مجلة جامعة ذمار للعلوم الطبيعية والتطبيقية
17 -01 (3)B 2010
ISSN: 2073-0764
© 2010 Thamar University

TuJNaS

دراسة إمكانية استعمال متغير تراكم الغيوم في حساب كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على الأراضي اليمنية

عبدالله احمد بارعدي[1] و محمد عبدالله السقاف[1] و محمد سعيد المشجري[2]

1 كلية الهندسة والبترول – جامعة حضرموت للعلوم والتكنولوجيا – حضرموت – اليمن
2 كلية العلوم البيئية و الأحياء البحرية ـ جامعة حضرموت للعلوم و التكنولوجيا– حضرموت – اليمن
abdullah_raadi@yahoo.com

ملخص

محدودية توفّر البيانات حول كمية الإشعاع الشمسي الكلي المرتبط بنسب تراكم الغيوم من محطات الرصد المناخي في اليمن تستدعى ضرورة استخدام الطرق غير المباشرة لحساباته ، و قد استخدمنا الطريقة المنهجية المقترحة من قبل الباحثين لبيرلياند.ت.ج ـ سروكينوي. ل.أ التي تعطى إمكانية لحساب هذا الإشعاع الشمسي باستخدام كمية الغيوم الحقيقية $\mathbf{n_s}$ المتواجدة في مراكز شبكة زوايا خطوط العرض ـ الطول كل $5^o \times 5$ ، التي تتطلب فقط بيانات شهرية حول نسب تراكم الغيوم ، التي يمكن أن تأخذ من الشبكة بدلالة إحداثيات زوايا خطوط الطول والعرض للمنطقة المعنية و دون الرجوع لمعرفة القيم الحقيقية لتراكم الغيوم للموقع المعني من مراكز الرصد المناخي$\mathbf{n_1}$.

تشير نتائج البحث إلى أن النسبة السنوية لمعدل انحراف كمية الإشعاع الشمسي الكلي عند تراكم الغيوم المحسوب بطريقة لبيرلياند.ت.ج ـ سروكينوي.ل.أ $\mathbf{Q_{Rns}}$ ، عن كمية الإشعاع الشمسي الحقيقي المأخوذ مباشرة من مراكز الرصد المناخي Q_F ، لكل من: عدن ، والريان ، وبريم ، وكمران و صنعاء على التوالي قد بلغت $|\Delta_A|=15.3\%$ $|\Delta_R|=11.3\%$ ، $|\Delta_P|=11\%$ ، $|\Delta_K|=8.3\%$ ، $|\Delta_S|=14.5\%$ ، وهي نسب تدخل في مجال المسموح به باستخدام النتائج النظرية للإشعاع الشمسي الكلي المحسوب بمعادلة لبيرلياند.ت.ج المرتبط بمتغير تراكم الغيوم $\mathbf{n_s}$ ، في الحسابات الحرارية لتصميم مجمعات و محطات الطاقة الشمسية. كما تؤكد هذه النتائج إمكانية استخدام متغير تراكم الغيوم n_s في حساب الإشعاع الشمسي الكلي $\mathbf{Q_{Rn1}}$ لأي موقع إحداثي في اليمن بدلا عن $\mathbf{Q_F}$ في حالة عدم توفره أو توفر قيمة معامل تراكم الغيوم الحقيقي $\mathbf{n_1}$ في مراكز الرصد المناخي اليمني.

الكلمات الدالة : حساب حراري ، الإشعاع الشمسي ، تراكم الغيوم ، اليمن.

المقدمة

إن مشكلة تأمين استمرارية مصادر الطاقة التقليدية لتغطية متطلبات البشرية الصناعية والزراعية و الاجتماعية من جهة ، وما تتركه من مخلفات و نفايات تضر بالبيئة البشرية و الطبيعية من جهة أخرى ، إضافة إلى ما تم عرضه في مداولات مؤتمر كوبنهاجن 2009 م حول الأثر السلبي للطاقة على البيئة كل ذلك يجعل مسألة الحصول على طاقة بديلة تحتل موقعا متقدّما في دائرة اهتمام كل دول العالم المتقدم والنامي على حد سواء ، بغض النظر عما يمتلكه البعض من احتياطيات هائلة من

النفط و الغاز الطبيعي كون تلك المصادر قابله للنفاد و النضوب الحتمي [1] . مع الإشارة إلى أن اليمن و المنطقة العربية تدخل في دائرة الدول التي تمتلك أعلى إشعاع شمسي في العالم ، إذ تصل كثافة الإشعاع الشمسي فيه كحد أقصى $1000\ W/m^2$ في منتصف النهار و بمتوسط من $250 - 300\ W/m^2$ ، أي بما يعادل $6\ kW.h/m^2/day$ [11,18] .

واليمن كغيرها من تلك الدول تشعر بخطورة المؤثرات السابقة و بالقلق من الجوع الطاقي المستقبلي كونها تعاني فعلا من انخفاض في معدل إنتاجها من النفط خلال الأعوام الماضية [2] ، كل ذلك يقابله دراسات وأبحاث تشير إلى ما تملكه اليمن من إمكانات تكنولوجية متاحة تتنبأ لها بإشراك مصادر من الطاقة البديلة و منها الطاقة الشمسية لتوليد نسبة من الطاقة الكهربائية الكلية تصل إلى حوالي 12% بحلول عام 2020 م [5]. مما يفتح مستقبلا أوسع لاستثمار الطاقة الشمسية فيها وخفض استنزاف احتياطياتها من المخزون النفطي المؤكد.

أهمية البحث

تبرز أهمية البحث في إيجاد قيم حسابية لكمية الإشعاع الشمسي الكلي لا تنحرف كثيرا عن قيم كمية الإشعاع الشمسي الحقيقي الكلي المسجلة بمحطات مراكز الرصد المناخي اليمنية لاستخدامها في الحسابات الحرارية . و يمكن أن تستعمل هذه القيم الحسابية بدلا عن القيم المسجّلة للإشعاع الشمسي الكلي لتلك المناطق التي لم تتوفر لها مثل تلك القيم و الراغبة في استثمار تكنولوجيا الطاقة الشمسية. إذ وجدنا أن إحصائية بيانات قيم كميات الإشعاع الشمسي الكلي بوجود الغيوم المسجّلة في محطات الرصد المناخي في اليمن إما أن تكون صعبة الحصول عليها أو غير متوفرة على الإطلاق لأغلب المواقع الفلكية اليمنية ، بسبب قلّة عدد المحطات أو التباعد فيما بينها، مما يؤدي إلى عرقلة مباشرة في تنفيذ الكثير من مشاريع الطاقة الشمسية الكهربائية أو الحرارية خصوصا في الأرياف و المناطق النائية .

الجهات المستفيدة من نتائج البحث

يمكن أن يستفيد من نتائج هذا البحث الأفراد في المجتمعات الريفية ، وكذا كل من وزارة الكهرباء ، وزارة الزراعة و الري ، وزارة المياه و البيئة ، وزارة النفط و المعادن عند وضع خططها ألاستراتيجيه الحالية أو المستقبلية لتوليد الطاقة الحرارية أو الكهربائية من الوقود الاحفوري ، من خلال دمج نسب من الطاقة الكهروشمسية أو الحرارية للإنتاج الطاقي الكلي التقليدي في اليمن، لهدف ترشيد الاحتياطي المؤكد لمخزونها من النفط و الغاز الطبيعي وحماية البيئة من التلوث فيها.

هدف البحث

يهدف البحث إلى معالجة مسألة شحّه الحصول على بيانات للإشعاع الشمسي الشهري عند تراكم نسب من الغيوم تكون مقاربة لكمية الإشعاع الشمسي الكلي الحقيقي للمناطق الداخلة في إطار الموقع الفلكي لليمن، مما يسمح بتحليلها وإمكانية وضعها في منحنى بياني سنوي يساعد على الاستثمار في تكنولوجيا الطاقة الشمسية، إضافة إلى وضع منهج لحساب متوسط قيم كمية الإشعاع الشمسي الكلي بوجود نسب من تراكم الغيوم بواسطة معادلة حسابية أحادية المتغير(نسب تراكم الغيوم) و ترتبط فقط بزوايا خطوط العرض ـ الطول لأي موقع في لليمن و تحديد صحة نتائج عملها.

الحالة المناخية وإحداثيات الموقع المستهدف للبحث

يستهدف البحث كل الأراضي اليمنية الممتدة ضمن دائرتي زوايا العرض ^{o}12-20 شمالا ، وهذا يأخذ بالاعتبار المياه الإقليمية لجزيرة سقطرى ، و زوايا خطوط الطول التي تقع ضمن المنطقة الزمنية (^{o}42-) (`54^{o}.5-) . مناخه يتدرّج مابين حار رطب ومعتدل وصحراوي ، تتراوح ساعات سطوعه الشمسي بين 9.1-7.3 ساعة في اليوم و بمعدل سنوي من ساعات سطوع الشمس يصل إلى 3250 ساعة و يصل طول نهاره النظري مابين 11-13ساعة. وتبلغ كمية نسب تراكم الغيوم في المتوسط ما بين 2-3 نقطة وأحيانا قد تصل في الشتاء إلى 4 نقاط. المتوسط السنوي للأيام الخالية من السحب أكثر من 200 يوم. كما إن أكثر من 70% من مساحة اليمن تقل نسبة الغيوم فيها عن 30% [9,3].

منهجية وطرق البحث

ارتكز منهج البحث على الطريقة الحسابية والتحليل الإحصائي للبيانات النظرية و التطبيقية لكمية الإشعاع الشمسي الكلي بوجود الغيوم و معالجة نتائجها و تحديد درجة انحراف كمية الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rn1} المحسوب بطريقة تراكم الغيوم عن الحقيقي المرصود في مراكز الرصد n_1 بالإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rns} المحسوب باستخدام معامل تراكم الغيوم n_s المأخوذ من الشبكة ، و مقارنه درجة انحراف كل منهما على حدة عن كمية الإشعاع الشمسي المأخوذ مباشرة من مراكز الرصد Q_F لتحديد مدى السماح باستعمال قيم كل من Q_{Rn1} و Q_{Rns} في الحسابات الحرارية و التصميمية بدلا قيم Q_F في حالة عدم الحصول عليها ، وقد تمّ لهذا الغرض استخدام المعادلة الرياضية المقترحة من قبل الباحثين لبيرلياند.ت.ج ـ سروكينوي.ل.أ التي استخدما فيها كمية تراكم الغيوم الحقيقية n_s المتواجدة في مراكز تقاطع الشبكة العالمية المرتبطة بزوايا خطوط الطول ـ العرض المقسمة وبفارق ^{o}5×5 فيما بينها [10] . ولكي نستفيد من إمكانيات بيانات هذه الشبكة لتغطية متطلبات البحث قمنا باختيار جزء منها المحصور ما بين زوايا العرض (^{o}N(12-20) ، و زوايا الطول (^{o}E`54-42.5)، (جدول(5)) وهو عبارة عن إحداثيات الموقع الفلكي الذي يحدد المساحة الإقليمية للجمهورية اليمنية ، من أجل حساب كمية سقوط الإشعاع الشمسي الكلي بوجود نسب من تراكم الغيوم n_s على كل متر مربع منه ، إذ أن حساب هذا الإشعاع الشمسي بهذه بالمعادلة 1 ، يتطلب فقط توفّر بيانات شهرية حول نسب تراكم الغيوم للمنطقة المعنية n_1 و في حالة غيابها يمكن أن تأخذ هذه النسب من شبكة تراكم الغيوم n_s الدولية بدلالة تقاطع إحداثيات خطوط زوايا الطول ـ العرض فيها و مساواتها أو مقاربتها بالموقع الفلكي لنفس المنطقة المعنية أو المستهدفة للبحث.

من تحليلنا و دراستنا للكثير من الأبحاث و الدراسات ذات العلاقة بحساب الإشعاع الشمسي الكلي عند تراكم الغيوم ، استنتجنا بان هناك الكثير من الطرق المنهجية والمعادلات المختلفة لحساب الإشعاع الشمسي الكلي المرتبط حلها بالكثير من المتغيرات الفيزوحرارية أو المناخية التي غالبا ما تكون بياناتها غير متوفرة أو دقيقة . من أهم تلك المعادلات الحسابية المرتبطة بحساب الإشعاع الشمسي الكلي للأغراض التطبيقية هو ما تم بحثه من قبل بعض الباحثين و انعكس في نماذجهم الحسابية غير المباشرة مستخدمين متغير نسب تغطية الغيوم لسماء المنطقة المعنية و غيره من المتغيرات الفيزوحرارية و المناخية المؤثرة في حساب هذا الإشعاع الشمسي ، يعتبر هذا المتغير مؤشر جيد للرصد المناخي وتكون قيمته مرتبطة بتغيرات شدة الإشعاع و بصورة خاصة في قيمة محصلته فالباحثين سافينوف ـ انقستريم اقترحا معادلة لحساب الإشعاع الشمسي الكلي الشهري

بوجود الغيوم آخذين بالاعتبار ضرورة معرفة مدة استمرارية الإضاءة الشمسية إضافة إلى إدخال معامل تجريبي يصف إمكانية الغيوم في تمرير الإشعاع الشمسي قصير الموجة [13]. أما العالم البيرت . ف فقد أشار إلى أن حساب قيمة هذا الإشعاع يتطلب معرفة متوسط ارتفاع الشمس للشهر المحدد [14] . في حين أوضح العالم افركييف .م.س بأن قيمة المعامل التجريبي في فصل الشتاء لا تعطي قيم جيده نظرا لعدم حساب اثر البيدو وهو ما يستدعى إيجاد بيانات إضافية لمعالجة ذلك[4] .أما معادلة كيريلوفا.ت.ب فتطلب معرفة كمية الغيوم و قيم المعامل الذي يصف إضعاف الغيوم للإشعاع الشمسي و نوع الغيوم [15]. الباحث بيرلياند ت. ج اقترح لحساب كمية الإشعاع الشمسي الكلي عند وجود الغيوم معادلة تتعلق فقط بمتغير واحد وهو معامل نسب تراكم الغيوم و معرفة الإحداثيات الفلكية للموقع المراد استثمار طاقته الشمسية [10] . كما أشارت علاقة بيج إلى أن حسابه الشهري يتم من خلال الربط بين كل من كمية الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي و عدد ساعات سطوع الشمس و درجة معامل الوضوح [19]. اقترح العالم اكراينتسفيم . ب .هـ معادلة لحساب قيم الإشعاع الشمسي الكلي اليومي و الشهري و لكنها ترتبط بمدة استمرارية إضاءة الشمس و بارتفاعها [12] ، العالمان ليو و يوردن عام 1960 اقترحا معادلة لحساب هذا الإشعاع ترتبط بضرورة معرفة ارتفاع الشمس و زاوية انحرافها و ساعة الوقت إضافة إلى معاملات فيزوحرارية و مناخية أخرى [20].

من خلال مناقشتنا و تحليلنا لعناصر هذه المعادلات التي تحسب الاشعاع الشمسي الكلي استنتجنا من ان اغلبها يتطلب بيانات إحصائية مناخية و رصدية كثيرة و متعددة ومختلفة الدقّة ومرتبطة بنظام دوري خاص عند القياس و الرصد والتسجيل مثل : كمية الغيوم المنخفضة و تصنيفاتها و ارتفاعاتها ، وعدد الأيام الصحو و شبه الصحو و الغائمة و مدة استمرارية الإضاءة الشمسية . و من المعلوم بان الحصول على هذه البيانات بالنسبة لمراكز الرصد المناخي اليمني غالبا ما تكون محدودة جدا أو غير متوفرة على الإطلاق مما يعني صعوبة في استثمار الطاقة الشمسية . و نتيجة لما تمّ مناقشته من المعادلات السابقة قمنا باختيار المعادلة التي اقترحها الباحث بيرلياند ت. ج لحساب كمية الإشعاع الشمسي الكلي عند وجود الغيوم التي نعتقد بأنها الأكثر إمكانية للتطبيق في الظروف المناخية للموقع الفلكي لليمن ، وكونها ترتبط بمتغير واحد هو معامل (تراكم الغيوم) تغطية الغيوم، لاسيما وإن اليمن يمتلك بعض البيانات الإحصائية النظرية و الحقيقية الجيدة لهذا المتغير و لفترة تمتد مابين 1941-1970 م لكل من مدينة عدن و الريان وهو عنصر أساسي يدخل في حل معادلة بيرلياند ت. ج ، و تكتب كالآتي [10]:

$$Q_c = Q_o\left[1-\left(an+bn^2\right)\right] \quad \ldots\ldots\ldots 1$$

Q_c : محصلة الإشعاع الشمسي الكلي بوجود نسب من تراكم الغيوم W/m^2 .

Q_o : محصلة الإشعاع الشمسي الكلي عند السماء الصافية W/m^2 ؛ جدول(3) .

n : متوسط نسب تراكم الغيوم لسماء الموقع قيد الدراسة ، و يعبّر عنه بجزء من الواحد الصحيح ، و يقاس بالنقاط .

a : معامل قيمته مرتبطة بزاوية خط العرض الموقع المعني بالدراسة . و يتم تعيينه من بيانات الجدول(1)،

b : معامل قيمته تساوي :0.38 . و المعاملان a,b تعيّنان حالة و تأثيرات الغيوم .

جدول (1): قيم المعامل a المستخدمة في المعادلة (1). [10]

زاوية خط العرض	10^o N	15^o N	20^o N
قيمة المعامل a	0.40	0.39	0.37

ولأجل التحقّق من صحة استخدام المعادلة 1 ، في حساب كمية الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rns} بوجود الغيوم لأي موقع فلكي في اليمن و مقارنتها بكمية الإشعاع الشمسي الحقيقي Q_F ، تمّ استخدام المعادلة 2 ، لتبيّن درجة انحراف قيم النتائج النظرية المتحصّل عليها من حل المعادلة 1 بالنسبة للقيم الحقيقية لمحصلة الإشعاع الشمسي الكلي Q_F المأخوذة مباشرة من بيانات محطات الرصد المناخي اليمنية ، التي تأخذ الصورة الرياضية الآتية :

$$\Delta = \frac{|Q_R - Q_F|}{Q_F} 100\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2$$

Q_R : كمية الإشعاع الشمسي الكلي النظري و المحسوب من المعادلة 1 . W/m^2.
Q_F : كمية الإشعاع الشمسي الكلي الحقيقي المأخوذ مباشرة من محطات الرصد . W/m^2.
Δ : نسبة انحراف قيم الإشعاع الشمسي الكلي Q_R عند وجود الغيوم المحسوب بالمعادلة 1 ، بالنسبة لقيم الإشعاع الشمسي الحقيقي Q_F المأخوذة من البيانات الإحصائية لمحطات الرصد المناخي في الجمهورية اليمنية .

لقد استخدمنا في البحث ثلاث مراحل مترابطة :المرحلة الأولى تعمل على الحساب و المقارنة بين كمية الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rn1} المحسوب باستخدام نسب تراكم الغيوم الحقيقية n_1 ، و كمية الإشعاع الشمسي المأخوذ مباشرة من مراكز الرصد المناخي Q_F ، أما المرحلة الثانية فترتبط بنتائج المرحلة الأولى وتعطي مقارنه بين كمية الإشعاع الشمسي الكلي المحسوب باستخدام نسب تراكم الغيوم الحقيقية Q_{Rn1} و كمية الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rns} المحسوب باستخدام شبكة نسب تراكم الغيوم ns ، في حين تبين المرحلة الثالثة المقارنة بين كمية الإشعاع الشمسي المأخوذ من مراكز الرصد المناخي Q_F و كمية الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rns} المحسوب باستخدام شبكة تراكم الغيوم n_s .

وتنتهي كل مرحلة من المراحل الثلاث بتحديد درجة الانحراف بين قيم كل من كمية الإشعاع الشمسي المتحصل عليه في كل مرحلة ، حيث يتم في المرحلة الأولى : المقارنة مابين المعدل الشهري لقيم نتائج درجة الانحراف الإشعاع الشمسي المحسوب Q_{Rn1} عن الإشعاع الشمسي الحقيقي المرصود Q_F ، باستخدام العلاقة الآتية : $\Delta_1 = \frac{|Q_{Rn1} - Q_F|}{Q_F}\%$ و مقارنتها بقيم نتائج درجة الانحراف للمرحلة الثالثة باستخدام العلاقة الآتية : $\Delta_3 = \frac{|Q_{Rns} - Q_F|}{Q_F}\%$ ، أما نتائج

المرحلة الثانية فتبين درجة انحراف قيم Q_{Rns} بالنسبة لقيم Q_{Rn1} من خلال حل العلاقة $\Delta_2 = \frac{|Q_{Rns} - Q_{Rn1}|}{Q_{Rn1}}\%$.

وبعد تحليل نتائج كل معامل انحراف على حدة و التأكد من إن نتائج درجة معاملات الانحراف الكمي Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 تقع في إطار المسموح لتلك المعادلات بالاستخدام لحل الحسابات الحرارية ، فيمكننا الاستنتاج بأن قيم Q_{Rn1} تقارب كميا Q_F وان قيم Q_{Rn1} تقارب كميا Q_{Rns} ، وهذا يعني أن Q_F تقارب كميا Q_{Rns} وهو ما سوف نسعى لإثباته مع نهاية هذا البحث ، وبالتالي يمكن التأكد من إمكانية استخدام معامل نسب تراكم الغيوم n_s في الأجواء اليمنية في حساب الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rns} باستعمال المعادلة 1 ، بدلا عن قيم الإشعاع الشمسي الكلي الحقيقي المأخوذ مباشرة من مراكز الرصد المناخي Q_F ، التي غالبا ما يكون الحصول عليها صعب جدا أو أنها غير موجودة على الإطلاق لأغلب مناطق ومدن و قرى الجمهورية اليمنية.

منهج حساب الإشعاع الشمسي الكلي بوجود نسب من تراكم الغيوم n_1 ، n_s في اليمن :

ارتكز حساب هذا الإشعاع الشمسي الكلي الشهري على المقارنة بين ثلاث مراحل حسابية الأولى تستخدم قيم المتغير الحقيقي لتراكم الغيوم n_1 ، و الثالثة متغير تراكم الغيوم n_s باستخدام الشبكة لكل شهر من أشهر العام بدلالة الموقع الفلكي اليمني المعني بالدراسة والمأخوذ من جدول 2 بالنسبة للمعامل n_1 أو الجدول 5 للمعامل n_s ، ومن ثمّ التعويض بقيمهما في معادلة 1 ، حسب متطلبات نوع المرحلة ، بعد ذلك نقوم بتحليل نتائج المعادلة1 لحساب كمية الإشعاع الشمسي الكلي عند وجود الغيوم n_s أو n_1 ، أما المعادلة 2 فنتائجها تستخدم لحساب درجة انحراف الإشعاع الشمسي النظري عن الحقيقي لكل مرحلة من المراحل الثلاث على حدة .

خطة البحث تسعى لمعرفة ما إذا كان بالإمكان استخدام قيم كمية الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rns} المحسوب باستخدام متغير تراكم الغيوم n_s بدلا عن قيم الإشعاع الشمسي الكلي الحقيقي Q_F المأخوذ من مراكز الرصد مباشرة في حالة عدم توفرها أم لا ؟ .

لذا فان نتائج المرحلة الأولى تؤدي إلى معرفة نسبة انحراف قيمة كمية الإشعاع الشمسي الكلي الحقيقي المباشر المرصود Q_F بالنسبة لقيمة كمية الإشعاع الشمسي المحسوب باستخدام معامل تراكم الغيوم الحقيقي Q_{Rn1} أما نتائج المرحلة الثانية : فتبحث فيها عن معرفة نسبة انحراف قيم الإشعاع الشمسي Q_{Rn1} باستخدام تراكم الغيوم الحقيقي n_1 بالنسبة لقيم كمية الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rns} باستخدام معامل تراكم الغيوم المتواجد في الشبكة n_s . في حين تشير نتائج المرحلة الثالثة إلى درجة انحراف قيم كمية الإشعاع الشمسي الكلي الحقيقي Q_F بالنسبة لقيمة كمية الإشعاع الشمسي الكليQ_{Rns} باستخدام معامل تراكم الغيم في الشبكة n_s ومعرفة مدى إمكانية استخدام قيم Q_{Rns} بدلا عن Q_F في حالة عدم توفرها .

بعد التأكد من أن قيم نسب معاملات الانحراف للحالات الثلاث ،Δ_3 ،Δ_2 ،Δ_1 ، تقع في مجال انحراف مابين 15.3% -7.7 (جدول 6) وهي من النسب المسموح باستخدامها في حل المعادلات الهندسية الحرارية ، وهذا يعني أن معدلات قيم كمية الأشعة الشمسية الداخلة في العلاقة Δ_1 تقترب من بعضهما وكذا الحال بالنسبة لمعدلات قيم معاملي الانحراف Δ_3 ، Δ_2 ، مما يعني بصورة غير مباشرة إن قيم كمية الإشعاع الشمسي Q_{Rns} تقترب من قيم كمية الإشعاع الشمسي Q_F . وهذا يعني امكانية الاستغناء عن قيم الإشعاع Q_F و استبدالها بقيم الإشعاع الشمسي Q_{Rns} ، لاسيما في حالة

عدم توفر بيانات مسجّلة لـ Q_F للمناطق اليمنية المحددة الإحداثيات المراد استثمار طاقتها الشمسية. و يتم ذلك من خلال إتباع الخطوات المبينة ضمن المراحل الثلاث الآتية :

المرحلة الأولى : حساب الإشعاع الشمسي الكلي باستخدام تراكم الغيوم الحقيقية Q_{Rn1}

* نحسب الإشعاع الشمسي الكلي بوجود الغيوم Q_{Rn1} باستخدام معامل تغطية الغيوم الحقيقي المأخوذ من مراكز الرصد المناخي في اليمن n_1 ، و مقارنته بقيمة الإشعاع الشمسي الحقيقي Q_F المأخوذ مباشرة من مراكز الرصد المناخي في اليمن .
* نحسب معامل الانحراف النسبي المئوي $\Delta_1\%$ باستخدام المعادلة 2 لإيجاد الانحراف الكمي بين قيم كل من الإشعاع الشمسي الكلي المرصود (الحقيقي) Q_F و قيم الإشعاع الشمسي الكلي النظري Q_{Rn1} المحسوب بالمعادلة (1) و باستعمال قيم نسب تراكم الغيوم الحقيقية المأخوذة من مراكز الرصد المناخي في اليمن n_1، لغرض المقارنة ومعرفة درجة الانحراف الكمي النسبي فيما بينهما ، وهل يقع ذلك الانحراف في مدى المجال المسموح باستبدال القيم النظرية Q_{Rn1} و إحلالها محل القيم الحقيقية Q_F في حل المعادلات الحسابية الحرارية و الهندسية أم لا ؟
* نحسب معامل الانحراف النسبي المئوي $\Delta 1\%$ باستخدام المعادلة 2 لإيجاد الانحراف الكمي بين قيم كل من الإشعاع الشمسي الكلي المسجل (الحقيقي) Q_F و قيم الإشعاع الشمسي الكلي النظري Q_{Rn1} المحسوب بالمعادلة (1) و باستعمال قيم نسب تراكم الغيوم الحقيقية المأخوذة من مراكز الرصد المناخي في اليمن n_1، لغرض المقارنة ومعرفة درجة الانحراف الكمي النسبي فيما بينهما وهل ذلك الانحراف يقع في مدى المجال المسموح باستبدال القيم النظرية Q_{Rn1} و إحلالها محل القيم الحقيقية Q_F في حل المعادلات الحسابية الحرارية و الهندسية أم لا ؟
* نحسب معامل الانحراف النسبي المئوي $\Delta 1\%$ باستخدام المعادلة 2 لإيجاد الانحراف الكمي بين قيم كل من الإشعاع الشمسي الكلي المسجل (الحقيقي) Q_F و قيم الإشعاع الشمسي الكلي النظري Q_{Rn1} المحسوب بالمعادلة (1) و باستعمال قيم نسب تراكم الغيوم الحقيقية المأخوذة من مراكز الرصد المناخي في اليمن n_1، لغرض المقارنة ومعرفة درجة الانحراف الكمي النسبي فيما بينهما وهل ذلك الانحراف يقع في مدى المجال المسموح باستبدال القيم النظرية Q_{Rn1} و إحلالها محل القيم الحقيقية Q_F في حل المعادلات الحسابية الحرارية و الهندسية أم لا ؟
* نحسب معامل الانحراف النسبي المئوي $\Delta 1\%$ باستخدام المعادلة 2 لإيجاد الانحراف الكمي بين قيم كل من الإشعاع الشمسي الكلي المسجل (الحقيقي) Q_F و قيم الإشعاع الشمسي الكلي النظري Q_{Rn1} المحسوب بالمعادلة (1) و باستعمال قيم نسب تراكم الغيوم الحقيقية المأخوذة من مراكز الرصد المناخي في اليمن n_1، لغرض المقارنة ومعرفة درجة الانحراف الكمي النسبي فيما بينهما وهل ذلك الانحراف يقع في مدى المجال المسموح باستبدال القيم النظرية Q_{Rn1} و إحلالها محل القيم الحقيقية Q_F في حل المعادلات الحسابية الحرارية و الهندسية أم لا ؟
* نحسب معامل الانحراف النسبي المئوي $\Delta 1\%$ باستخدام المعادلة 2 لإيجاد الانحراف الكمي بين قيم كل من الإشعاع الشمسي الكلي المسجل (الحقيقي) Q_F و قيم الإشعاع الشمسي الكلي النظري Q_{Rn1} المحسوب بالمعادلة (1) و باستعمال قيم نسب تراكم الغيوم الحقيقية المأخوذة من مراكز الرصد المناخي في اليمن n_1، لغرض المقارنة ومعرفة درجة الانحراف الكمي النسبي فيما بينهما وهل ذلك الانحراف يقع في مدى المجال المسموح باستبدال القيم النظرية Q_{Rn1} و إحلالها محل القيم الحقيقية Q_F في حل المعادلات الحسابية الحرارية و الهندسية أم لا ؟

* نحسب معامل الانحراف النسبي المئوي $\Delta 1\%$ باستخدام المعادلة لإيجاد الانحراف الكمي بين قيم كل من الإشعاع الشمسي الكلي المسجل (الحقيقي) Q_F و قيم الإشعاع الشمسي الكلي النظري Q_{Rn1} المحسوب بالمعادلة (1) و باستعمال قيم نسب تراكم الغيوم الحقيقية المأخوذة من مراكز الرصد المناخي في اليمن n_1، لغرض المقارنة ومعرفة درجة الانحراف الكمي النسبي فيما بينهما وهل ذلك الانحراف يقع في مدى المجال المسموح باستبدال القيم النظرية Q_{Rn1} و إحلالها محل القيم الحقيقية Q_F في حل المعادلات الحسابية الحرارية و الهندسية أم لا ؟

حل خطوات المرحلة الأول يتم من خلال الآتي :

i . نوجد قيمة المتوسط الشهري والسنوي لدرجات نسب تراكم الغيوم الحقيقية n_1 مقاسا بالنقاط لبعض مراصد مدن الجمهورية اليمنية المسجلة مابين 1941-1970م لكل من المواقع الآتية : عدن ، والريان ، ويريم ، وصنعاء و كمران . باستخدام بيانات الجدول 2 ، و من ثم نقسمها على عشرة و التعويض بها في المعادلة (1).

ii . نوجد قيمة الإشعاع الشمسي الكلي بغياب الغيوم Q_o ، بعد تحديد المواقع الفلكية للمواقع السابقة و اختيار اقرب زاوية للعرض بالنسبة لمواقعها الفلكية في الجدول (3) و الذي نجده يعادل 15^o شمالا و منها تعين قيمه لمتوسطه الشهري .

iii . نوجد قيمة المعامل a للمواقع اليمنية السابقة حسب مواقعها الفلكية بالنسبة لزاوية العرض ، ومن ثم اختيار زاوية خط العرض الأقرب لها في الجدول (1) والتي نجدها تعادل 15^o شمالا وبذلك تكون قيمته 0.39 .ومن ثم يتم التعويض بقيمته في المعادلة 1 لحساب كمية الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rn1} بوجود الغيوم n_1 لهذه المواقع المدروسة . أما قيمة المعامل b فقيمته ثابتة على الدوام لجميع المواقع و تساوي 0.38 .

iv . نحسب قيم الإشعاع الشمسي الكلي عند وجود الغيوم n_1 لكل أشهر العام Q_{Rn1} باستخدام معادلة بيرلياند ت.ج. وهي المعادلة 1، و ذلك بعد التعويض فيها بقيم العناصر الآتية $n_1;a;b;Q_o$، الداخلة في تركيبها باستخدام بيانات الجداول 1,2,3. وتقاس W/m^2 .

v . تسجل قيم الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rn1} المحسوب بقيم تراكم الغيوم الحقيقيةn_1 المتحصل عليها من حل المعادلة 1 ، لجميع أشهر العام و نسجلها في الجدول(4).

vi . للتأكد من مدى صحّة استخدام قيم نسب تراكم الغيوم الحقيقية n_1 (الجدول 2) في حساب الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rn1} باستخدام المعادلة 1 ، و معرفة نسبة درجة السماح التقني لها بالاستخدام في الحسابات الحرارية عند تصميم المحطات الشمسية ، ويتم التعبير عن ذلك بما يسمى بمعامل درجة انحراف القيم الحقيقية عن الحسابية $\Delta_1\%$.

و عليه تمّ استخدام المعادلة 2 لحساب قيم درجات الانحراف الكمي $\Delta_1\%$ لكافة أشهر العام لكمية الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rn1} المتحصل عليه من المعادلة 1 ، بالنسبة لكمية الإشعاع الشمسي الكلي الحقيقي المرصود مباشرة في محطات الرصد المناخي اليمنية Q_F من الجدول 2 . حيث إن قيم هذه المعامل يوضح الانحراف النسبي $\Delta_1\%$ بين قيم كميتي الإشعاع الشمسي المحسوب Q_{Rn1} بدلالة n_1 و الإشعاع الشمسي الحقيقي Q_F للمواقع المذكورة و تنعكس قيمها في بيانات الجداول 2,4 .

vii . يرسم شكل إحداثي لكمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على لمدينة عدن تكون إحداثياته الصادي Q_F ، Q_{Rn1} والسيني أشهر السنة ، لمعرفة مدى انحراف قيم Q_F عن Q_{Rn1} ، إذ يلاحظ من تحليل الشكل 1 ، من إن مسار الانحراف الكمي خلال أشهر العام لكل من قيم Q_F , Q_{Rn1}

متقاربة وتقع في مجال القيم المسموح بها في الهندسة الحرارية مما يعني إمكانية استخدام قيم Q_{Rn1} بدلا من قيم Q_F في حالة التعذر في الحصول على قيم الأخيرة . إلا إن صعوبة الحصول على القيم الحقيقة لنسب تراكم الغيوم n_1 لكافة المواقع اليمنية من مراكز الرصد المناخي يعرقل حساب قيمة Q_{Rn1} ، و تحل هذه المسألة باستبدال قيم n_1 بقيم n_s المأخوذة من الشبكة ، وهو ما ستؤكده نتائج المرحلة الثانية.

جدول (2) : القيم الحقيقية للإشعاع الشمسي الكلي Q_F و نسب تراكم الغيوم الحقيقية n_1 المأخوذة مباشرة من محطات الرصد المناخي . W/m^2، و بالنقاط.

كمران		صنعاء		الريان*		عدن*		بريم		
15 °.20` 42 °.06` 6m		15 °.31` 44 °.18` 2190m		14 °.39 49 °.24 23m		12 °.50` 45 °.02` 3m		12 °.39` 43 °.24` 27m		N E H
Q_F	n_1	Q_F	n_1	Q_F	n_1	Q_F	n_1	Q_F	n_1	
215	2.3	244	1.7	270	2.5	250	4.0	240	2.9	***Jan***
256	3.2	285	2.2	296	2.5	288	3.0	260	3.3	***Feb***
300	2.3	332	3.3	320	2.5	332	3.0	310	3.0	*Mar*
310	3.1	340	3.5	330	2.5	340	3.0	320	3.4	***Apr***
245	3.0	255	1.9	260	2.5	255	2.5	250	3.3	***May***
300	3.9	331	2.2	340	2.5	331	2.0	330	3.7	*Jun*
300	4.3	312	3.0	320	2.5	318	2.5	310	3.9	***Jul***
310	2.8	313	4.0	330	2.5	319	2.5	320	3.2	***Aug***
320	4.5	318	2.2	340	3	324	2.5	320	3.9	***Sep***
310	2.3	317	1.5	320	2	317	2.0	300	2.4	*Oct*
250	1.7	275	1.5	290	2	286	2.5	280	3.7	*Nov*
210	3.1	260	4.0	280	2.5	260	3.0	270	3.8	*Dec*

المصدر: [17,7,6, 8,9,21] .N : شمال زاوية خط العرض ،E : شرق زراية خط الطول. * تعني إن القياس تم مابين أعوام 1941-1970م . h : ارتفاع المنطقة عن مستوى سطح البحر ، بالأمتار. n_1 : متوسط قيم نسب تراكم الغيوم : تقاس بالنقاط ، و قيمها تكون محصورة مابين 8 – 0.

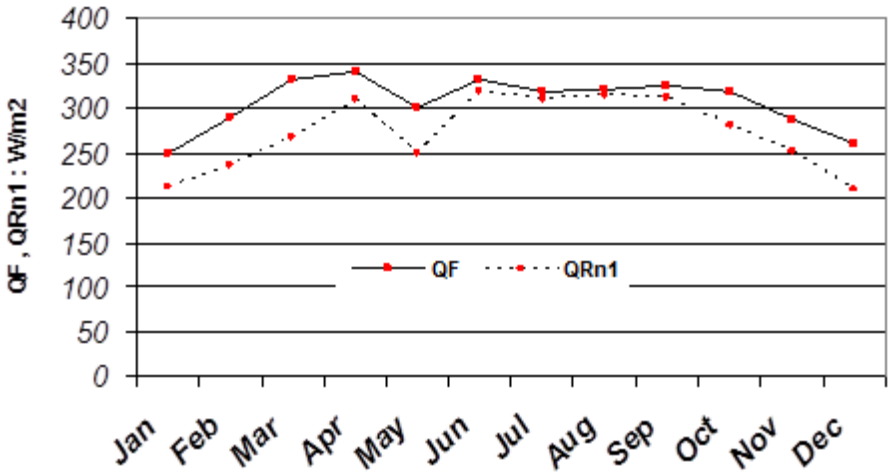
جدول (3): التوزيع السنوي للإشعاع الشمسي الكلي عند غياب الغيوم (عند السماء الصافية) Q_o الساقط على الموقع الإحداثي للجمهورية اليمنية المحصور مابين زوايا خطوط العرض 20^o N – 10^o N (W/m^2)

20^o N	15^o N	10^o N	زاوية خط العرض
248	269	289	***Jan***
286	303	315	***Feb***
322	330	337	*Mar*
344	342	339	***Apr***
359	350	338	***May***
364	350	336	*Jun*
360	350	337	***Jul***
317	344	339	***Aug***
326	334	339	***Sep***
295	308	321	*Oct*
257	277	296	*Nov*
235	257	279	*Dec*

المصدر:[17] .

جدول (4): مقارنة بين قيم الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rn1} باستخدام نسب تراكم الغيوم الحقيقية n_1 ، وقيم الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rns} المحسوب بالمعادلة 1 باستخدام نسب تراكم الغيوم الحقيقية من الشبكة n_s ، مقاسا W/m^2.

الموقع	بريم		عدن		ريان		صنعاء		كمران	
	Q_{Rn1}	Q_{Rns}	Q_{Rn1}	Q_{Rns}	Q_{Rn1}	Q_{Rns}	Q_{Rn1}	Q_{Rns}	Q_{Rn1}	Q_{Rns}
Jan	230	232	211	212	237	232	248	201	240	232
Feb	251	233	237	257	237	234	271	215	253	233
Mar	280	254	345	280	281	254	274	232	294	254
Apr	282	284	310	338	250	286	279	284	301	286
May	291	295	317	240	288	295	319	290	297	295
Jun	281	286	317	337	332	287	313	297	279	286
Jul	277	284	317	340	340	284	326	284	267	284
Aug	288	290	312	332	255	290	270	292	296	290
Sep	264	273	312	348	331	273	290	275	250	276
Oct	272	298	279	296	318	319	287	295	274	298
Nov	224	234	251	272	319	234	256	230	256	234
Dec	205	233	208	235	324	233	200	235	215	190



شكل (1): مقارنة بين كمية و مسار الإشعاع الشمسي الحقيقي Q_F المأخوذ مباشرة من مراكز الرصد المناخي و الإشعاع الشمسي Q_{Rn1} المحسوب بمعامل تراكم الغيوم الحقيقي n_1 ، لمدينة عدن ، الجمهورية اليمنية.

المرحلة الثانية : حساب الإشعاع الشمسي الكلي بوجود نسب من تراكم الغيوم Q_{Rns}

i . نوجد قيم الإشعاع الشمسي الكليQ_{Rn1} باستخدام بيانات الجدول 4 نفسها لكافة المواقع .

ii . نحسب قيمة الإشعاع الشمسي الكلي بوجود الغيوم Q_{Rns} باستخدام المعادلة 1 و ببيانات مراكز شبكة زوايا خطوط العرض – الطول لتراكم الغيوم $5^o \times 5$ (المأخوذة من جدول 5) و نعوّض بها و بقيم العناصر الأخرى الداخلة فيها بتلك الموجودة في بيانات الجداول 1,3,5 . وقد اخترنا

من بيانات الشبكة العالمية المناخية $5^o \times 5^o$ التي تحدد كمية تراكم الغيوم n_s تلك التي لها علاقة بزوايا خطوط العرض – الطول ذات العلاقة بالموقع الفلكي لليمن و المحصور مابين – 10 20^o N . وبحل المعادلة 1 ، والتعويض بالعناصر الداخلة فيها، ويبين الجدول 4 نتائج حساب الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rns} .

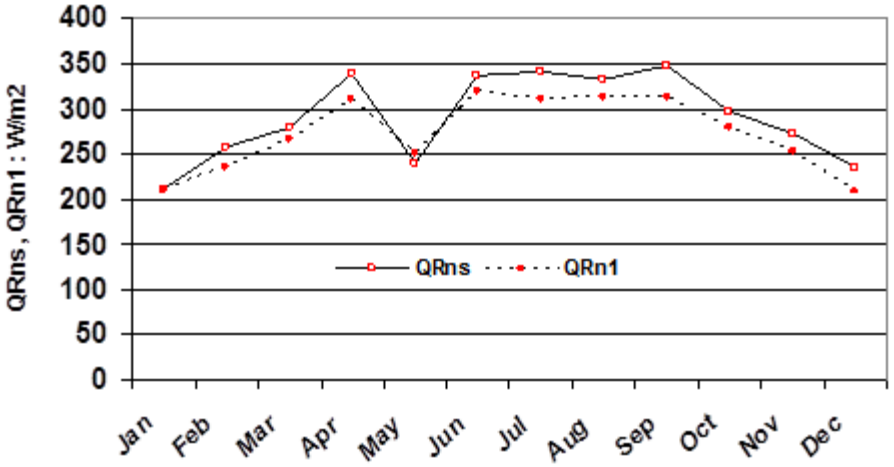
iii . نحسب قيم الانحراف الكمي Δ_2% لأشهر السنة بين القيم الحقيقية للإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rn1} بوجود تراكم الغيوم الحقيقية n_1 و قيم كمية الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rns} بوجود الغيوم باستخدام بيانات شبكة $5^o \times 5^o$ لزوايا العرض – الطول لتراكم الغيوم على الأراضي اليمنية باستخدام قيم n_s من الشبكة ، ونجد هذه القيم في الجدول 6.

جدول (5): المتوسط الشهري لكمية تغطية الغيوم في أركان شبكة زوايا خطوط العرض - الطول $5^o \times 5^o$ في الموقع الإحداثي للجمهورية اليمنية n_s.مقاسا بالنقاط.

عرض N / الطول E	20^o / 40^o	20 / 45	20 / 50	20 / 55	15 / 40	15 / 45	15 / 50	15 / 55	10^o / 45^o
Jan	4.8	2.1	1.9	2.3	4.0	4.5	2.8	2.9	3.8
Feb	4.0	3.2	2.9	2.8	5.0	5.0	4.2	3.5	5.0
Mar	4.0	3.9	3.6	3.4	5.0	5.1	4.2	3.8	4.9
Apr	2.3	2.5	2.5	2.3	2.9	3.3	3.2	2.9	3.2
May	2.3	2.6	2.4	2.1	3.3	3.3	3.1	3.1	3.9
Jun	1.5	1.8	2.1	2.7	2.7	3.0	3.5	4.5	4.0
Jul	2.0	2.8	2.7	3.3	4.5	3.6	3.6	4.2	5.3
Aug	2.0	2.6	2.6	2.1	3.0	3.0	3.1	3.3	4.7
Sep	2.0	1.9	2.0	2.6	4.0	4.3	3.5	4.0	4.8
Oct	0.8	0.7	0.7	1.0	0.9	1.0	0.8	2.6	3.5
Nov	3.0	2.2	2.1	2.1	3.4	3.3	3.1	3.0	4.3
Dec	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.9

المصدر: [10]

iv . نرسم شكل بياني إحداثيّاته الصادي يمثل كمية الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rn1} ; Q_{Rns} مقاسا $W/^2$ و السيني يمثل أشهر السنة ، لهدف مقارنة نسبة الانحراف الكمي بين قيم كمية هذين الشعاعين و تحليل نتائج الانحراف و مساره ، الشكل(2).



شكل (2): مقارنه بين الإشعاع الشمسي Q_{Rn1} المحسوب بمعامل تراكم الغيوم الحقيقي n_1 و الإشعاع الشمسي Q_{Rns} المحسوب بمعامل تراكم الغيوم n_s المأخوذ من الشبكة الغيوم الدولية ، لمدينة عدن ، الجمهورية اليمنية.

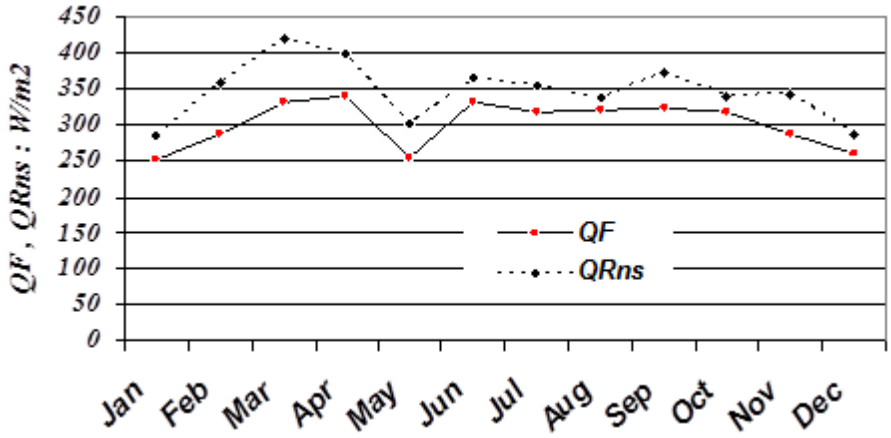
المرحلة الثالثة : المقارنة بين الإشعاع الشمسي الكلي الشهري Q_F و Q_{Rns} .

i . نوجد قيم الإشعاع الشمسي الحقيقي المرصود في مراكز الرصد المناخي اليمني Q_F باستخدام قيم بيانات جدول 2 . لاستخدامها في عملية معرفة مستوى الانحراف الكمي بين كمية الإشعاع الشمسي الحقيقي Q_F و الإشعاع الشمسي Q_{Rns} المحسوب بطريقة الشبكة المناخية للتغطية الغيوم في مجال حدود الموقع الاحداثي للجمهورية اليمنية ، جدول 4.

ii . نستخدم نفس قيم الإشعاع الشمسي بوجود الغيوم Q_{Rns} المدرجة في الجدول 4 .

iii. نحسب قيم الانحراف النسبي $\Delta_3\%$ لأشهر السنة ، ما بين القيم الحقيقية للإشعاع الشمسي الكلي بوجود الغيوم Q_F المأخوذة من الجدول 2 و قيم كمية الإشعاع الشمسي الكلي بوجود الغيوم باستخدام بيانات شبكة $5^o \times 5$ لزوايا العرض – الطول Q_{Rns} الساقط على أراضي الجمهورية المأخوذة من بيانات الجدول 4. وتسجّل نتائجه في الجدول 6.

iv . نرسم شكل بياني ألإحداثي الصادي فيه يمثل قيم كمية الإشعاع الشمسي الكلي الشهري ; Q_F Q_{Rns} ، والإحداثي السيني يمثل أشهر السنة . لهدف المقارنة و معرفة مدى درجة الانحراف الكمي فيما بينهما و حديد مساره ، شكل (3).



شكل (3): مقارنة بين قيم الإشعاع الشمسي Q_F المأخوذ مباشرة من مراكز الرصد و الإشعاع الشمسي Q_{Rns} المحسوب بمعامل تراكم الغيوم المأخوذ من شبكة الغيوم ns .لمدينة عدن ، الجمهورية اليمنية.

جدول (6): المعدلات السنوية لمعاملات انحراف قيم كمية الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rns} و Q_{Rn1} بالنسبة لقيم كمية الإشعاع الشمسي الكلي الحقيقي المأخوذ مباشرة من محطات الرصد Q_F الساقط على مواقع المحطات اليمنية : بريم ، وعدن ، والريان ، وصنعاء و كمران $\Delta_1\%$ ، $\Delta_2\%$ ، $\Delta_3\%$.

المعدل السنوي لمعامل الانحراف	المعادلة 2	بريم %	عدن %	الريان %	صنعاء %	كمران %
$\Delta_1\%$	$\frac{\lvert Q_{Rn1} - Q_F \rvert}{Q_F}\%$	12	10.8	8.3	10.7	7.3
Δ_2	$\frac{\lvert Q_{Rns} - Q_{Rn1} \rvert}{Q_{Rn1}}\%$	4.5	7.7	6.6	10	6
Δ_3	$\frac{\lvert Q_{Rns} - Q_F \rvert}{Q_F}\%$	11	15.3	11.3	14.5	8.3

النتائج و المناقشة

استنتجنا من خلال البحث في البيانات الإحصائية اليمنية حول المناخ بان الحصول على الإشعاع الشمسي الكلي بوجود نسب من التغيم لسماء عموم الجمهورية غير متوفرة أو منعدمة بشكل مطلق للكثير من المواقع الإحداثيّة لأغلب مدن و قرى و أرياف محافظات الجمهورية ، مما يربك المهتمين بمصادر الطاقة الشمسية من تنفيذ الخطط لاستثمارها بهدف ترشيد الوقود الكربوني وحماية البيئة [8].

ونتيجة لما قمنا به من مناقشة و تحليل للكثير من المعادلات الحسابية ذات العلاقة بحساب هذا الإشعاع الشمسي، وقع اختيارنا لمعادلة بيرلياند ت.ج. [10] من بين تلك المعادلات بسبب اعتمادها

المباشر على متغير واحد وهو معامل نسبة تراكم الغيوم الذي هو متوفر لدى بعض مراكز الرصد المناخي اليمني و له بيانات رصد مناخي تمتد إلى حوالي 30 عام (1970-1941) المسجلة في كل من محطات مراكز الرصد المناخي في مطاري عدن و الريان ، والبعض الأخر من تلك البيانات يمكن أن يتم أخذه من مراكز مراصد المناخ العالمي لعدم توفرها في اليمن [17,7,6] ، مع الإشارة إلى أن طول المدة الزمنية للرصد لقيم متوسط معامل تغطية الغيوم تعطي دقّة اكبر في النتائج ، مما يجعل حساب هذا الإشعاع أكثر اقترابا من القياسات الحقيقية .

كما استنتجنا من أن اليمن يتمتع بصفه عامة بمعامل نسبة تراكم غيوم منخفضة ، إذ يبلغ في متوسطه السنوي مابين 2-3 نقطة ، و قد يرتفع إلى حوالي 4 نقاط ، كما في جزيرة سقطرى و بعض المواقع في الجمهورية ، أما جزر كمران و بريم وجد أن اكبر كمية من تراكم الغيوم فيها تكون في يوليو وسبتمبر و قد تزيد أحيانا عن 3 نقاط بقليل و اقلها تكون في نوفمبر. و عليه يمكن القول بأن الخارطة المناخية السنوية لليمن بالنسبة لتغطية الغيوم تشير إلى أن جزء صغير من الأراضي اليمنية لا يزيد عن 30% ويشهد ارتفاع في كميات الغيوم و ذلك خلال فصل الشتاء حيث قد تصل في يناير إلى 4 نقاط ، في حين تظل باقي أشهر فصول السنة تتميز بتغير في كميات الغيوم لا تتعدى المتوسط العام [8].

مما سبق مناقشته ومن تحليل بيانات الجدول 4 و الأشكال 1,2,3 المتحصل عليها من حل المعادلة 1 و الجدول 6 المتحصل عليه من حل معادلة 2 يمكن استنتاج النقاط الآتية :

* إن استثمار تكنولوجيا الطاقة الشمسية يستلزم توفر بيانات حول الإشعاع الشمسي الكلي بوجود الغيوم ، وهذه البيانات غالبا ما تكون متوفرة لاماكن محدده فقط في اليمن ، مما يجعل التفكير في استثمار طاقة الشمس أكثر صعوبة و اقل مردود .
* اليمن تمتلك بيانات محدودة جدا حول الإشعاع الشمسي الكلي عند وجود الغيوم خلال أشهر العام ، مما يعني ضرورة البحث عن طرق غير تقليدية تقدم بيانات تغطي اغلب المواقع الفلكية اليمنية بهدف استثمار تكنولوجيا الطاقة الشمسية و بمرود عال .
* أظهرت نتائج البحث قدرة معادلة بيرلياند ت.ج. باستخدام بيانات تواجد الغيوم n_s في مراكز شبكة تقاطع زوايا العرض – الطول $5^o \times 5$ في حساب الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على أي موقع إحداثي من الأراضي اليمنية المحصور بين خطوط زوايا العرض 20^o N – 10 و خطوط زوايا الطول المحصورة بين 55^o E – 40 ، بفارق 5^o فيما بينها(جدول 5)، على حل مسألة ذلك النقص في توفير تلك البيانات حول الإشعاع الشمسي الكلي بوجود الغيوم في حالة عدم توفّر قيمها الحقيقة من مراكز الرصد المناخي.
* تشير نتائج المرحلة الأولى بالنسبة لمدينة عدن كونها تمتلك إحصائية مناخية جيده من الإشعاع الشمسي الكلي و قيم نسب تراكم الغيوم (1941-1970) ، إلى أن قيم معدل معامل الانحراف % Δ_1 بين قيم الإشعاع الشمسي الحقيقي الكلي Q_F بالنسبة لقيم الإشعاع الشمسي Q_{Rn1} المحسوب بوجود نسب من الغيوم الحقيقية n_1 يتزايد من شهر ديسمبر و حتى شهر مارس و تتراوح قيمته ما بين 15-20% ، و في باقي الأشهر تتذبذب بين النسب 2-12% ، وهذا يعني أن قيم هذا المعامل تقع في مجال العمل المسموح به في الهندسة الحرارية ، مما ينتج عنه إمكانية استخدام Q_{Rn1} في الحسابات الحرارية المتعلقة بتقنيات الطاقة الشمسية بدلا من قيم Q_F في حالة عدم الحصول عليها من مراكز محطات الرصد المناخي المحلية.
* تشير نتائج المرحلة الثانية إلى إن قيم معامل الانحراف % Δ_2 بين كمية الإشعاع الشمسي Q_{Rn1} بالنسبة لكمية الإشعاع الشمسي Q_{Rns} تتراوح ما بين 1-12% مما يعني إمكانية استخدام قيم

نسب تراكم الغيوم n_s المأخوذة من بيانات مراكز شبكة الغيوم المحصورة في إطار الموقع الفلكي لليمن المحصور بين 20^oN – 12 المقسمة إلى $5^o \times 5$ بين كل من زوايا خطوط الطول ـ العرض (انظر جدول 5) بدلا عن قيم نسب تراكم الغيوم الحقيقية n_1 في حالة عدم الحصول عليها من مراكز محطات الرصد المناخي اليمني(جدول(2)).

* تشير نتائج المرحلة الثالثة إلى أن قيم معامل الانحراف Δ_3% بين قيم كمية الإشعاع الشمسي Q_{Rns} بالنسبة لكمية الإشعاع الشمسي Q_F بلغت في حدود 6-20% و بمتوسط سنوي لا يزيد عن 15% خلال أشهر العام ، هذه النسبة تعني إن الفارق الكمي بين كمية الإشعاع الشمسي الكلي المرصود بمراكز الرصد المناخي Q_F و كمية الإشعاع الشمسي الكلي Q_{Rns} المحسوب بمعادلة بيرلياند ت.ج ، باستعمال قيم تراكم الغيوم المأخوذة من شبكة الغيوم n_s ، يقع في حدود المسموح باستخدام Q_{Rns} في الحسابات الحرارية الهندسية بدلا عن كمية الإشعاع الشمسي Q_F في حالة تعذر الحصول على الأخيرة من مراكز الرصد المناخي.
* ارتفاع نسبة الانحراف Δ في بعض نتائج البحث إلى أكثر من 15% و التي لا تزيد عن 1/4 من مجمل النقاط للمواقع المدروسة ، وتعزى حسب استنتاجنا إلى التناقض بين بيانات المصادر المختلفة في تحديد كمية الإشعاع الشمسي الكلي الحقيقي [9, 18,21] .
* نتائج البحث في حالة تطويرها و توفّر دقة أعلى لبياناتها ، يمكن أن تساعد على وضع خرائط مناخية تعكس منحنيات تساوي الإشعاع الشمسي الكلي بوجود نسب من الغيوم بالتزامن مع منحنيات تساوي معاملات تغطية الغيوم بالنسبة لإحداثيات خطوط الطول ـ العرض الداخلة في مجال الموقع الاحداثي للجمهورية اليمنية .

المراجع :

1 . النشرة البيئة البحرية .(2009) ، تصدر عن المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البرية ، العدد 81، يوليو ـ سبتمبر . الكويت . ص 16-11 .

2 . إحصاءات النفط و الغاز و المعادن (2008 ,2007) وزارة النفط و المعادن ، اللجنة الفنية للإحصاء ، العدد السابع و الثامن ، الجمهورية اليمنية ، ص 22 .

3 . الغريري ، ف . ع (2002) " الموقعية الإستراتيجية لليمن " دراسة في الجيوبولتكس، مجلة الجمعية الجغرافية اليمنية ،صنعاء ، العدد 1 ، ص 140-124 .

4 . افيركييف . م.س (1951) " علم الأرصاد المناخي " باللغة الروسية ، دار جامعة موسكو الحكومية للنشر . موسكو.

5.الجند ، عبد السلام (2007) " الطاقة المتجددة حلول متكاملة " وزارة الكهرباء قسم الطاقة الجديدة و المتجددة .صنعاء . بحث مقدم لندوة البيئة في جامعة تعز 4 مايو 2007

6. المرجع المناخي المختصر لكافة دول العالم (1984) . باللغة الروسية. دار القدرو للنشر. لينينجراد .

7. الخصائص المناخية للكرة الأرضية (1977) . باللغة الروسية ، دار القدرو للنشر ، لينينجراد ، روسيا الاتحادية .

8. الهيئة العامة للطيران المدني و الأرصاد الجوي ، صنعاء ، إدارة المناخ ، بنك المعلومات بيانات غير منشورة 1994 + مصلحة الطيران المدني (سابقا) مطار عدن الدولي ، بيانات غير منشورة 1970-1941.

9 .إسماعيل ، عبد القادر عساج (1998) " مناخ اليمن "مركز عبادي للنشر . اليمن . ص , 137 .51

10 . بيرلياند. ف.ل ، ستروكينا .ل.أ (1980) " التوزيع العالمي الكلي لكميات الغيوم "باللغة الروسية ، دار القيدرو للنشر . لينينجراد . روسيا الاتحادية . ص 72 .

11 . سعد فتح ، حسن ألبنا (2001) " تكنولوجيا تحليه المياه " الدار الجامعية للنشر . القاهرة ، ص 379 .

12 . ستندنيك .ب.ب (1980) " خصائص نظام الإشعاع الشمسي للجزء الشمالي الشرقي لسيبيريا" أعمال مؤسسة جي جي أو، باللغة الروسية ، المجلد رقم 444 . ص 86-97 .

13 . قالبيرين .ب.م ، شيندافين.ك.ي ، آسيك .ب.د (1974) " تدقيق طرق الحساب الشهري لمحصلة الإشعاع الشمسي بتكرارية الأيام الصحو والغائمة" أعمال مؤسسة ج .أو ، باللغة الروسية ،المجلد 307. ص 62 -57 .

14. كونراتيف .ك.ي (1965) " اكتينوميتريا " باللغة الروسية ، لينينجراد ، دار القيدر للنشر ، روسيا الاتحادية ، ص 691 .

15 . كيريللوفا.ت.ث ، ايقوروف .ب.ن (1977) " تقييم اثر الغيوم على الإشعاع الشمسي الكلي ببيانات الرصد للمؤسسة أ.ت.ا.ب -74" أعمال مؤسسة ج..أو ، باللغة الروسية ، المجلد 398 ، ص 117-112 .

16 . ماتييف.ل.ت (2000) " فيزياء الجو " باللغة الروسية ، دار القيدر . لينينجراد .

17 . مناخ دول آسيا ماوراء الحدود السوفيتية . (1975) باللغة الروسية ، دار القدرو للنشر . لينينجراد . روسيا الاتحادية.

18 - Bin Gadhi,S,M (1991) " Monthly Average Dally Global Solar Radiation in P,D,R,Yemen,Renewable Energy,Vol.1,No.1

19 - J.A.Duffie and W.A.Becckman (1974) ,"Solar Energy Thermal Processes" Wiley, New York, pp.40 .

20 - G.D.Rai (2004) ,"Solar Energy Utilisation " Khanna Publishers Delhi ,pp.82 .

21 - Williams,J.R, Dbs A.S. and Fadel .G.M. " Solar Energy Technolgy and Commercialization Assessment For Kuwait" G.I.T., Atanta,U.S.A.,1979.

A study on the possibility of using cloud accumulation variable for calculating the total quantity of solar radiation falling on the Yemeni terrain

Abdulla A. Ba-raadi[1], Mohamed A. Al-Saggaf[1] and Mohamed S. El-Mashjary[2]

1 College of Engineering and Petroleum – Hadramout University of science and Technology
2Faculty of Environmental Science& Marine Biology. Hadramout University
abdullah_raadi@yahoo.com

Abstract

In the limitation of gathering actual data of the total amount of solar radiation in the presence of clouds from the climatological stations in Yemen, other indirect methods were used to calculate them. A systematic method suggested by two researchers in the literature, viz., Liberlyand T. G., and Sarukinoi, L. I. were applied to give the possibility of calculating the solar radiation by using the actual cloud quantity "ns" available at the stations. This requires only the monthly data of the percentage of the cloud quantity that can be taken from the network stations (coordinates) without referring to the actual values of the cloud quantity of the specified climatological stations "n1".

The results show that the percentage degree of deviation from the total quantity of solar radiation "QRns" when the clouds accumulate "ns" that were calculated using the method introduced by Liberlyand and Sarukinoi from the actual quantity of solar radiation "Qf" taken directly from the climatological stations for Aden, Riyan, Perim Island, Kamaran Island and Sana'a was $|\Delta_A| = 15.3\%$, $|\Delta_R| = 11.3\%$, $|\Delta_P| = 11\%$, $|\Delta_K| = 8.3\%$ and $|\Delta_S| = 14.5\%$ respectively.

These percentages are within the allowable ranges for the theoretical calculations in the thermal energy. Consequently, the results give evidence of the possibility for using the total quantity of solar radiation calculated from the cloud accumulation variable "ns" with the use of the theoretical total solar radiation "QRn1" in any station in Yemen instead of "Qf" if its value cannot be obtained or due to the limitation of getting the value of the actual cloud accumulation "n1" in the climatological stations.

Key words: Thermal calculations; Solar radiation; Clouds; Yemen.