مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد41 العدد (3) – 2025: 219-229

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 41 number (3) -2025: 219-229

دراسة أثر نوع مادة الاتساخ على الأداء الكهربائي للألواح الكهرضوئية السيليكونية متعددة البلورات

وسيم عدنان سعيد*[1]

*[1]. دكتور، مدرس، قسم هندسة الطاقة الكهربائية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق

الإيميل:waseem.saeed@damascusuniversity.edu.sy

https://orcid.org/0000-0003-0338-0638

تاريخ الايداع: 2023/2/20
تاريخ القبول: 2023/4/26

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

الملخص:

إن اختلاف مكان تموضع الألواح الكهرضوئية يرافقه تغير في أداءها، حيث لوحظ أن أداء نفس الألواح الكهرضوئية من نفس صنع الشركة ونفس تاريخ التصنيع ونفس الموديل يعطي أداءً مختلفاً حسب مكان التركيب وذلك عند نفس المحددات المناخية من إشعاع شمسي وحرارة عمل. لذلك تهدف هذه الدراسة لبيان أثر نوع الاتساخ الذي يمكن أن يغطي السطح الأمامي للوح كهرضوئي سيليكوني متعدد البلورات على أداءه وذلك بوضع مواد مختلفة من رمل بناء إلى إسمنت إلى رمال بحرية إلى رمال حمراء لمحاكاة أماكن التركيب المختلفة، وبيان أيها الأكثر تأثيراً على خرج هذا اللوح، حيث بينت الدراسة أن الإسمنت الأسود هو الأكثر تأثيراً حيث انخفضت الاستطاعة فيما لوكان اللوح نظيفاً بحدود 53% بينما رمل البناء 26.8% أما الرمل البحري والرمل الزراعي الأحمر فكانا الأقل تأثيراً بحدود 2.5% و0.5%.

الكلمات المفتاحية: الألواح الكهرضوئية السيليكونية متعددة البلورات، السطح الأمامي، الاتساخ، استطاعة الألواح.

ISSN (online): 2789-6854
http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index

Studying the Effect ofthe Type of Dirt onthe Electric Performance of Polycrystalline Silicon Photovoltaic Panels

Waseem Adnan Saeed[*1]

[*1]. Lecturer, Dr, Electrical Power EngineeringDep, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University
E-mail: waseem.saeed@damascusuniversity.edu.sy
https://orcid.org/0000-0003-0338-0638

Received: 20/2/2023
Accepted: 26/4/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract:

The difference in the location of installation of the photovoltaic panelsis accompanied by a change in their performance, as it was noticed that the performance of the same photovoltaic panels of the same manufacture, the same manufacturing date, and the same model gives different performance according to the place of installation, at the same climatic parameters of solar radiation and working temperature. Therefore, this study aims to demonstrate the effect of the type of dirt that can cover the front surface of a polycrystalline photovoltaic panel on its performance by applying different materials from building sand to cement to marine sand to red sand to simulate different installation locations, and to indicate which one has the most impact on the output of this panel, where it has shown that black cement has the most impact, as the power decreases from clean by about 53%, while construction sand about 26.8%, while marine sand and red agricultural sand were the least affected by about 2.5% and 0.5%.

Key words: poly crystals photovoltaic panels, front surface, dirt, panel power.

المقدمة:

تعتبر تقنية توليد الطاقة الكهربائية من الألواح الكهرضوئية من أكثر التقنيات انتشاراً على المستوى العالمي عموماً وفي بلدنا سوريا خصوصاً في إنتاج الطاقة الكهربائية، لكن ظهرت مشكلة في المنظومات المركبة من نفس الشركة المصنعة ونفس الموديل وسنة التصنيع هو انخفاض أداء بعض المنظومات دون الآخر خاصة مع تشابه مواصفات التوجيه والتموضع ومع تطابق المحددات المناخية من إشعاع شمسي ودرجة حرارة التشغيل للوح، الأمر الذي يجعلنا أمام عدة خيارات إما أن تكون الرطوبة لها أثر في تقادم الألواح أو سوية التوتر للألواح أو نوع المواد التي تؤدي لاتساخ الألواح. تهدف هذه الدراسة البحث في نوع مادة الاتساخ على الاستطاعة المقدمة من الألواح مع تثبيت باقي المحددات لتبيان هل ستؤثر نوعية الاتساخ على الأداء أم لا.

حيث تم إجراء دراسة مفصلةعام 2017 حول تأثير جزيئات غبار الهواء على أداء اللوح الكهروضوئي من خلال إجراء تحليل بالمجهر الإلكتروني الماسح لعينات الغبار التي تم جمعها، و تحليل الصور التي تم الحصول عليها من أجل ملاحظة خصائص وتضاريس جزيئات عينة الغبار.

تم جمع بيانات عينات الغبار ذات الأوزان المختلفة ومراقبة التغيير في فقدان استطاعةاللوح الكهروضوئيففي هذه الدراسة تم تقييم تأثير جزيئات الغبار البيئية على فقدان الاستطاعة في الوحدة الكهروضوئية من خلال قياس مؤشر الأداء الكهربائي مثل الجهد والتيار والاستطاعة.

تمت ملاحظة أعلى معدل انخفاض لقيمة الاستطاعة والتيظهرت أثناء تراكم قشر الأرز على الوحدة الكهروضوئية (Hussain and others et al, 2017). وتم إجراء دراسة لفهم خصائص الغبار وتأثيره على الأداء الكهربائي للألواح الكهروضوئية تحت الظروف الجوية في الشارقة، الإمارات العربية المتحدة. حيث جزيئات الغبار لها أشكال وأحجام مختلفة (1.61 – 38.40 ميكرومتر). تكشف نتائج التجارب عن وجود علاقة خطية بين كثافة الغبار والاستطاعة الكهروضوئية والتي تنخفض بنسبة 1.7٪ لكل غ / م^2 (Hachicha and others et al., 2019). وتناولت مقالة أخرى أنواعًا معينة من الغبار الناتج عن الأنشطة البشرية داخل المدن، وهي غالباً ناتجة من مواد البناء بسبب عدم تغطيتها بشكل صحيح. مكونات الغبار هذه هي الرمل والإسمنت والجبس.

وأظهرت عينات مكوّنات الغبار المتراكم لمدة ثلاثة أشهر أن الجزء الأكبر منها (أكثر من 50٪) عبارة عن أكاسيد السيليكون (الرمل)، والباقي منها يمثل الجزء الأهم من مكونات الإسمنت والجبس. وكانت النتيجة تسبب الجبس الصناعي في أكبر انخفاض في الطاقة عندما يتراكم بأكثر من 25 غ / م^2(Alnasser and others et al., 2020). وتستعرض مقالة أخرى تأثير بعض العوامل البيئيةمع الغبار على أداء الألواح الكهروضوئية. تمت مناقشة حالة البحث بناءً على تأثيرخصائص الغبار، وتأثير محددات النظام الكهروضوئي وتأثيرات المحددات البيئة (Darwish and others et al., 2013)

أما في تاكسيلا، باكستان تم إجراء سلسلة من القياسات لفترة زمنية مدتها ثلاثة أشهر للحصول على كثافات غبارمختلفة. تم تقديم معلومات عن النسبة المئوية للفقد عند كثافات الغبار المختلفة.

في نهاية الدراسة أظهرت النتائج أن ترسب الغبار له تأثير قوي على أداء الألواح الكهروضوئية. أظهرت الألواح أحادية

ISSN (online): 2789-6854
http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index

البلورة والبلورية انخفاضًا بنسبة 20٪ و 16٪ في متوسط استطاعة الخرج على التوالي، مقارنةً بالوحدات النظيفة من نفس النوع (Muhammad and others et al. 2017). وتم فحص حساسية تقنيات الخلايا الكهروضوئية المختلفة للغبار ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية في الدوحة. وأظهرت النتائج أن أثر تراكم الغبار على تدهور كفاءة الخلايا الكهروضوئية للسيليكون غير المتبلور وأحادي البلورة أكثر من درجة حرارة أو الرطوبة النسبية.

بالإضافة إلى ذلك، الخلايا الكهروضوئية غير المتبلورة تتأثر بدرجة الحرارة والرطوبة النسبية أكثر من الخلايا الكهروضوئية أحادية البلورية.

ومع ذلك، أثبتت الخلايا الكهروضوئية غير المتبلورة أنها أكثر تحملاًللغبار من الخلايا الكهروضوئية أحادية البلورة، وبالتالي فهي أكثر ملاءمة للتنفيذ في المناخات الصحراوية مثل الدوحة ما لم يتم وضع استراتيجيات للتنظيف. تشير التقديرات إلى أن 100 يوم من تراكم الغبار على الألواح الكهروضوئية أحادية البلوريةتتسبب في انخفاض الكفاءة بنحو 10٪.

هذا القيد يجعل الخلايا الشمسية الكهروضوئية تمثل مصدر طاقة غير موثوق به في المناطق البعيدة، وبالتالي يشير بقوة إلى التحدي المتمثل في تنظيف سطح اللوح بانتظام (Touati and others et al. 2013).

وفيبحث آخر تم دراسة تأثير الغبار بأشكال مختلفة على تدهور أداء الخلايا الكهروضوئية المختلفة المكونة من السيليكون متعدد البلورات والسيليكون أحادي البلورة والسيليكون اللابلوري.

الغبار الذي تم جمعه من موقعين مختلفين، بابوين في إندونيسيا وبيرث في أستراليا، تم طلاؤه بشكل مصطنع على سطح زجاج الوحدات الكهروضوئية. كشف التحليل أن الغبار من بابوين كان يسيطر عليه حجم أكبر وجسيمات مسامية بحيث يمر ضوء أكثر منتلك القادمة من بيرث.

كان الغبار من بيرث ذو أشكال زاويّة وقطريّة بخواص بصريّة أفضل من تلك الموجودة في بابوين التي تتميز بجزيئات بيضوية وكروية. نتيجة لذلك ، تميل قيم النفاذية لكلا النوعين من الغبار إلى التوازن. بالتالي كان تأثير الغبار على تدهور أداء كل تقنية PV متشابهًا. وبالتالي ، فإن الغبار من بابوين أو بيرث له تأثيرات مماثلة على تقنيات الكهروضوئية الثلاثة (Tanesab and others et al., 2019).

يتأثر أداء الوحدة الكهروضوئية بشكل كبير بكل من العناصر البيئية مثل الرياح والرطوبة ودرجة الحرارة وترسب الغبار وعوامل التثبيت مثل زاوية الميل والمنطقة المحيطة والسطح الأمامي للوحدة الكهروضوئية. تم اكتشاف عدد من تقنيات التخفيف لتقليل استقرار الغبار على سطح الوحدة الكهروضوئية(Gupta and others et al., 2019).

بينت الدراسات السابقة المحددات الأكثر تأثيراً على أداء الألواح الكهرضوئية ولوحظ أثر الاتساخ الواضح على الألواح وكيف يمكن أن تؤثر بنية مواد الاتساخ المتجمعة على السطح الأمامي للوح على أداؤه. لذلك تهدف هذه الدراسة إلى بيان أثر مواد الاتساخ المحلية في الجمهورية العربية السورية على أداء الألواح الكهرضوئية ومردودها.

2- الخلايا الكهرضوئية:

أصبح مفهوم الخلايا الكهرضوئية واضحاً ويمكن تعريفها حسب المراجع بشكل حرفي بأنها: عبارة عن أنصاف نواقل تعمل وفق الأثر الكهرضوئي وهو امتصاص الطاقة الواردة من الضوء والمكون من فوتونات تتحرك بأطوال موجية مختلفة (طاقات مختلفة) والتي تقدم طاقتها للإلكترونات الموجودة ضمن ذرات المادة فإن كانت هذه الطاقة كافية

تحررت الإلكترونات من ذرات أنصاف النواقل لتمرر تياراً كهربائياً عبر دارة خارجية.

وعليه تعتبر هذه الخلايا منابعاً للتيار الذي يتناسب طرداً مع ما يسمى استطاعة الإشعاع الشمسي G وهي كمية الاستطاعة الشمسية الساقطة على واحدة المساحة [W/m^2] وعليه أي عائق أمام وصول الإشعاع الشمسي للخلية سيؤثر على الاستطاعة الممكن توليدها من هذه الخلية والذي ينعكس على استطاعة اللوح بأكمله المكون من خلايا مربوطة على التسلسل غالباً وفق ماجاء من المركز الوطني لأبحاث الضزئيات والبصريات في المرجع التاسع وحسب (Landsberg and others et al., 2003).

ومن هنا يتبين لنا أن اختلاف شكل مادة الاتساخ وبنيتها سيؤثر على الإشعاع الشمسي الممكن أن يصل إلى الخلايا الكهرضوئية الأمر الذي سيخفض من استطاعة الخرج الكهربائية لها وبالتالي التأثير على مردودها بشكل متفاوت، لذلك سوف ندرس مجموعة من الملوثات الممكن أن تؤثر على عمل هذه الخلايا بتثبيت نوع الخلية وحتى أكثر من ذلك من نفس الشركة المصنعة ولنفس عينة الاختبار لكن بتغيير الملوث حيث سندرس أثر رمل البناء والإسمنت الأسود والرمل الزراعي ورمل البحر كونها تحاكي المواد الأكثر تواجداً في المناطق السورية.

3- رمل البناء:

الرمل مادة غير عضوية تتواجد بشكل طبيعي من الصخور الحبيبية. يعتبر أحد المتطلبات الأساسية لتطوير البنى التحتية ، وهو ذو أهمية قصوى في أعمالنا اليومية.يجب أن يكون الرمل نظيفًا وهو عبارة عن خليط جيد التدرج من الحبوب الخشنة إلى الحبيبات الدقيقة، بما يتوافق مع متطلبات IS 383 أحدث إصدار أو ما يعادله.التصنيفات المختلفة للرمل هي:

حجم الجسيمات: 0.6–2 مم (رمال خشنة)، 0.2–0.6 مم. (رمال متوسطة)، 0.06–0.2 مم (رمال ناعمة)، وشكل الجسيمات: زاوي، شبه مستطيل، مدور، مسطح، أما الملمس: خشن ناعم أو مصقول.

لأغراض التجصيص، يجب ألا يكون معامل النعومة أقل من 1.5 ويفضل ألا تقل معدل الشقوق البيضاء عن 4 في المائة.بالنسبة لأعمال تصنيع البلوك، يجب ألا يكون معامل النعومةأقل من 1.2 إلى 1.5، ويفضل الشق بشكل عام 4 بالمائة. أما أعمال صب الخرسانة فتتطلبرملًا خشنًا بمعامل من 2.5 إلى 3.5 ويجب ألا يقل محتوى الشق عن 4 بالمائةوفق ماجاء في موقع تصميم الأبنية البريطاني في المرجع الحادي عشر.

4- الإسمنت الأسود:

الإسمنت مادة تستخدم لربط وتقوية المواد الأخرى حيث يتماسك الإسمنت مع الماء و ويتصلبان من خلال تفاعل كيميائي يعرف باسم "الترطيب"والتي تتطلب ظروفًا خاصة لدرجة الحرارة والرطوبة.

يمكن خلط الإسمنت مع الركام الناعم والماء لإنتاج الملاطClay، ويستخدم في البناء كمواد لاصقة لربط وسد الفجوات بين الكتل المجاورة من الخرسانة أو الحجر، ويمكن أيضًا خلطها بالماء والحصى أو الرمل أو الصخورلتشكيل الخرسانة، حيث ستحدد نسبة الماء والإسمنت القوة الكلية للخليط وجودته.تقريبا كل الخرسانة مصنوعة من الإسمنت البورتلاندي وهو أيضًا الإسمنت الرئيسي المستخدم في البناء.

يتم تصنيعها عن طريق تسخين الحجر الجيري (أو الطباشير) والطين (أو الصخر) معًا في أفران دوارة كبيرة. تتكون كيمياء الإسمنت البورتلاندي إلى حد كبير من سيليكات الكالسيوم التي تتفاعل مع الماء لتشكيل عجينة إسمنتية قوية ومتينة.

وهناك الإسمنت البورتلاندي ذو الحرارة المنخفضة وهو خليط خاص ذو حرارة منخفضة لخصائص الترطيب وتتمثل ميزة هذا النوع من الإسمنت على الإسمنت البورتلاندي العادي في أنه على الرغم من اكتسابه للقوة بشكل أبطأ، إلا أنه يتمتع بقوة نهائية أعلى، بالإضافة إلى قابلية تشغيل أفضل. وهناك إسمنت سريع التصلب والذي يتصلب بشكل أسرع من الإسمنت البورتلاندي، حيث يحتوي على المزيد من السيليكات، ومع ذلك، فإن القوة النهائية أعلى قليلاً فقط. قوة هذا الإسمنت ليوم واحد تساوي قوة ثلاثة أيام من الإسمنت البورتلاندي بنفس نسبة الماء إلى الإسمنت.

يتم استخدامه بشكل أساسي حيث يجب إزالة القوالب لإعادة الاستخدام.

الإسمنت المقاوم للكبريتاتتوجد الكبريتات في مياه الأمطار والبحر ويمكن أن تكون ضارة بمواد البناء. الإسمنت المقاوم للكبريتات هو نوع من الإسمنت البورتلاندي المعدل الذي يمكن استخدامه في الظروف التي تتعرض فيها الخرسانة لخطر التدهور بسبب هجوم الكبريتات كما جاء في نفس المرجع السابق.

5- رمل البحر:

في الواقع، كل شاطئ هو في الأساس نتاج بيئته الإقليمية والمحلية، وبالتالي فهو فريد من نوعه. حيث إن الرمال على كل شاطئ تشبه بصمة الإصبع فريدة من نوعها للشاطئ المحدد الذي تجده فيه. التركيبة الفريدة للرمال ولونها وحجم حبيباتها هي نتيجة لصخور المصدر التي أتت منها، ولكنها أيضًا نتيجة للعمليات الساحلية التي تعدل الرمال على مدى فترات طويلة من الزمن من هذه العمليات أنواع الأمواج والتيارات في المنطقة، بالإضافة إلى تاريخ مستوى سطح البحر لساحل معين.تحتوي المناطق المدارية على قدر أكبر من الرمال المشتقة من الصدف مقارنة بالمناطق المعتدلة والتي تكون فيها الرمال في الغالب من السيليكا وعلى شكل كوارتز.

العديد من الشواطئ لا تحتوي فقط على رمال بيضاء ولكن بها جزيئات رملية وردية أو حمراء أيضًا هذا التلوين الشهير هو بقايا مخلوقات صغيرة وحيدة الخلية تسمى Foraminifera ذات أصداف وردية أو حمراء.في حين هناك شواطئ رملية سوداء، نتيجة الصخور البركانية الداكنة.

و بعض الشواطئ لها صبغة خضراء، وذلك بفضل وجود الزبرجد الزيتوني المعدني كما جاء في موقع nbc الإخبارية على الرابط في المرجع الثاني عشر.

6- الرمل الزراعي الأحمر:

التربة الحمراء هي نوع من التربة التي تنمو عادة في المناخات الدافئة والمعتدلة والرطبة وتشكل حوالي 13٪ من تربة الأرض. تحتوي التربة الحمراء على كميات كبيرة من الطين وتُشتق عمومًا من الصخور البلورية القديمة والمتحولة.

ويمكن أن يتنوع لونها من البني المحمر إلى الأصفر المحمر نتيجة لارتفاع محتواها من الحديد. يمكن أن تكون التربة الحمراء جيدة أو سيئة النمو اعتمادًا على كيفية إدارتها.

عادة ما تحوي القليلمن العناصر الغذائية ويمكن أن يكون من الصعب زراعتها بسبب قدرتها المنخفضة على الاحتفاظ بالمياه ومع ذلك، يمكن تحسين خصوبة هذه التربة باستخدام الجير وتقنيات الزراعة الأخرى.تعتبر التربة الحمراء موردًا مهمًا لأنها تشكل جزءًا كبيرًا من الأراضي الزراعية على الأرض.

ويمكن أن تختلف خصائص التربة الحمراء عبر المناطق وقد تتطلب ممارسات إدارة مختلفة لتحقيق أفضل النتائج كما جاء في موسوعة الويكبيديا في رابط المرجع الثالث عشر.

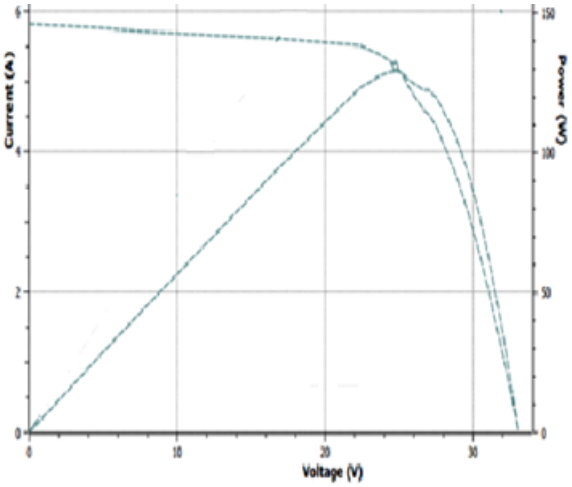
7- الإجراء التنفيذي:

تم العمل على دراسة أثر الأنواع الأربعة السابقة على أداء لوح كهرضوئي سيليكوني متعدد البلورات ذي المواصفات المبينة في الجدول (1)، والمتواجد على أحد أسطح كلية الهمك في جامعة دمشق.

الجدول(1) مواصفات اللوح المدروس

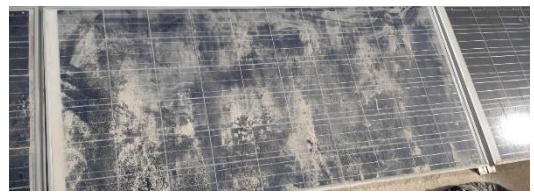
PVM SUS-220/24 TC SY PVM 15770- 001:20 10	
الاستطاعة العظمى (Pmp)	204.58 W
توتر النقطة العظمى(Vmp)	30.24 V
تيار النقطة العظمى(Imp)	6.67 A
توتر الدارة المفتوحة(Voc)	37.07 V
تيار القصر(Isc)	7.67 A
توتر النظام الأعظمي	1000 V
الاستطاعة مقاسة في شروط الاختبار القياسية (STC)	

حيث تم تنظيفه من الغبار الطبيعي المتراكم عليه وتحديد الاستطاعة التي يولدها عند ظروف التشغيل من إشعاع شمسي يبلغ 670 واط على المتر المربع ودرجة حرارة تشغيل 48 درجة مئوية، حيث تم أخذ قراءات الأداء للوح باستخدام جهاز I–V Tracer نوع SEAWARD وكانت النتائج كما في الشكل(1) حيث كانت الاستطاعة الكهربائية الأعظمية المقدمة على خرج اللوح 129 واط.

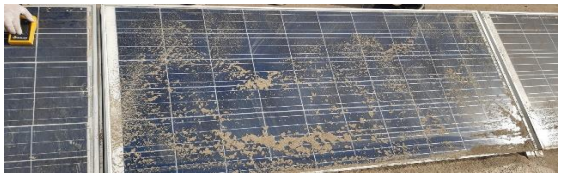


الشكل(1) منحني الأداء للوح النظيف

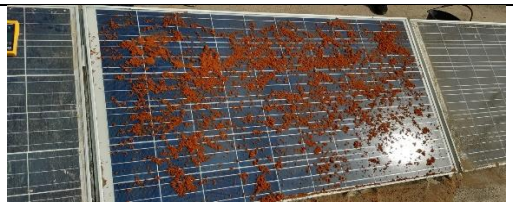
بعد ذلك تم إجراء الاختبارات على نفس اللوح وعند نفس الظروف المناخية لكن بعد تعريض اللوح إلى عينات من مواد اتساخ محلية في سوريا وهي رمل بناء (رمل سليمة) وإسمنت أسود صناعة محلية ورمل من تربة زراعية من منطقة ريف دمشق ورمل من الساحل السوري، حيث تم تعريض كامل اللوح في كل مرة للعينات ومن ثم تحريكها بشكل طبيعي إلى أن تبقى الرواسب التي ممكن أن تترسب وتبقى على السطح الأمامي للوح بشكل يحاكي تجمعها على فترات طويلة ويبين الشكل (2) شكل اللوح وعليه الرواسب بالترتيب متوضعة بشكل غير متجانس للتوضيح وقبل البدء بالاختبار لبيان المادة على اللوح لكن لم يتم أخذ القيم وإجراء الاختبارات إلا بعد توزيعها بشكل متجانس على كامل اللوح حيث عندها مادة الاتساخ أصبحت غير واضحة ولا يمكن التمييز بين المواد المختلفة بالصور:



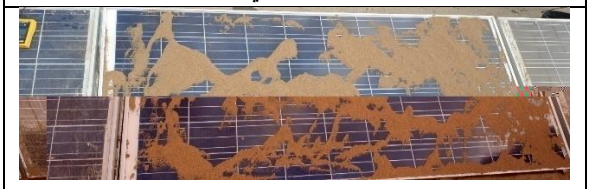
رمل بناء



إسمنت أسود



تراب زراعي

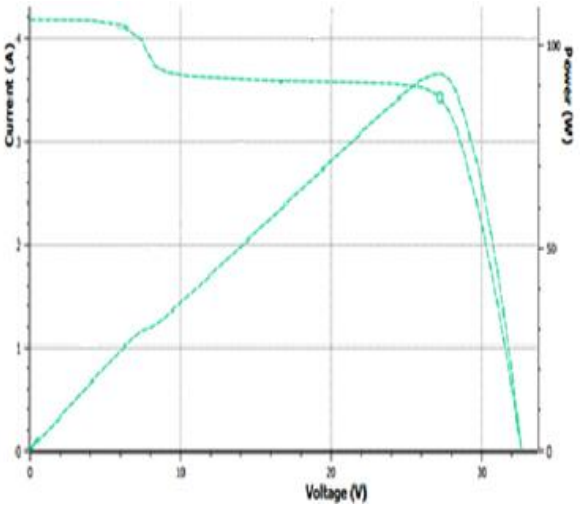


رمل بحري

الشكل(2) شكل اللوح مع مواد الاتساخ

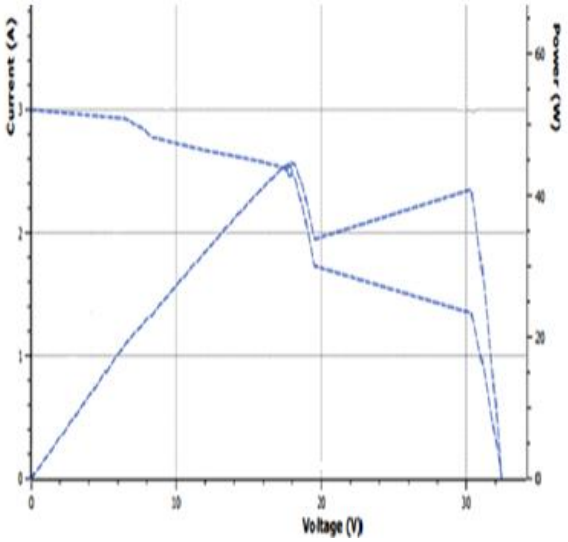
ومن ثم تم دراسة الاستطاعة المقدمة من اللوح بعد تنظيفه وتطبيق مادة الاتساخ الجديدة أربع مرات وفق مايلي:

يبين الشكل(3) منحني أداء اللوح بعد تعريضه لرمل البناء وتوزيعه للحصول على توضع متجانس على اللوح، حيث يتبين لنا من الشكل أن استطاعة اللوح انخفضت لحوالي 94.4 واط وذلك عند نفس الظروف المناخية أي انخفضت الاستطاعة حوالي 26.8% مع تشوه بسيط في المنحني.



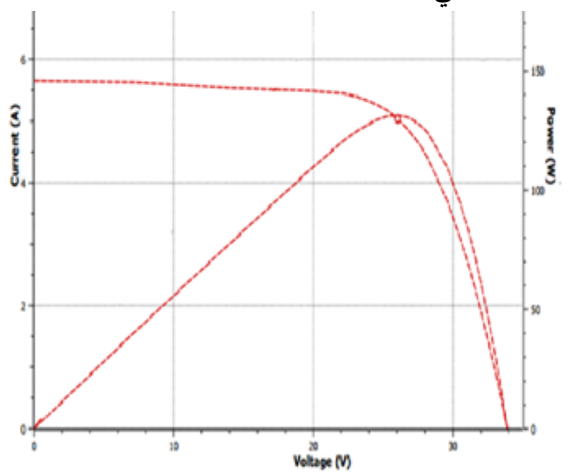
الشكل(3) منحني أداء اللوح مع رمل البناء

أما الشكل(4) فيبين منحني الأداء لنفس اللوح ولنفس ظروف التشغيل لكن بعد تنظيفه ومن ثم تعريضه للإسمنت الأسود، حيث نجد أن الاستطاعة المولدة أصبحت 60.3 واط أي حوالي 46.7% من الاستطاعة التي من المفروض تقديمها وشكل المنحني أصبح أسوأ.



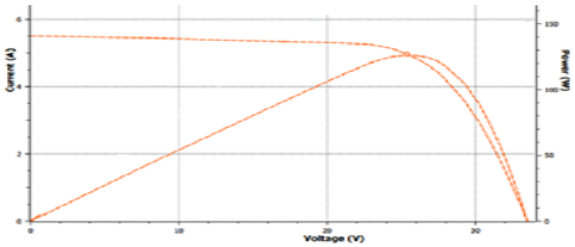
الشكل(4) منحني أداء اللوح مع الإسمنت

ويبين الشكل(5) أداء اللوح لكن بعد تعريضه للتراب الزراعي، حيث أصبحت الاستطاعة 128.5 واط أي حوالي 99.6% من الاستطاعة الواجب توليدها ومنحني الأداء عاد لشكله الطبيعي.



الشكل(5) منحني أداء اللوح مع التراب الزراعي

أما الحالة الخامسة والأخيرة فهي عند اتساخ اللوح برمل البحر فكان أداء اللوح كمافي الشكل(6) حيث كانت الاستطاعة العظمى 126 واط أي حوالي 97.6% من الاستطاعة المفروض توليدها وأيضاً شكل منحني الأداء مثالي.



الشكل(6) منحني أداء اللوح مع رمل البحر

ويمكن تلخيص النتائج وفق الجدول(2) التالي:

الجدول(2) نتائج القياس للعينة مع تغيير نوع الاتساخ

استطاعة العينة النظيفة 129 واط		
نوع الاتساخ	الاستطاعة المولدة	الضياع
رمل البناء	94.4 ولط	%26.8
الإسمنت الأسود	60.3 واط	%53.2
التراب الزراعي	128.5 واط	%0.4
رمل البحر	126 واط	%2.3

نلاحظ من الجدول وجود تباين كبير لأثر الاتساخ على الضياع في الاستطاعة عن استطاعة اللوح النظيف وذلك باختلاف نوع مادة الاتساخ.

8- النتائج:

بينت الدراسة أن اتساخ الألواح الكهرضوئية هو عامل مهم في انخفاض استطاعة التوليد على خرجها الأمر الذي يؤثر على إنتاجية النظم الكهرضوئية بأنواعها المختلفة (حقن بالشبكة، مستقلة، أو ضخ المياه). تمت دراسة أثر مادة الاتساخ على نفس العينة وتحديد ضياع الاستطاعة لكل منها ويمكن تلخيص النتائج كمايلي:

- كان معدل انخفاض الاستطاعة أسوأ مايمكن لعينة الإسمنت الأسود التي ترافقت مع تشوه شكل منحني الأداء للوح المدروس وانخفاض استطاعة حوالي 53%، يليه في الأثر رمل البناء الذي أثر على الاستطاعة المولدة لكن بشكل أقل تأثيراً من الإسمنت الأسود حيث انخفضت الاستطاعة حوالي 27%، الأمر الذي يؤكد ضرورة تنظيف الألواح في المناطق التي يتم العمل بالعمران فيها بشكل دوري وإلا سيترافق ذلك بضياع كبير في الطاقة الممكن توليدها.

- أما الانخفاض بسبب رمل البحر فقد كان حوالي 2.5% فقط أي له تأثير منخفض على الضياع بينما الأقل تأثيراً كان التراب الزراعي الذي انخفضت فيه الاستطاعة حوالي 0.5%، ويعزى ذلك كون حبات رمل البحر والتراب ذات خصائص التصاقية منخفضة جداً الأمر الذي جعل تراكمها صعب على اللوح وبالتالي معدل حجبها للإشعاع الشمسي منخفض جداً مما يزيد من الاستطاعة المولدة بعكس عينتي الاتساخ السابقتين التي تتميز بالتصاقية عالية ومعدل حجب أكبر للإشعاع الشمسي.

9- الخاتمة:

تم دراسة أثر تراكم أنواع مختلفة من مواد الاتساخ على عينة من الألواح الكهرضوئية السيليكونية المتعددة البلورات وتبين لنا أنه باختلاف مكان تركيب الألواح تختلف المواد التي يمكن أن تتجمع على السطح الأمامي للوح والذي ينعكس على الاستطاعة المولدة حيث بينت الدراسة أن مواد الاتساخ التي قد تتجمع من أماكن البناء والعمران لها الأثر الأكبر في تخفيض الاستطاعة المولدة بعكس أثر مواد الاتساخ في المناطق الزراعية ذات الرمل الأحمر والمناطق الساحلية (مع العلم أنه سيظهر أثر آخر أشد تأثيراً وهو أثر الرطوبة). وكان ذلك بسبب اختلاف الطبيعة الالتصاقية لهذه المواد ومدى تأثيرها على حجب الإشعاع الشمسي عن اللوح. ولا بد من التأكيد على ضرورة البحث عن طريقة لربط نسبة الاتساخ مع الزمن وذلك لتحديد الوقت الأمثل لإجراء عملية التنظيف.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل(501100020595)

10-References:

[1]- A. Hussain, A.Batraand R. Pachauri. 2017. An experimental study on effect of dust on power loss in solar photovoltaic module.Sustainable Energy Research, Springer.

[2]- A. A.Hachicha, I. Al-Sawafta, and Z. Said. 2019, Impact of dust on the performance of solar photovoltaic (PV) systems under United Arab Emirates weather conditions.Renewable Energy/ Elsevier.Volume 141, Pages 287-297.

[3]- T. M.A Alnasser, A. M.J Mahdy, K. I. Abass, M. T. Chaichan, and H. A. Kazem. 2020. Impact of dust ingredient on photovoltaic performance: An experimental study.Solar Energy/ Elsevier.Volume 195, Pages 651-659.

[4]- Z. A.Darwish, H. A.Kazem, K. Sopian, M.A.Alghoul and M. T Chaichan. 2013. Impact of Some Environmental Variables with Dust on Solar Photovoltaic (PV) Performance: Review and Research Status.INTERNATIONAL JOURNAL of ENERGY and ENVIRONMENT.Issue 4, Volume 7.

[5]- A. H. Muhammad, Z. M. Abdullah, B. M.Anser, N. M. Ali,A. Muzaffar, and S. A. Maryam. 2017. Effect of dust deposition on the performance of photovoltaic modules in Taxila,Pakistan.Thermal Science, Volume 21, Issue 2, Pages: 915-923.

[6]- F. A. Touati,M. A. Al-Hitmiand H. J.Bouchech. 2013. Study of the Effects of Dust, Relative Humidity, and Temperature on Solar PV Performance in Doha: Comparison Between Monocrystalline and Amorphous PVS.International Journal of Green Energy, Volume 10 – Issue 7.

[7]- J.Tanesab, D.Parlevliet, J. Whale, and T.Urmee. 2019.The effect of dust with different morphologies on the performance degradation of photovoltaic modules.Sustainable Energy Technologies and Assesments/ Elsevier.Volume 31, Pages 347-354

[8]- V. Gupta, M. Sharma, R. K. Pachauri, and K.N. Dinesh Babu. 2019. Comprehensive review on effect of dust on solar photovoltaic system and mitigation techniques. Solar Energy, Volume 191, October 2019, Pages 596-622.

[9]- OP-TEC: The National Center of Opticsand Photonics Educationan NSF ATE Project. Photonics Principles inPhotovoltaic CellTechnology. 2009 CORD.

[10]- P. T.Landsberg, and T. Markvart. 2003. Practical Handbook of Photovoltaics-Fundamentals and Applications. ELSIVIER.

[11]— www.designingbuildings.co.uk/wiki

[12]https://www.nbcnews.com/sciencemain/everything-you-ever-wanted-know-about-beach-sand-6c10660973

[13]-https://en.wikipedia.org/wiki/Red_soil