دراسة حول أفضل المواقع القابلة لتوليد الطاقة الشمسية في الجمهورية اليمنية

Study about the best sites for generation solar energy in the Republic of Yemen

د/ عبد الجبار محمد صالح العياني [1]

أ. د / نبيل عبد الله نعمان القدسي [2]

١) اليمن -جامعة ذمار -قسم الميكانيك

٢) جامعة البيضاء – كلية التربية

2003
١٤٢٤
جامعة الأندلس
للعلوم والتقنية
Alandalus University For Science & Technology

(AUST)

ISSN : 2410-7727

دراسة حول أفضل المواقع القابلة لتوليد الطاقة الشمسية في الجمهورية اليمنية

الملخص :

يظهر الموقع الفلكي لليمن أن أراضي الجمهورية اليمنية تقع ضمن المناطق المثالية لتوليد الطاقة الشمسية، ولكن للأسف لم يتم الاستفادة منه كمصدر للطاقة بشكل اقتصادي حتى الآن؛ لذلك كان من الضروري القيام بدراسة الإشعاع الشمسي والعوامل المؤثرة عليه لعدة مناطق ضمن الأقاليم الجغرافية الأربعة لليمن بغرض اختيار أفضل المواقع المثالية للمحطة الشمسية في اليمن، وأشارت النتائج المستخلصة إلى وجود عدة مناطق مهيئة لأن تكون موقع للمحطة الشمسية، وتمثل مديرية مأرب ضمن المحافظة الأمثل (مأرب) أفضل دليل للمصادر الواعدة للاستغلال.

الكلمات المفتاحية: اليمن –الإشعاع الشمسي– الموقع الأمثل.

Abstract :

Astronomical Site for Yemen shows that the territory of the Republic of Yemen is located within ideal areas for generating solar energy. , but unfortunately has not taken advantages of it as a source of energy economically so far, so it was necessary to carry out a study on the solar radiation and the factors., influencing it for several areas within the four geographical regions for Yemen in order to choose the best ideal locations for the solar station in Yemen. The results indicatedto the existence ofseveral locationswell suited to be solar station.

Marib Directorate represents the optimal governorate and the best guide of the most promising sources to exploitation.

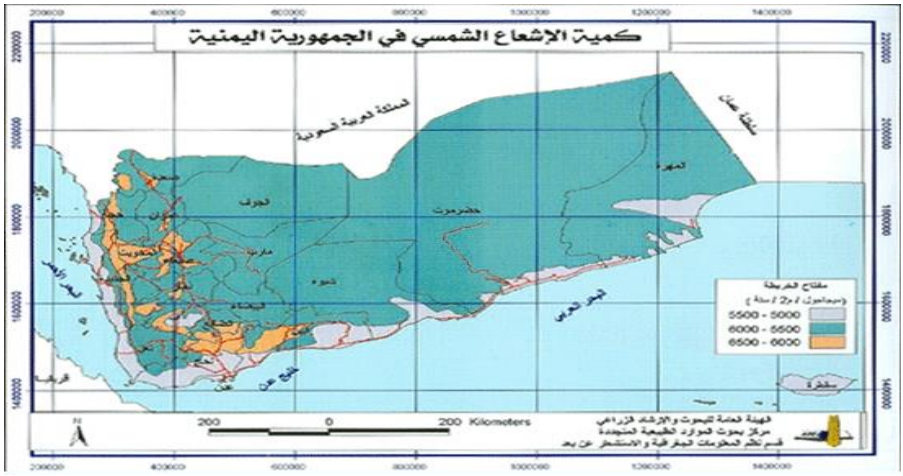
Key words: Yemen -solar radiation – ideal location.

ISSN : 2410-7727

التوزيع الجغرافي للإشعاع الشمسي في الجمهورية اليمنيـــة والعوامـــل المـــؤثرة عليه:

تمتاز أراضي الجمهورية اليمنية باستقبالها كميات كبيرة من الإشعاع الشمسي على مدار السنة نتيجة وقوعها ضمن النطاق المداري بين خط الاستواء ومدار السرطان بين درجتي العرض١٢_١٩.٥ شمالاً كما هو موضح في الشكل (1).[1].

الشكل (1) يوضح موقع اليمن والتوزيع الجغرافي لكمية الإشعاع



يظهر الموقع الفلكي (فوق ٧ درجات عرضية) أن أراضي الجمهورية اليمنية تكون ضمن المناطق المثالية لتوليد الطاقة الشمسية حيث تتراوح كمية الإشعاع الشمسي بين (350- 600) كالورى /سم٢ .يوم ولكن للأسف لم يتم الاستفادة منه كمصدر للطاقة بشكل اقتصادي حتى اليوم فقد حصرت الاستفادة منه في تجفيف المحاصيل الزراعية واستخلاص الملح وتسخين المياه إلا أنه في الآونة الأخيرة بدأ الاهتمام يتزايد بهذا المورد الطبيعي المتجدد في أنتاج الطاقة الكهربائية وتتباين كمية الإشعاع الشمسي الواصلة إلى الجمهورية اليمنية من وقت لآخر بسبب مجموعة من العوامل الطبيعية التي يستحيل التحكم فيها أوتغييرها وهي المسئولة عن التأثير على عناصر مناخ سطح الأرض وعلى المناخ السائد على الجمهورية اليمنية خلال شهور السنة وفصولها الأربعة وأهم العوامل المؤثرة على الإشعاع الشمسي هي:[2] [3]

ISSN : 2410-7727

زاوية سقوط الأشعة الشمسية :

هي الزاوية المحصورة بين أشعة الشمس والمستوي الأفقي لسطح الأرض وتختلف هذه الزاوية خلال اليوم بحسب درجات العرض فتكون الأشعة الشمسية أكثر قوة إذا كانت زاوية سقوطها عمودية والتي تعتبر أفضل زاوية وذلك لتركزها على مساحة أصغر ولقصر المسافة التي تقطعها الأشعة الشمسية مما يجعلها أقل عرضة لعمليات التبديد الجوي. درجة حرارة ساعات النهار تختلف خلال اليوم إذ أن كمية الطاقة تصل ذروتها في وقت الظهيرة عندما تكون الشمس عمودية وتقل في الصباح والعصر بسبب ميلان الأشعة وتتأخر أعلى درجة للحرارة نهاراً قليلاً عن وقت الظهيرة بسبب أن الأرض تستمر في تخزين الحرارة في الساعات التي تلي وقت الظهيرة.

الجمع بين زاوية قريبة من العمودية ونهار طويل يوفر كمية هائلة من الطاقة في الصيف وخاصة في المناطق الواقعة بين ١٥_٣٠ درجة شمالا وجنوبا والتي تعد الجمهورية اليمنية جزءا من هذه المواقع (١٢_١٩.٥ شمالا) فالموقع بالنسبة لدوائر العرض ذو تأثير كبير على عناصر المناخ من حيث تحديد زاوية سقوط الأشعة الشمسية، طول النهار وما يترتب عليهما من تحديد للمناخ لأي منطقة في الجمهورية اليمنية والجدول(1) يوضح زاوية السقوط لعدد من المحافظات المختارة بحسب الأقاليم الجغرافية في اليمن.[4].

ISSN : 2410-7727

جدول (1) يوضح زوايا السقوط الشهرية والفصلية والسنوية لعدد من المحافظات المختارة.

الفصل	الإقليم	المنخفضات الوسطى			المرتفعات الجبلية			السهول الساحلية				الهضبة الشرقية			المعدل العام
		صعده	صنعاء	المعدل	تعز	مكيراس	المعدل	الحديدة	عدن	سقطرى	المعدل	مأرب	سيئون	المعدل	
فصل الشتاء	ديسمبر	49.32	51.18	50.25	52.55	52.34	52.45	51.46	53.40	54.4	53.1	52.55	51.44	51.44	52
	يناير	57.22	59.9	58.56	60.46	60.24	60.35	59.31	61.31	62.14	60.9	60.46	58.23	59.35	59.9
	فبراير	65.12	66.59	65.86	68.35	68.14	68.25	67.26	69.19	70.04	68.83	68.35	66.13	67.24	67.9
	المعدل	57.22	59.22	58.23	60.45	60.24	60.35	59.36	61.30	62.19	60.95	60.45	58.25	59.35	59.8
فصل الربيع	مارس	72.02	74.29	73.16	76.25	76.04	76.15	75.19	77.60	77.54	76.6	76.25	74.02	75.14	75.5
	ابريل	80.52	82.39	81.46	84.15	83.54	83.85	83.06	85.00	85.44	84.5	84.15	81.52	82.84	83.2
	مايو	88.42	89.32	88.87	87.56	88.16	87.86	89.04	87.50	86.26	87.6	87.56	89.42	88.49	88.2
	المعدل	80.32	82.00	81.33	82.65	82.58	82.12	82.42	83.2	83.08	82.9	82.65	81.65	82.15	82.3
فصل الصيف	يونيو	73.28	81.41	77.35	80.05	80.26	80.16	81.14	79.36	78.36	79.62	80.05	82.05	81.05	79.9
	يوليو	88.42	89.32	88.87	87.56	88.16	87.86	89.04	87.10	86.26	87.5	87.56	89.42	88.49	88.2
	اغسطس	80.52	82.39	81.46	84.15	83.54	83.85	83.06	85.00	85.44	84.5	84.15	81.52	82.84	82.2
	المعدل	80.74	84.37	82.56	83.92	83.99	83.96	84.41	83.83	83.25	83.86	83.92	84.23	84.13	83.8
فصل الخريف	سبتمبر	73.02	74.29	73.16	76.25	76.04	76.15	75.16	77.10	86.26	79.5	76.25	74.02	75.14	76.1
	اكتوبر	65.12	66.59	65.86	68.35	68.14	68.25	67.26	69.69	70.04	68.83	68.35	66.13	67.74	67.6.
	نوفمبر	57.22	59.09	58.16	60.64	60.24	60.35	59.26	61.31	62.94	61.17	60.46	58.32	59.25	59.9
	المعدل	65.12	66.66	65.89	68.35	68.14	68.25	67.26	69.20	72.81	69.8	68.35	66.13	67.24	67.9
المعدل العام		70.85	73.06	72	73.86	73.74	73.67	73.36	74.38	75.33	74.38	73.86	72.57	73.22	73.45

يلاحظ من جدول (1) ان اقل زاوية في الجمهورية اليمنية (٤٩.٣°) سجلت في صعده أقصى الشمال، اقل زاوية لسقوط الإشعاع في جميع الاقاليم تم تسجيلها في فصل الشتاء (ديسمبر) ثم ترتفع هذه الزاوية بالتدريج حتى تتعامد على الجمهورية اليمنية وعندها تم تسجيل اعلي قيمة للزاوية علي مدار السنة في شهري (مايو، يوليو) بسبب انه في هذا الأثناء يحدث: - تحرك الشمس من خط الاستواء إلى مدار السرطان في شهر مايو ، عودة الشمس من مدار السرطان إلى خط الاستواء في شهر يوليو وكما يلاحظ أن أعلى متوسط لزاوية السقوط تم تسجيله في سقطرى يليها عدن وسيئون ثم تعز والحديدة ومأرب، المتوسط لزوايا السقوط السنوي في الجمهورية هو (٧٣.٤٥°) وهذه القيمة تقترب من القيمة العمودية مما يجعل كمية الإشعاع الساقطة على الجمهورية جيدة.

ISSN : 2410-7727

طول النهار :

المقصود به هنا المدة التي يكون قرص الشمس ظاهر في السماء ولابد من التمييز بين مدة السطوع النظري ومدة السطوع الفعلي إذ أن مدة السطوع النظري هي المدة المحصورة بين شروق الشمس وغروبها أما مدة السطوع الفعلي فهي التي يشاهد فيها قرص الشمس واضحا في السماء خلال النهار وتقل مدة السطوع الفعلي عن النظري لاحتجاب أشعة الشمس بالسحب والأتربة وعندما يصحو الجو تماماً يحدث التطابق بينهما وكلما ازداد طول النهار كلما كانت طاقة الإشعاع التي يتلقاها مكان ما أكبر مقارنة بالنهار القصير ويختلف طول النهار حسب درجة العرض في أكثر الأيام شروقا ، يدل موقع الجمهورية اليمنية على أنها تتميز بجو مشمس طوال العام ونهاراً طويلاً في أواخر الربيع وبداية الصيف في حين تقل فترة السطوع في أواخر فصلي الخريف والشتاء وإن كان هذا التباين قليل بسبب موقعها الفلكي الا أنه يؤثر في تباين معدل السطوع الشمسي والجدول (2) يوضح ذلك:

جدول(2) يوضح عدد ساعات السطوع الفعلية في عدد من محافظات الجمهورية

الشهر / المحافظة	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل
صعده	9.2	9.2	9.4	8.5	10.6	10.2	5.9	7.2	8.3	10.5	10.3	10.3	9.2
صنعاء	9.6	9.4	8.9	8.8	9.0	9.0	6.2	7.1	9.0	10.5	10	10	9.0
ذمار	9.7	9.6	9.3	8.7	8.8	9.2	7.0	7.5	8.5	9.9	10.1	9.6	9.0
حجه	5.1	5.3	5.7	7.0	7.2	7.3	7.0	6.2	7.0	7.2	6.3	6.3	6.5
أب	8.6	9.2	8.7	8.4	7.5	6.9	5.4	5.3	6.8	9.3	8.8	8.8	7.8
تعز	8.4	8.7	9.1	8.7	8.8	7.4	7.0	7.6	8.0	9.4	9.5	8.7	8.4
الحديدة	8.1	8.0	8.3	8.9	9.1	6.3	6.3	7.3	7.8	9.3	9.4	8.1	8.1
الريان	8.7	8.9	8.5	10	9.6	5.8	7.5	8.5	7.9	10.1	9.7	9.8	8.8
سيئون	7.6	8.2	8.4	8.5	8.9	8.3	7.5	8.0	8.2	8.7	8.3	7.7	8.2
مأرب	9.7	9.1	9.0	8.7	9.9	9.4	8.2	8.5	9.2	10.3	10.4	9.6	9.3

من خلال الجدول (2) يلاحظ أن حجة هي أقل المناطق اليمنية من حيث عدد ساعات السطوع الفعلية بمعدل ٦.٥ ساعة /يوم ويرجع سبب ذلك إلى كثرة الغيوم وانتشار الضباب على أراضيها معظم أيام السنة بينما نجد أن أعلى المناطق اليمنية

ISSN : 2410-7727

سطوعاً هي مأرب حيث يبلغ معدل ساعات السطوع بها ٩.٣ ساعة/يوم ويرجع سبب ذلك إلى صفاء السماء في هذه المحافظة، يلاحظ تسجيل اعلي عدد ساعات سطوع للهضبة الشرقية في مأرب ٩.٣ ساعة/يوم، للسهول الساحلية في الريان ٨.٨ ساعة/يوم، للمرتفعات الجبلية في تعز٨.٤ ساعة/يوم وللمنخفضات الوسطى في صعدة ٩,٢ساعات/يوم.

صفاء السماء :

يقصد به خلو الجو من السحب وقلة محتواها من الشوائب المتمثلة في المركبات المختلفة الغازية، السائلة (قطرات السحب) والصلبة (العوالق والغبار والدخان) نظراً لما تقوم به من أعاقة لجزء من الإشعاع عبر عمليات الانتشار والانعكاس والامتصاص، لذلك فإن صفاء السماء تؤدي دورا بارزاً في كمية الأشعة الشمسية التي تصل السطح الأرض.

تمتاز ٧٠٪ من مساحة الجمهورية اليمنية بانخفاض الرطوبة النسبية ويقل فيها نسبة التغييم عن ٣٠٪ ونسبة الغيم هذه متفرقة تتكون أحيانا ولكن سرعان ما تتبدد هذه السحب لتعود السماء إلى صفائها وفي فصل الصيف وعندما تكون الشمس عمودية على مدار السرطان فإن الإشعاع الشمسي يرتفع كثيرا لعدم وجود ما يخفض من حدة شروق الشمس وعلى الرغم من الامطار الجمهورية اليمنية صيفية فإن قلة هذه الأمطار يعني قلة الغيوم التي تغطي السماء باستثناء محافظتي إب وحجة التي تكون نسبة التغييم بهما مرتفعة بشكل عام.

كمية الإشعاع الشمسي :

يلاحظ ان المناطق التي تحظى بطول عدد ساعات السطوع تمتاز بكميات إشعاع كبيره مما يؤهلها لإنتاج الطاقة المتجددة والجدول (3) يوضح التوزيع الجغرافي لكمية الإشعاع اليومية ومنه لوحظ أن إقليم الهضبة الشرقية هو الأعلى من حيث كمية الإشعاع بمتوسط إشعاع يومي على مدار السنة يبلغ ٢١.٧ ميجا جول /م٢.يوم يليها إقليم المنخفضات الوسطى بمعدل ٢١.٢ ميجا جول /م٢.يوم مما يؤهلهما بشكل كبير لتوليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية، كما يلاحظ تسجيل اعلي

ISSN : 2410-7727

معدل سنوي لكمية الإشعاع للهضبة الشرقية في مأرب ٢٢.٤ ميجا جول /م٢.يوم، للمنخفضات الوسطى في صنعاء٢١.٩ ميجا جول /م٢.يوم، للسهول الساحلية في الريان ٢٠.٤ ميجا جول /م٢. يوم وللمرتفعات الجبلية في تعز١٩.٩ميجا جول /م٢.يوم. [5]

جدول(3) يوضح معدل كمية الإشعاع الشمسي اليومي (ميجا جول/م٢.يوم).

الفصل / الإقليم	المحطة	فصل الشتاء				فصل الربيع				فصل الصيف				فصل الخريف				المعدل السنوي
		ديسمبر	يناير	فبراير	المعدل	مارس	ابريل	مايو	المعدل	يونيو	يوليو	أغسطس	المعدل	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	المعدل	
السهول الساحلية	الحديدة	16.6	16.3	17.8	16.9	18.8	20.8	21.1	20.2	17.7	17.4	18.7	17.9	18.8	19.9	18.2	19	18.5
	عدن	17.7	17.8	19.8	18.4	21.3	21.6	21.6	21.5	19.4	18.9	19.9	19.4	19.9	21	19.6	20.2	19.9
	الريان	19.2	18.2	20.2	19.2	20.7	23.8	23.1	22.5	16.8	19.6	21.4	19.3	19.8	22.4	20.1	20.8	20.4
	المعدل	17.8	17.4	19.3	18.2	20.3	22.1	21.9	21.4	18	18.6	20	18.9	19.5	21.1	19.3	20	19.6
المرتفعات الجبلية	تعز	17.8	18	20	18.6	21.2	21.8	21.8	21.6	19.1	18.3	19.5	19	19.6	21.4	20	20.3	19.9
	حجة	13.9	12.7	14.4	13.7	16.5	19.8	20.3	18.9	19.9	19.8	18.4	19.4	18.3	17.8	14.6	16.9	17.2
	إب	17.3	17.5	20.5	18.4	21.1	21.9	20.7	21.2	19.7	17.5	17.3	18.2	18.6	21	18.4	19.3	19.3
	المعدل	16.3	16.1	18.3	16.9	19.6	21.2	20.9	20.6	19.6	18.5	18.4	18.8	18.8	20.1	17.7	18.8	18.8
المنخفضات الوسطى	صنعاء	19	19.2	21.4	19.9	22.6	23.9	24.3	23.6	23.7	20.3	21.4	21.8	22.8	23.1	20.5	22.2	21.9
	صعده	18.1	18	19.6	18.7	21.5	22.1	25.4	23	23.7	18.7	20.3	20.9	20.6	22.1	19.3	20.7	20.8
	ذمار	18.8	19.5	21.3	19.9	22.1	22.6	22.8	22.5	22.5	19.9	20.6	21	21.2	21.1	19.3	20.5	21
	المعدل	18.6	18.9	20.8	19.4	22.1	22.9	21.2	23	23.3	19.6	20.8	21.2	21.5	22.1	19.7	21.1	21.2
الهضبة الشرقية	مأرب	19.1	19	21.3	19.8	22.8	23.7	25.9	24.1	24.2	22.7	23.1	23.3	23	23.1	21.1	22.4	22.4
	مأرب	16.9	17.3	20.1	18.1	21.8	23.2	24	23	22.1	21.6	22.4	22	21.9	20.5	18.6	20.3	20.1
	المعدل	18	18.2	20.7	19	22.3	23.5	25	23.6	23.2	22.2	22.8	22.7	22.5	21.8	19.9	21.4	21.7

التضاريس :

تؤثر التضاريس على النحو الآتي:

١) المرتفعات الجبلية تؤثر على كمية الطاقة الإشعاعية الواصلة بالزيادة كونها تقلل من سماكة الغلاف الجوي وبذلك يقل تأثير العوامل الجوية كالامتصاص والانعكاس للطاقة الشمسية.

٢) يؤثر اتجاه السفوح وانحدارها على زاوية ارتفاع الشمس فعندما يكون انحدار السفح الجبلي بدرجة مناسبة جنوبا بحيث يزيد من ارتفاع الشمس لتقترب من العمودية فإنه يؤدي إلى زيادة كمية الطاقة الشمسية عن طريق تقليل الانعكاس.

ISSN : 2410-7727

٣) تبرز أهمية عامل التضاريس كأحد عوامل التحكم في كمية الطاقة الشمسية الواردة إلى سطح الأرض من خلال إن السفوح المواجهة لأشعة الشمس تستقبل اكبر قدر من الإشعاع الشمسي مقارنة مع السفوح الواقعة في الظل. كما أن المناطق المنخفضة لا تصلها الأشعة إلا بعد وقت متأخر وتتركها في وقت مبكر ولذلك نجد أن كمية طاقة الإشعاع الشمسي تظهر من خلال درجات الحرارة في الجمهورية اليمنية والتي تتخذ نطاقات طولية بحيث تتطابق حدودها مع حدود المظاهر التضاريسية الرئيسية التي تمتد في الاتجاه نفسه والسلسلة الجبلية الممتدة من الشرق إلى الغرب تكون السفوح الجنوبية مواجهة لأشعة الشمس لفترة أطول من السفوح الشمالية .وبالتالي تكون كمية الأشعة بها أكبر أما السفوح الشمالية فلا تكون مواجهة لأشعة الشمس إلا في فصل الصيف خلال شهرين أو ثلاثة (بين مايو إلى يوليو) أثنا حركة الشمس الظاهرية من مدار السرطان والعودة إليه وكذلك نجد إن خطوط الحرارة المتساوية من الشرق إلى الغرب تعطي مؤشرا علي إن الجمهورية اليمنية من أفضل المواقع لتركيب محطات أنتاج الطاقة الشمسية .

٤) إن شدة انحدار التضاريس وطولها قد لا تجعل أشعة الشمس تصل إلى الأودية إلا في فترة متأخرة من النهار وعلى العكس بالنسبة لقمم الجبال وبالتالي تختلف كمية الطاقة الإشعاعية اليومية من قمم الجبال إلى حضيضها باختلاف طول المدة الضوئية.

٥) المنطقة الشرقية من الجمهورية معظم أراضيها صحراوية ولا يظهر على سطحها أي تضاريس مرتفعة سوى هضبة حضرموت مما يجعل تأثير هذا العامل (الجبال في حجب الأشعة الشمسية) على المنطقة غير ملموس بل يكاد ينعدم وعليه فإن هذه المنطقة سوف تكون أفضل المواقع للتزود بالطاقة الشمسية. [6]

٦) من خلال التحليل السابق نجد إن الجمهورية اليمنية مؤهلة لإنتاج الطاقة الكهربائية عبر استثمار الإشعاع الشمسي الذي تمتلكه وانخفاض تأثير العوامل الجغرافية على كميته الاقتصادية مشجعة على الاستثمار بنجاح.

ISSN : 2410-7727

اختيار المحافظة الأمثل من كل اقليم :

هناك عدد من العوامل الأخرى التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند اختيار الموقع الخاص بالمحطة للوصول إلى أعلى كفاءة ممكنه وذلك من خلال اختيار المنطقة التي تتميز بـ:

1-أكبر كمية من الإشعاع الشمسي الساقط.

2-أعلى متوسط ميل لزاوية سقوط الأشعة الشمسية

3-أعلى معدل لساعات السطوع الفعلية.

بناء على هذه العوامل ومن خلال الجداول (1- 3) تم اختيار المحافظة الأمثل من كل إقليم لتكون موقعاً للمحطة:

جدول (4) يوضح المحافظات المختارة من كل إقليم.

الإقليم	المحافظة المختارة
السهول الساحلية	حضرموت -الريان
المرتفعات الجبلية	تعز
المنخفضات الوسطى	صنعاء
الهضبة الشرقية	مأرب

مقارنة العوامل الثلاثة الآنفة الذكر للمحافظات الأربع مبينة فيالجدول (5)، من خلاله يتضح بأن المناطق الأربع السابقة مهئية لأن تكون موقعا" للمحطة الشمسية الحرارية باعتبارها أفضل المناطق ضمن الأقاليم الأربعة. أما بالنسبة للمساحة فإنموقع المحطة سيكون خارج المدن السكنية وبعيداً عن المواقع الصناعية وفي هذه المناطق تكون المساحة المطلوبة لإنشاء المحطة متوفرة، أما بالنسبة للمياه اللازمة للمحطة والتي يستخدم ٩٠٪ منها في أبراج التبريد والمبادلات الحرارية فيمكن استبدالها بدوائر امتصاص تستخدم الأمونيا والماء أو بروميد الليثيوم والماء.[7]

ISSN : 2410-7727

جدول (5) يوضح خصائص أفضل المناطق في الجمهورية اليمنية.

وجه المقارنة / المنطقة	ساعات السطوع الفعلية	كمية الإشعاع ميجا جول/ م.يوم^2	زاوية سقوط الاشعاع	طريقة التبريد المفضلة	النسبة المئوية لصفاء السماء	شبكة الربط	مصدر المياه
صنعاء	9.0	21.9	73.06	دوائر امتصاصي + مياه تبريد	75% والنسبة غير مستقرة بسبب الامطار	متوفرة	المياه الجوفية
الريان	8.8	20.4	74.50	مياه البحر	74%	متوفرة	مياه البحر
تعز	8.4	19.9	73.86	دوائر امتصاص	68%	متوفرة	المياه الجوفية
مأرب	9.3	22.4	73.86	دوائر امتصاصي + مياه تبريد	78%	متوفرة	المياه الجوفية

من خلال الدراسة السابقة للإشعاع الشمسي في الجمهورية اليمنية والجدول (5) تبين أن أفضل موقع للمحطة الشمسية هي محافظة مأرب الموضحة في الشكل (2) وذلك للأسباب الآتية :[8].

١) تمتاز محافظة مأرب بأعلى معدل سنوي لسطوع شمسي على مستوى الجمهورية ٩.٣ساعة /يوم

٢) تمتاز محافظة مأرب بأعلى معدل سنوي للإشعاع الشمسي على مستوى الجمهورية (٢٢.٤ ميجا جول /م^2. يوم)

٣) تمتاز محافظة مأرب بأعلى معدل سنوي لزاوية السقوط (٧٣.٨٦°) على مستوى المحافظات الأربع.

٤) تمتاز محافظة مأرب بأعلى نسبة مئوية سنوية لصفاء السماء (٧٨٪) على مستوى الجمهورية

٥) وجود محطة مارب الغازية فيالمحافظة مثل عامل ايجابي سيؤدي الى تقليل تكاليف نقل وتوزيع التيار الكهربائي.

٦) توفر المساحة اللازمة لإنشاء المحطة عليها بما أن المحافظة ذات بيئة صحراوية يوجد بها مساحات شاسعة مما يجعلها مناسبة من حيث وفرة وتكلفة الارض

ISSN : 2410-7727

التي ينبغي ان يقام عليها المشروع او من حيث تضاريس الارض الصحراوية وخلو المنطقة من الجبال التي قد تؤثر على الاشعاع الشمسي.

٧) توفر خطوط النقل في المحافظة سيساهم في التخلص من تكاليف شق الطرق وتعبيدها مما سيساعد في تخفيض تكاليف الإنشاء.

الشكل (2) يوضح موقع وحدود محافظة مأرب

إن اختيار الموقع الذي ينبغي تنفيذ المشروع عليه يجب ان تنطبق عليه العديد من الشروط التي تؤثر بشكل مباشر على التكلفة الاقتصادية لإنشاء المحطة وعلى قدرة المحطة في توليد الطاقة الكهربائية بأقصى كفاءة ممكنه وتتمثل شروط اختيار الموقع في الآتي:[7]

a-المساحة اللازمة ومواصفاتها:

تحتاج محطات الطاقة الشمسية الى مساحات واسعة من الاراضي لاستقبال أكبر قدر ممكن من الأشعة وكلما كانت المساحة متوفرة بشكل كبير أمكننا الحصول على فوائد اقتصادية للتشغيل كما ان توسعة المحطة مستقبلا"ستؤدي الي تخفيض تكاليف التشغيل والصيانة حتى ٣٥٪ كون الحاجة للعمال تقل مع زيادة عدد المنشئات.

ISSN : 2410-7727

b-الشبكة الكهربائية للربط:

إن التوليد الاقتصادي للتيار الكهربائي في محطات الطاقة الشمسية يشترط الربط بشبكة وصل لجر التيار وكون الاشعاع الشمسي يمثل صفة أساسية محددة للموقع لذلك يجب اختيار موقع للمحطة أقربما يمكن من شبكة نقل التيار الكهربائي.

c-طرق النقل :

بما أن المناطق ذات الاشعاع المرتفع تقع بعيداً عن التجمعات السكنية والمنشئات الاقتصادية مما سيضطرنا الي انشاء وصلات طرفية مرتبطة بشبكة الطرق العامة، في مرحلة إنشاء المحطة يجب إيصال أجزاء المحطة والتي تكون عادة ذات أبعاد وأوزان كبيرة ومن أجل تحقيق ذلك يجب أن تجهز وتعالج الطرق من حيث العرض والميول وارتفاع الجسور وبما أنه سوف يتم نقل أجزاء من المحطة قابلة للكسر والتي ستنقل بأعداد كبيرة هذا يؤدي الى زيادة الكلفة على تجهيز الطرق ومعالجتها. عندما تبلغ كلفة الربط بشبكة الطرق أكثر من 10%من مجمل كلفة المحطة عندها يسمح للموقع المقترح ان يبعد فقط بمقدار 50كم عن شبكة الطرق، كما ان توفر خطوط النقل في المحافظة سيساهم في التخلص من تكاليف شق الطرق وتعبيدها مما سيساعد في تخفيض تكاليف الإنشاء

d-التضاريس

عامل التضاريس يعتبر عاملاً مهماً في اختيار الموقع بالاضافة الى ان المناطق الجبلية لا يمكن ان تتوافر فيها المساحة الكافية لتشييد المحطة كما انه يتم حجب الشمس، لذلك يفضل أختيار تضاريس جغرافية منخفضة .

اختيار الموقع الامثل للمحطة داخل محافظة مأرب :

بناء على معايير اختيارالموقع والعوامل الاخرى آنفة الذكرفقد تم اختيار ثلاثة مواقع محتملة داخل محافظة مأرب ، الموضحة في الشكل (3) وهي:

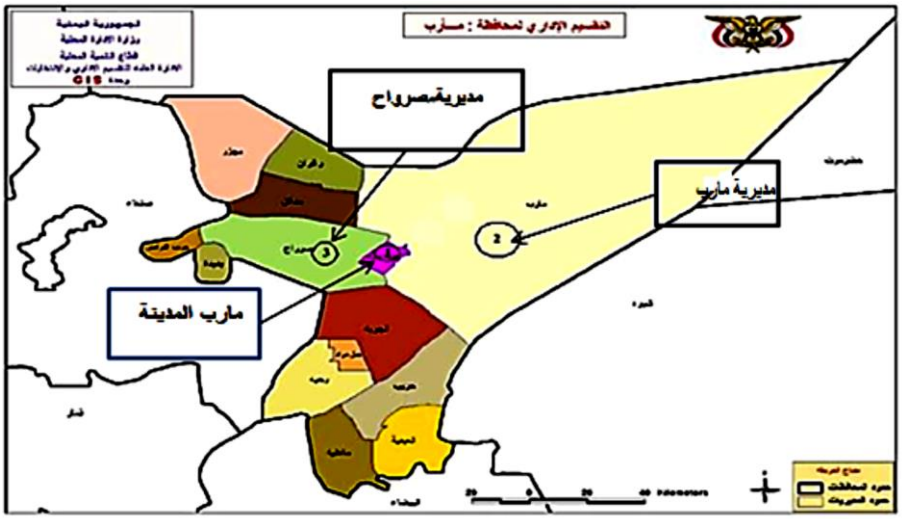
1-مأرب المدينة .

2-مديرية مارب.

ISSN : 2410-7727

3-مديرية صرواح.

الشكل (3) يوضح التقسيم الاداري لمحافظة مأرب والمناطق المختارة ضمن المحافظة.



المواقع السابقة لها نفس البيانات كون الدراسات السابقة للإشعاع الشمسي كانت للمحافظة ككل لذلك تم الاستعانة بالمعلومات الجيولوجية الخاصة بالجمهورية اليمنية والتي ستساعدنا في تحديد الخيار الأمثل من بين الخيارات المتاحة، بعد الاطلاع علي المعلومات الجيولوجية للثلاث المناطق المختارة تبين أن:

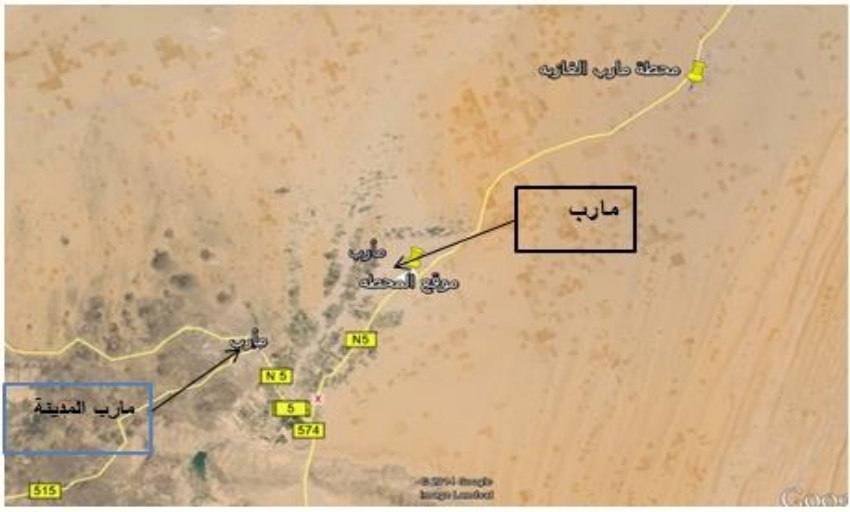
١) منطقة مأرب المدينة منطقة مأهولة بالسكان ومساحتها صغيرة لذلك تم استبعادها كموقع للمحطة كونالمحطة بحاجة الى مساحات كبيرة رغم قرب المنطقة من خطوط النقل ومن الشبكة .

٢) منطقة صرواح تعتبر منطقة جبلية لذلك تم استبعادها كموقع للمحطة كون المحطة بحاجة الى مساحة كافية لتشييد المحطة وان تكون الارض منبسطة لتقليل التكاليف الانشائية.

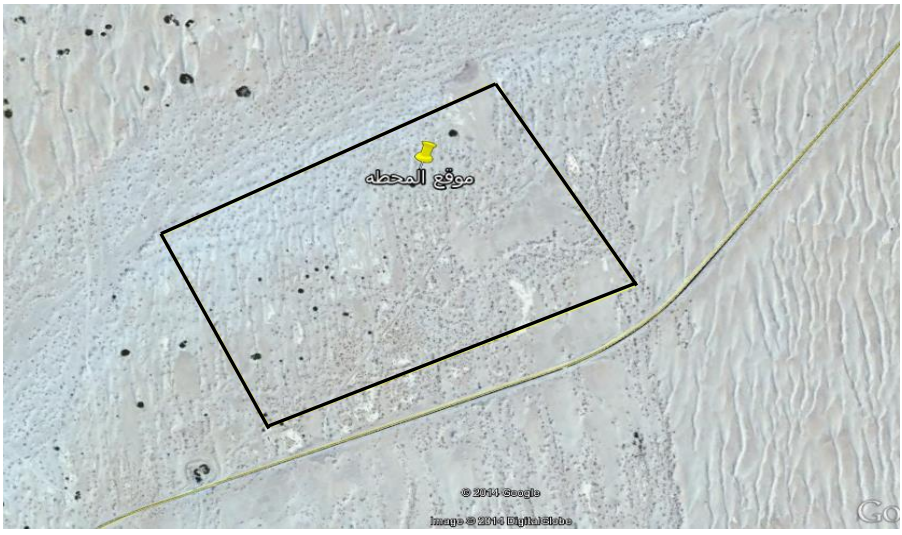
٣) منطقة مديرية مأرب عبارة عن منطقة شبه صحراوية وتتوفر فيها المساحات الشاسعة وتعتبر ايضاً قريبة من خطوط النقل والمواصلات وتبعد عن مدينة مأرب ١٥ كم وعن محطة مأرب الغازية ٣٣.٥ كم مما يؤهلها لتكون الموقع المقترح .

ISSN : 2410-7727

الموقع المقترح للمحطة في مديرية مأرب موضح في الشكل (4، 5) والمبين فيهما موقعها بالنسبة لمدينة مأرب والمحطة الغازية كما يبعد عن خطوط النقل ٢٥٠م.



الشكل (4) يوضح الموقع المقترح للمحطة بالنسبة لمدينة مأرب والمحطة الغازية



الشكل (5) يوضح الموقع المقترح للمحطة الشمسية

ISSN : 2410-7727

النتائج:

١) أراضي الجمهورية اليمنية تكون ضمن المناطق المثالية لتوليد الطاقة الشمسية مما يؤهلها لإنتاج الطاقة الكهربائية عبر استثمار الإشعاع الشمسي وكما ان انخفاض تأثير العوامل الجغرافية على كميته الاقتصادية تشجع على الاستثمار بنجاح.

٢) محافظات مأرب والريان وصنعاء وتعز هي أفضل أربع مناطق من كل إقليم وجميعها مهئية لأن تكون موقع للمحطة الشمسية وأمثل المحافظات هيمحافظة مارب لامتلاكها أعلي إمكانيات للطاقة الشمسية.

٣) مديرية مارب ضمن المحافظة الأمثل (مارب) هي أفضل المواقع في الجمهورية اليمنيةوتمثل أفضل دليل للمصادر الواعدة الاستغلال والموقع يتميز ببئية شبه صحراوية ،مساحات شاسعة ويبعد عن مدينة مأرب ١٥ كم وعن خطوط النقل والمواصلات ٢٥٠م وعن الشبكة الكهربائية لمحطة مأرب الغازية ٣٣.٥ كم.

المراجع :

١) الأرصاد الجوية اليمنيةhttp://www.yms.gov.ye

٢) مقبل الحياسي.2012.دراسة الاشعاع الشمسي. قسم الجغرافيا. جامعة ذمار.

٣) شركة (IREN) للبحث العلمي والمعلوماتhttp://irena.masder.ac.ae.

٤) الحياسي.2012. الإشعاع الشمسي وطاقة الرياح ودورهما في انتاج الطاقة في اليمن. رسالة الماجستير. كلية الآداب جامعة ذمار.

٥) https://www.en.openei.org .

٦) المركز الوطني للأبحاث والمعلومات http://www.yemen-nic.info

٧) المحمد. جورج.2007. محطات توليد الطاقة.

٨) مناخ محافظة مأرب.2009. كتاب صادر عن الأرصاد الجوية اليمنية.