الرياح في مصر دراسة في المناخ التطبيقي**، للدكتور إيملي محمد حلمي حمادة، بحث منشور في المجلة الجغرافية العربية، وتناولت الدراسة مشكلة الطاقة الإحفورية المهددة بالنضوب ودراسة جدوى قوة الرياح في توليد الطاقة وفق المعطيات الجغرافية لأقاليم مصر، وتوصلت الدراسة إلى نتائج تؤكد الإمكانات الواعدة لطاقة الرياح في الساحل الشرقي والشمالي وصعيد مصر.
4. **التباين المكاني والزماني لسرعة الرياح في الأردن،** للدكتور علي أحمد غانم، بحث منشور في مجلة العلوم الاجتماعية، وتناولت الدراسة حركة الرياح اليومية والشهرية والفصلية والسنوية كونها القاعدة الأساسية لإنتاج الطاقة الريحية، وعليه توصلت إلى أن إنتاج الطاقة من الرياح ممكن في بعض الأماكن( وتميزت بأن أفضل المناطق سرعة للرياح تقع في المدن الرئيسة أو القريبة منها، عمّان، أربد، المفرق، ومعان)، وأن أفضل الأوقات لإنتاج الطاقة في معظم الأماكن أثناء النهار والصيف.

**النتائج**

توصلت الدراسة إلى عدد من النتائج ذكرت في نهاية كل فصل من فصول الدراسة ولابد من إبراز أهم تلك النتائج وكما يأتي:

1. كمية إجمالي استهلاك محطات الكهرباء من الوقود وصل إلى 1976مليون لتر منها 1080مليون لتر مازوت و896مليون لتر ديزل.
2. أقل زاوية لسقوط الإشعاع تتراوح بين 49.3 ْ في صعده أقصى شمال الجمهورية اليمنية وبين 54.4 ْ في جزيرة سقطرى أدنى جنوب الجمهورية اليمنية في فصل الشتاء، وترتفع هذه الزاوية بتدريج حتى تتعامد على الجمهورية اليمنية في شهري مايو أثناء حركة الشمس من خط الاستواء إلى مدار السرطان، وفي يوليو أثناء عودة الشمس من مدار السرطان إلى خط الاستواء.
3. تأتي مأرب أعلى المناطق من حيث صفاء السماء بنسبة سنوية بلغت 78% تتباين هذه النسبة بحسب الشهور وتكون أعلى نسبة 92% في شهر نوفمبر وأقل نسبة 66% في شهر يوليو نتيجة لتشكل السحب.
4. جاء إقليم المرتفعات الجبلية في المرتبة الأخيرة من حيث صفاء السماء حيث لا تزيد النسبة السنوية عن 61%.
5. احتل إقليم المنخفضات الوسطى المرتبة الأولى من حيث ساعات السطوع السنوية حيث كانت 9.1ساعة/يوم.
6. جاء إقليم الهضبة الشرقية في المرتبة الأولى من حيث كمية الإشعاع الشمسي بمعدل سنوي بلغ 21.7ميجا جول/م2/يوم.
7. أن علاقة الارتباط (بيرسون) بين زاوية السقوط وكمية الإشعاع الشمسي 0.74 وبذلك تكون العلاقة بينهما طردية.
8. يأتي إقليم الهضبة الشرقية في المرتبة الأولى من حيث كمية الطاقة الشمسية فيبلغ المعدل السنوي 6كيلو واط بانحراف معياري قدره 0.21 وهذا يدل على استقرارية توليد الطاقة.
9. احتل إقليم المنخفضات الجبلية المرتبة الأولى من حيث ما يتوقع توليده من كهرباء بمعدل 875واط/م2/يوم، وذلك لكونها ضمن المناطق التي تمتاز باعتدال درجة حرارتها طوال العام.
10. جاء إقليم الهضبة الشرقية في المرتبة الثانية على الرغم من كونه يحظى بأعلى كمية إشعاع إلا أن درجة الحرارة المرتفعة به تؤثر على قدرة الإنتاج للخلايا الشمسية وبذلك تبلغ كمية الكهرباء المتوقع إنتاجها 824واط/م2/يوم.
11. يمكن عند استثمار مصادر الطاقة المتجددة تخفيض كميات النفط والغاز المستهلكة محلياً في إنتاج الكهرباء، وبالتالي يمكن تصدير هذه الكميات لرفد ميزانية الدولة بالعملة الصعبة.
12. يرتفع عدد المشتركون في هذه الخدمة بمعدل نمو 6.7% سنوياً.
13. بلغ معدل نصيب الفرد في الجمهورية اليمنية عام 2009م إلى 434 ك و س/سنة، وبمقارنته بمعدل نصيب الفرد بدول منظمة الاسكوا الذي بلغ 2194 ك و س/سنة، ويتجاوز نصيب الفرد لبعض دول 10.000ك و س/سنة كما في الإمارات وقطر والكويت والبحرين، أما المتوسط العالمي لنصيب الفرد من استهلاك الكهرباء فهو ٢٤٨٢ ك و س/فرد.
14. يؤدي اختلاف قيم الضغط الجوي إلى تشكل نسيم الوادي والجبل ونسيم البر والبحر على المناطق المتضرسة والسهول الساحلية.
15. يكون إقليم السهول الساحلية في المرتبة الأولى من حيث سرعة الرياح حيث يبلغ معدلها السنوي 5.4م/ث على ارتفاع 10أمتار.
16. أفضل المناطق إنتاجا للطاقة الكهربائية هي جزيرة سقطرى لكون سرعة الرياح بها تصل إلى 15.3م/ث في يوليو.
17. هناك مناطق تتسم بسرعات رياح عالية كمأرب، وعدن والحديدة وذمار وهذه المناطق تكون سرعة الرياح بها أكثر من 4.3م/ث، وبذلك تكون ذات جدوى اقتصادية لإنتاج الطاقة.
18. أحتل إقليم المرتفعات الجبلية المرتبة الأخيرة من حيث كمية الطاقة الكهربائية المتوقعة والتي بلغت 25.4واط/م3/ساعة.
19. أن المتر المربع على ارتفاع 10م سينتج 58.4واط إذا كانت سرعة الرياح 4.4م/ث، أما على ارتفاع 78م سينتج 1210واط إذا كانت قدرة التوربينات 600كيلو واط كما هو المتوقع لكلا من الحديدة- عدن- ذمار.
20. حجم الطاقة الكهربائية المولَّدة في الوقت الراهن في الجمهورية اليمنية غير كافي لتلبية الطلب الحاضر أو المستقبلي حيث لا تغطي الكهرباء سوى 49% من السكان، وبما أنّه يتوقّع أن يزداد الطلب بنسبة 6.76% سنوياً خلال الخمسة أعوام القادمة، وعليه ستحتاج الجمهورية اليمنية إلى إنتاج 18.419ج.و.س بحلول العام 2020م أي 3أضعاف ما أنتجته عام 2009م ، لذلك يمكن استثمار مصادر الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية والريحية بهدف سد الحاجة المتزايدة للسكان.
21. يمكن لصناعة تكنولوجيا الطاقة المتجددة أن تساهم بالتنوّع الاقتصادي وتوفير الوظائف الجديدة للشباب عن طريق إنشاء الورش والمعامل الصناعية المتخصصة بعمل الأدوات المطلوبة المتنوعة.
22. يعتمد استخدام الطاقة المتجددة من الشمسية والريحية على توفر المساعدات الخارجية ماليا وفنياً ، لتخوف الاستثمار المحلي من العمل في هذا المجال في كثير من الدول بما فيها بلادنا.

**التوصيات:**

إن البحث والمثابرة في إيجاد بدائل للطاقة (الإحفورية) ما هو إلا جزء مكمل لاستمرارية البحث عن مصادر أخرى لسد العجز في الطاقة الكهربائية والحفاظ على المستوى الاقتصادي الذي تنعم به الجمهورية اليمنية الآن ومن أجل مواكبة بقية دول العالم في هذا المجال، واعتماداً على النتائج التي توصلت إليها الدراسة يقترح مراعاة التوصيات الآتية:

1. التخلص من وحدات الديزل بصورة تدريجية، بدءاً من المحطات ذات القدرات الأصغر، لارتفاع تكاليف تشغيلها، واستهلاكها العالي للوقود، وقلة إنتاجها، فضلاً عن أضرارها البيئية.
2. حصر وتقييم مصادر الطاقة المتجددة بهدف توفير بيانات دقيقـة لإمكانيـة استغلالها بشكل عام ومصادر طاقة الريـاح والطاقة الشمسيـة خصوصا والتخطيط لاستخدامها في إطار السياسة العامة لوزارة الكهرباء والطاقة.
3. إجراء الدراسات والبحوث الفنية والاقتصادية والبيئية اللازمة للإمكانيـات المتوفرة في اليمن لتصنيع الأجهزة والمعدات اللازمـة لمشاريع الطاقة المتجددة من النواحي التقنية والماليـة.
4. الاهتمام بتأهيل وتدريب الكوادر البشرية في مجال الطاقة المتجددة لرفع كفاءتها تقوم بذلك وزارات التعليم ووزارة الكهرباء والطاقة.
5. تنشيط طرق التبادل العلمي والمشورة الفنية مع البلدان العربية والأجنبية ذات الخبرة عن طريق عقد الندوات واللقاءات الدورية عن الطاقات المتجددة وما يستجد بها من تطورات.
6. التعاون والتنسيق بين وزارة الكهرباء والطاقة ووزارة البيئة لتنفيذ مشروعات الطاقة المتجددة من خلال آلية التنمية النظيفة للمساهمة في تحسين اقتصاديات مشروعات الطاقة المتجددة من ناحية والحفاظ علي البيئة من ناحية أخري، مثل الإعفاء أو التخفيض من الضرائب على إنتاج الطاقة من مصادر متجددة وغير ضارة بالبيئة ووضع ضرائب وغرامات على المصادر الأكثر تلويثاً.
7. تشجع الدولة السكان على استخدام أجهزة تسخين المياه بالطاقة الشمسية لتسخين المياه في القطاع المنزلي ومنحهم الحوافز المشجعة.
8. إصدار قانون جديد للكهرباء يشجع على نشر استخدام مصادر الطاقة المتجددة وتشجيع القطاع الخاص على الدخول في هذا المجال.
9. إيجاد سوق تنافسية للطاقة المتجددة تسمح بخفض الأسعار والتي يمكن أن يستفيد منها المستهلكون، مع تمكين المستثمرين من الحصول على تمويل بصورة أيسر من البنوك لإقامة هذه المنشآت نتيجة الدخل المتوقع، إضافة إلى توفير ضمان لشراء الطاقة الكهربائية المنتجة من الإشعاع الشمسي والرياح من المستثمرين ولفترة زمنية طويلة (20 سنة في القانون الألماني وخمسة عشر سنة في القانون الفرنسي والتشيكي) بما يضمن للمستثمرين استعادة استثماراتهم.
10. تأسيس صندوق لدعم مشاريع الطاقات المتجددة يستخدم في التمويل المباشر للاستثمارات أو تقديم قروض منخفضة الفائدة أو دعم السوق بوسيلة أخرى كالبحث والتطوير، وتكون موارد هذا الصندوق من خلال:
11. مخصصات الخزينة
12. وزارة البيئة
13. صندوق مشروع كهربة الريف وضمن الإمكانيات المتوفرة.
14. مصادر دعم خارجية من الدول المانحة.
15. إنشاء مركز وطني لبحوث الطاقة المتجددة وتشجيع ودعم الأبحاث المتعلقة بالطاقة المتجددة بدعم من وزارتي التعليم العالي والكهرباء والطاقة.
16. دعم الإنسان الريفي اقتصاديا بواسطة وزارة التجارة والصناعة على هيئة قروض مدعومة ليتسنى له شراء وتطبيق تلك الطاقات على مسكنه الريفي.
17. القيام بعمليات توعية دورية عن طريق وسائل الإعلام المختلفة بضرورة استعمال الطاقات المتجددة وتوضيح منافعها المتعددة كونها وسيلة فعاله في الأمن الطاقي والحفاظ على البيئة.
18. إقامة مختبرات ووحدات ومحطات بحثية تجريبية وتشغيلها لتطوير مصادر الطاقة المتجددة والتجهيزات ذات الكفاءة الطاقية العالية واستثمارها.

**قائمة المحتويات**

|  |  |
| --- | --- |
| **الموضـوع** | **الصفحة** |
| الآية القرآنية ..................................................................... | أ |
| الإهداء .......................................................................... | ب |
| الشكر وعرفان ................................................................... | ج |
| مستخلص الدراسة ............................................................... | د |
| قائمة المحتويات ................................................................. | ه- ي |
| قائمة الجداول ................................................................... | ك- ل |
| قائمة الخرائط .................................................................... | م- ن |
| قائمة الأشكال .................................................................... | س |
| **الفصـل الأول**  **منهجيـة الدراسـة وإطارها النظـري** | **1- 42** |
| **المبـحث الأول: منهجيـة الدراسـة:** | 3 |
| المقدمة .......................................................................... | 3 |
| أولاً: مشكلة الدراسة ............................................................ | 4 |
| ثانياً: أهمية الدراسة.............................................................. | 5 |
| ثالثاً: مبررات الدراسة ......................................................... | 5 |
| رابعاً: أهداف الدراسة .......................................................... | 6 |
| خامساً: فرضيات الدراسة........................................................ | 6 |
| سادساً: المنهج العلمي المتبع في الدراسة........................................ | 7 |
| سابعاً: حدود الدراسة ............................................................ | 7 |
| ثامناً: الدراسات السابقة ......................................................... | 10 |
| **المبـحث الثاني: الإطار النظـري للدراسـة**: | 13 |
| أولاً: مفهوم الطاقة وأقسامها ومصادرها: | 13 |
| 1- مفهوم الطاقة .............................................................. | 13 |
| 2- أنواع الطاقة ............................................................... | 13 |
| أ- الطاقة غير المتجددة (المؤقتة أو الناضبة)................................... | 14 |
| ب- الطاقة المتجددة ........................................................... | 14 |
| ثانيا: مصادر الطاقة في الجمهورية اليمنية...................................... | 21 |
| 1- النفط ..................................................................... | 21 |
| 2- الغاز الطبيعي............................................................. | 28 |
| 3- الطاقة الكهربائية................................................... | 33 |
| أ- مصادر توليد الطاقة الكهربائية............................................. | 38 |
| ب- المشاكل التي تواجه قطاع الكهرباء في الجمهورية اليمنية ................ | 40 |
| **الفصل الثاني**  هـ  **الإشعاع الشمسي والرياح والعوامل المؤثرة فيهما** | **43- 83** |
| **المبحث الأول: الإشعاع الشمسي** **والعوامل المؤثرة فيه** | 45 |
| أولاً: مفهوم الإشعاع الشمسي وأهميته: ...................................... | 45 |
| ثانياً: الثابت الشمسي ........................................................... | 45 |
| ثالثاً: مكونات الإشعاع الشمسي ................................................. | 47 |
| رابعاً: أهمية الإشعاع الشمسي ................................................... | 48 |
| خامساً: وظائف الإشعاع الشمسي ............................................... | 49 |
| سادساً: وسائل انتقال طاقة الإشعاع الشمسي ................................... | 50 |
| سابعاً: الإشعاع الشمسي في الجمهورية اليمنية والعوامل المؤثرة فيه ........ | 50 |
| 1- زاوية سقوط الأشعة الشمسية ............................................... | 51 |
| 2- طول النهار ............................................................... | 62 |
| 3- صفاء السماء.............................................................. | 64 |
| 4- التضاريس .................................................................. | 66 |
| **المبحث الثاني: الرياح والعوامل المؤثرة فيها** | 69 |
| أولاً: مفهوم الرياح وأهميتها .................................................... | 69 |
| ثانياً: الرياح السائدة في الجمهورية اليمنية...................................... | 69 |
| ثالثاً: سرعة الرياح في الجمهورية اليمنية...................................... | 71 |
| رابعاً: العوامل المؤثرة على حركة الرياحفي الجمهورية اليمنية .............. | 72 |
| 1- قوة انحدار الضغط ......................................................... | 72 |
| 2- قوة الاحتكاك............................................................... | 78 |
| **الفصل الثالث**  و  **التوزيع الجغرافي للإشعاع الشمسي وحركة الرياح** | **84- 118** |
| **المبحـث الأول: التوزيع الجغرافي للإشعاع الشمسي:** | 86 |
| أولا: التوزيع الجغرافي لساعات السطوع الشمسي:.............................. | 86 |
| 1- السطوع الشمسي في إقليم المنخفضات الوسطى ............................. | 86 |
| 2- السطوع الشمسي في إقليم الهضبة الشرقية .................................. | 88 |
| 3- السطوع الشمسي في إقليم السهول الساحلية .................................. | 91 |
| 4- السطوع الشمسي في إقليم المرتفعات الجبلية ................................. | 93 |
| ثانيا:التوزيع الجغرافي للإشعاع الشمسي........................................ | 94 |
| 1- الإشعاع الشمسي في إقليم الهضبة الشرقية .................................. | 95 |
| 2- الإشعاع الشمسي في إقليم المنخفضات الوسطى .............................. | 101 |
| 3- الإشعاع الشمسي في إقليم السهول الساحلية .................................. | 102 |
| 4- الإشعاع الشمسي في إقليم المرتفعات الجبلية ................................. | 104 |
| **المبحـث الثاني: التوزيع الجغرافي لحركة الرياح:** | 108 |
| أولاً التوزيع الجغرافي لاتجاه الرياح ............................................ | 108 |
| 1- اتجاه الرياح في إقليم السهول الساحلية ...................................... | 108 |
| 2- اتجاه الرياح في إقليم المرتفعات الجبلية ..................................... | 110 |
| 3- اتجاه الرياح في إقليم المنخفضات الوسطى ................................. | 110 |
| 4- اتجاه الرياح في إقليم الهضبة الشرقية ....................................... | 111 |
| ثانياً: التوزيع الجغرافي لسرعة الرياح........................................... | 111 |
| 1- سرعة الرياح في إقليم السهول الساحلية ..................................... | 112 |
| 2- سرعة الرياح في إقليم الهضبة الشرقية ...................................... | 113 |
| 3- سرعة الرياح في إقليم المنخفضات الوسطى ................................ | 115 |
| 4- سرعة الرياح في إقليم المرتفعات الجبلية .................................... | 116 |
| **الفصل الرابع**  ز  **التحليل الجغرافي لتوليد الطاقة الكهربائية بحسب الأقاليم الطبيعية** | 119- 162 |
| **المبحث الأول: التحليل الجغرافي لتوليد الطاقة الكهربائية من الإشعاع الشمسي:** | 121 |
| أولا: التحليل الجغرافي للطاقة الشمسية في الجمهورية اليمنية: | 121 |
| 1- الطاقة الشمسية في إقليم الهضبة الشرقية.................................... | 121 |
| 2- الطاقة الشمسية في إقليم المنخفضات الوسطى.............................. | 127 |
| 3- الطاقة الشمسية في إقليم السهول الساحلية ................................... | 131 |
| 4- الطاقة الشمسية في إقليم المرتفعات الجبلية ................................. | 133 |
| ثانياً: التحليل الجغرافي للطاقة الكهربائية المتوقع إنتاجها من الطاقة الشمسية: | 135 |
| 1- إنتاج الكهرباء المتوقع في إقليم المنخفضات الوسطى ........................ | 136 |
| 2- إنتاج الكهرباء المتوقع في إقليم الهضبة الشرقية ............................. | 139 |
| 3- إنتاج الكهرباء المتوقع في إقليم المرتفعات الجبلية ........................... | 140 |
| 4- إنتاج الكهرباء المتوقع في إقليم السهول الساحلية ............................ | 140 |
| **المبحث الثاني: التحليل الجغرافي لإمكانية توليد الطاقة الكهربائية من الرياح:** | 145 |
| 1- طاقة الرياح المتوقعة في إقليم السهول الساحلية ............................. | 145 |
| 2- طاقة الرياح المتوقعة في إقليم المنخفضات الوسطى ........................ | 151 |
| 3- طاقة الرياح المتوقعة في إقليم الهضبة الشرقية ............................. | 152 |
| 4- طاقة الرياح المتوقعة في إقليم المرتفعات الجبلية ............................ | 154 |

ح

|  |  |
| --- | --- |
| **الفصل الخامس**  **واقع الطاقة الكهربائية ومستقبلها واستخداماتها في الجمهورية اليمنية** | 163- 194 |
| المبحث الأول: واقع توليد الطاقة الكهربائية في الجمهورية اليمنية ومستقبلها: | 165 |
| أولاً: محطات توليد الكهرباء في الجمهورية اليمنية ............................. | 165 |
| ثانياً: واقع إنتاج الطاقة الكهربائية في الجمهورية اليمنية ........................ | 173 |
| ثالثاً: معدل استهلاك الفرد من الطاقة الكهربائية في الجمهورية اليمنية .......... | 175 |
| رابعاً: حجم الطلب على الطاقة الكهربائية حتى عام 2024م ................... | 178 |
| المبحث الثاني: الاستخدامات المستقبلية للطاقة الشمسية والريحية في الجمهورية اليمنية: | 182 |
| أولا: الاستخدامات المستقبلية للطاقة الشمسية: | 182 |
| ثانياً: الاستخدامات المستقبلية لطاقة الرياح: | 191 |
| **النتائج والتوصيات** | 195- 201 |
| أولا: النتائج ... .............................................................. | 196 |
| ثانيا: التوصيات................................................................ | 199 |
| **المصـادر** | 202- 212 |
| - المصادر العربية .............................................................. | 203 |
| - المصادر الأجنبية ............................................................. | 212 |

|  |  |
| --- | --- |
| **الملاحق**  ط | 213- 236 |
| 1- معدلات ساعات السطوع الفعلية لمحطات الدراسة | 214 |
| 2- المعدلات الشهرية والسنوية لكمية الإشعاع الشمسي (ميجا جول/م2/يوم) | 217 |
| 3- كمية الإشعاع الشمسي الشهرية والسنوية في محطات الدراسة (ميجا جول/م2/شهر) | 220 |
| 4- اتجاهات الرياح لمحطات الدراسة المناخية في الجمهورية اليمنية | 223 |
| 5- معدل الطاقة الشمسية في الجمهورية اليمنية (كيلو واط ساعة/م2/يوم) | 226 |
| 6- كمية طاقة الرياح المتوقعة في الجمهورية اليمنية بحسب التوزيع الجغرافي للمحطات واط/م3/ساعة | 229 |
| 7- كمية طاقة الرياح الشهرية والسنوية في الجمهورية اليمنية( كيلو واط ساعة/م3) | 233 |
| **ملخص الرسالة باللغة الإنجليزية.** | 237 |

1. (\*) جغرافية الطاقة تعد من أحدث فروع الجغرافيا الاقتصادية، يقترب عمرها من نصف قرن من الزمان، وتهتم بدراسة إنتاج ونقل وتوزيع واستهلاك الطاقة بحسب مصادرها المختلفة.

   (الشيخ، محمد عزت محمد، كهربة الريف بمركز المنصورة- محافظة الدقهلية، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة كفر الشيخ، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، 2009م. صـ ش). [↑](#footnote-ref-1)
2. (1) الطرزي, عبد الله, جغرافية الطاقة الكهربائية في الوطن العربي في عقد التسعينات, مجلة كلية الآداب, جامعة صنعاء, العدد16، 1994م. صـ 283و284 [↑](#footnote-ref-2)
3. (2) رمضان، محمد رأفت إسماعيل، وعلي جمعان الشكيل، الطاقة المتجددة، ط2، دار الشروق ، القاهرة، 1988م. صـ16. [↑](#footnote-ref-3)
4. (3) نعمان، شحادة، علم المناخ ، عمان ، مطبعة النور النموذجية، 1983م. صـ61 . [↑](#footnote-ref-4)
5. (\*) هنالك مصدر ثان للطاقة وهو حرارة باطن الأرض، ولكنه لا يقارن بطاقة الشمس. [↑](#footnote-ref-5)
6. (4) حشمت، عامر أمين، عالم الطاقة الشمسية، دمشق، دار الفكر العربي، 1981م. صـ49. [↑](#footnote-ref-6)
7. (1) موسى، علي، أساسيات علم المناخ، دار الفكر المعاصر، لبنان، 1994م. صـ20. [↑](#footnote-ref-7)
8. (2) محمد، عبد القادر عساج ، مناخ اليمن- دراسة في الجغرافية المناخية، مركز عبادي للدراسات والنشر، صنعاء، 1996م. صـ48 و51. [↑](#footnote-ref-8)
9. (3) فلاتين, كريستوفر, طاقة الرياح نقطة تحول , ترجمة سيد رمضان هدارة , الجمعية المصرية لنشر المعرفة والثقافة العالمية, القاهرة, 1993م. صـ12. [↑](#footnote-ref-9)
10. (1) وزارة التخطيط والتعاون الدولي، الجمهورية اليمنية 15عام من البناء والتطوير(1990- 2005م)، مطابع دائرة التوجيه المعنوي، صنعاء، 2005م. صـ19. [↑](#footnote-ref-10)