مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد42 العدد (2) – 2026: 352-363

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 42 number (2) -2026: 352-363

تحديد هيكلية القياس المثلى لمشروع طاقة شمسية على سطح مبنى حكومي وفق تحليل CBA

رانيا سعيد [1*] رانيا عيسى [2]

[1*] طالبة ماجستير، مهندسة، جامعة دمشق، كلية الهندسة المدنية، إدارة تقانات المعلومات في التشييد، البريد الالكتروني.
(rania.saiid@damascusuniversity.edu.sy)

[2] دكتوراه في الإدارة الهندسية، جامعة دمشق، كلية الهندسة المدنية، الإدارة الهندسية والتشييد، البريد الالكتروني
(ranyaessa@damascusuniversity.edu.sy)

الملخص:

بعد سنوات الحرب في سورية وفي ظل النقص الشديد في موارد توليد الطاقة الكهربائية كان لابد من البحث عن موارد طاقة بديلة لمحاولة تعويض النقص وسد حاجة البلد للطاقة الكهربائية، ومن أهم البدائل الطبيعية المطروحة لحل هذه الأزمة استخدام الطاقة الشمسية.
تعددت السياسات الداعمة لتفعيل دور الطاقة الشمسية في توفير الكهرباء لقطاع الأبنية ولاسيما الحكومية منها، لكن دائرة الإلمام بأهمية هذه السياسات ومدى نجاحها مازال محدوداً.
يسعى هذا البحث إلى تسليط الضوء على أبرز تلك السياسات الداعمة ألا وهي سياسات هياكل القياس، حيث يهدف البحث إلى التعريف بأهم سياستين متبعتين عالمياً وفي الجمهورية العربية السورية و والمُشار إليهما بمصطلحي Gross Metering,Net Metering.
كما ويركز هذا البحث على العلاقة المتبادلة ما بين سياسة هياكل القياس وسياسة دعم قطاع الطاقة غير المتجدد، وتأثير تلك الأخيرة على كل من قرار مالك المبنى في التوجه نحو الطاقة الشمسية وعلى تحديد هيكلية القياس المثلى، من خلال تحليل CBA(Cost-Benefit Analysis) لحالة مشروع شمسي مرتبط بالشبكة العامة على سطح مبنى حكومي.

الكلمات المفتاحية: سياسة هياكل القياس، الطاقة الشمسية على أسطح الأبنية، سياسة دعم القطاع الطاقي غير المتجدد، GrossMetering, Net Metering,CBA(Cost-Benefit Analysis).

تاريخ الإيداع: 2023/7/9
تاريخ القبول: 2023/8/9

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

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

Determining the ptimum measurement structure for a government building rooftop solar project according to CBA analysis

Rania Saiid[*1] **Rania Issa**[2]

[*1.] Master's student, Eng, University of Damascus, Faculty of Civil Engineering, IT Management in Construction.

rania.saiid@damascusuniversity.edu.sy

[2.] Dr, PhD in Engineering Management, University of Damascus, Faculty of Civil Engineering, Engineering and Construction Management.

ranyaessa@damascusuniversity.edu.sy

Received: 9/7/2023
Accepted: 9/8/2023

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

Abstract:

After the years of war in Syria and in light of the severe shortage in the resources for generating electric power,it was necessary to search for alternative energy resources in an attempt to compensate for the shortage and meet the country's need for electric energy.One of the most important natural alternatives offered to solve this crisis is the use of solar energy.

There are many policies that support activating the role of solar energy in providing electricity to the building sector, especially government ones,but awareness of the importance of these policies and the extent of their success is still limited.

This research seeks to spotlight on the most prominent of these supportive policies, which are the measurement structures policies. The research aims to introduce the two most important policies followed globally and in the Syrian Arab Republic,which are referred to as Gross Metering and Net Metering.

This research also focuses on the interrelationship between the metering structures policy and the non-renewable energy sector subsidy policy, and the impact of the latter on both the building owner's decision to go towards solar energy and on determining the optimal metering structure, through CBA (Cost-Benefit Analysis) of the case A solar project linked to the public network on the roof of a government building.

Keywords: Measurement structures policy, Rooftop solar energy, Non-renewable energy sector subsidy policy, Gross Metering, Net Metering, CBA (Cost-Benefit Analysis).

مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد42 العدد (2) – 2026: 352-363

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 42 number (2) -2026: 352-363

المقدمة:

إن توفير الطاقة لقطاع الأبنية من المصادر الغير متجددة باتَ يشكل عبئاً ثقيلاً ليس فقط على الحكومات إنَّما على المناخ أيضاً إذ يعرقل حركة جريان الاستدامة بشكل منتظم وسليم مما دفع الحكومات كافة للبحث عن حلول اعتمدت في مجملها على ركيزتين أساسيتين هما رفع الدعم عن قطاع الطاقة غير المتجدد ودعم قطاع الطاقة المتجدد.

إنَّ أهم سياسات دعم القطاع الطاقي المتجدد هي سياسة تسعير الكهرباء المنتجة من مشاريع وأنظمة الطاقات المتجددة ويطلق على هذا النوع من التسعير سعر أو تعرفة التغذية:((Feed-in-Tariff(FIT) ويستخدم هذا التسعير ضمن سياسات هياكل القياس والتي تختلف أشكالها وآلياتها من دولة إلى أخرى.

1. هدف البحث:

1. التعرف على سياسات هياكل القياس للطاقات المتجددة وآلياتها المطبقة عالمياً.
2. بيان الوضع الراهن لهياكل القياس المتبعة في الجمهورية العربية السورية.
3. بيان تأثير سياسة دعم القطاع الطاقي(قطاع الكهرباء) على نجاح سياسة هياكل القياس.
4. تحديد هيكلية القياس المثلى من خلال تحليل CBA(Cost-Benefit Analysis) لمشروع شمسي مرتبط بالشبكة العامة على سطح مبنى حكومي.

مواد وطرائق البحث:

اعتمد إنجاز هذا البحث على وصف الحالة الراهنة لوضع سياسات القياس المتبعة وآليات عملها من خلال تقييم حالة عائدة لمشروع طاقة شمسية منفذ على سطح مبنى كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة البعث بمدينة حمص اعتماداً على بيانات جمعت من مصادر رسمية وقدمتها بعض المؤسسات الحكومية ذات الصلة ومبنيةٌ أيضاًعلى افتراضات لازمة لتحديد هيكلية القياس المثلى لهذه الحالة والتي تحقق أعلى ربحية لمالك المشروع اعتماداً على تحليل التكلفة والمنفعة(CBA(Cost Benefit Analysis للسنة الأولى من تشغيل المشروع وبمعالجة البيانات والافتراضات عن طريق برنامج إكسل وصياغة النتائج والتوصل للمقترحات الممكنة لتعزيز الايجابيات ومحاولة تجاوز العراقيل.

1-1 هياكل القياس المتبعة عالمياً:

هناك العديد من سياسات هياكل القياس المختلفة والتي تستخدمها الدول ليس فقط لتشجيع المستثمرين ولكن أيضاً لتشجيع المواطنين المقيمين في المبنى على استخدام نظام الطاقة المتجددة جزئياً لتوليد الكهرباء لاستخدامهم الخاص أو تصديرها للشبكة(Ospino et al., 2020). ولكن وفقاً ل(Elsayed, 2017) تبين أنَّ أكثر المخططين المهيمنين على مستوى العالم واللذان يستخدمان لتعزيز الطاقة المتجددة هما:

1. القياس الإجمالي Gross Metering.
2. القياس الصافي Net Metering.

تختلف مسميات الدراسات المُدرجة لهذه الأطر:

1. منها ما أطلق عليها تسمية مخطط(Scheme) (Hunehen et al., 2020)و(Omar et al., 2018)
2. دراسات أخرى أطلقت عليها اسم سياسة(Policy)، (Pacudan, 2018)، (Kalfountzou et al., 2010)،(Ospino et al., 2020) و (Carhart et al., 2022)
3. وأخرى تدعوها هياكل(Structures) (de la Hoz et al., 2023)

إلا أنَّ جميع تلك المسميات يخدم منحى وغاية واحدة محددة مشتركة وهي توفير الدعم الحكومي المناسب لتشجيع مشاريع الطاقات المتجددة.

القياس الإجمالي Gross Metering:

يُشار إليه في أدبيات أخرى بذات تسمية تعرفة التغذية Feed-in-Tariff(Omar et al., 2018) &(Alasadi et al., 2018)

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

ووفقاً لوصف(Ranka, 2022) يتم تلبية طلب الطاقة في المبنى بالكامل بواسطة الشبكة ويتم تصدير الطاقة الشمسية المتولدة بالكامل إلى الشبكة.

في مخطط تعرفة التغذية يكون للعميل(المستخدم) عدادان منفصلان للطاقة هما عداد التصدير وعداد الاستيراد ويعود السبب في وجود عدادين أنَّ الطاقة الشمسية مربوطة مع الشبكة العامة مباشرة دون وجود أي اتصال لها مع أحمال المبنى حيث يقوم عداد التصدير بقياس الطاقة الشمسية المصدرة إلى الشبكة أما العداد الثاني فهو عداد المبنى نفسه المربوط مع الشبكة العامة لقياس الطاقة المستوردة لتغذية المبنى من الشبكة .

تم اتباع سياسة FiT لأول مرة في ألمانيا وحققت تنفيذاً ناجحاً مما دفع الدول المتقدمة والنامية لاتخاذ هذه السياسة (Alasadi et al., 2018).

يتم تلخيص آلية عمل القياس الإجمالي Gross Metering كما هو موضح بالشكل (1):

الشكل (1) آلية عمل القياس الإجمالي Gross Metering، الباحثة

القياس الصافي Net Metering (NEM):

تُعرف سياسة القياس الصافي وفق(Rehman et al., 2020) بأنها اتفاقية فوترة بين مزود الكهرباء والمستهلكين تُلزم المستهلكين بامتلاك وتشغيل والاستفادة من نظام التوليد الموزع (الطاقة الشمسية الكهروضوئية أو نظام توليد آخر) لتلبية بعض أو كل احتياجاتهم من استهلاك الطاقة والحصول على المردود المالي لأي فائض من الطاقة يتم ضخه في الشبكة الرئيسية

في مخطط صافي القياس يستخدم عداد ثنائي الاتجاه لتسجيل كل من واردات الطاقة (من الشبكة إلى المستهلك) وتصدير الطاقة (من المستهلك إلى الشبكة).

2-1 آليات مختلفة لتنفيذ سياسة NEM:

يمكن إدراج بعض من آليات تنفيذ سياسة القياس الصافي والتي تختلف من دولة إلى أخرى حيث يمكن أن يتم تعويض مالك المشروع أو ما يسمى العميل بأحد الأشكال التالية (Elsayed, 2017) (Alasadi et al., 2018):

1. مبالغ مالية مقابل كامل الكهرباء المصدرة إلى الشبكة(الفائضة عن الاستهلاك) أو جزء منها محدد بسقف معين بحسب السياسة المتبعة
2. يتم حفظ الفائض عن الاستهلاك ك رصيد مخزن ليتم خصمها من الفاتورة التالية
3. إعادة الفائض للشبكة دون مقابل
4. ايداع الفائض واستخدامه لاحقاً لفترة محددة

تم تنفيذ أطر سياسات هياكل القياس ومنها القياس الصافي فيما لا يقل عن 66 دولة في نهاية عام 2017 وفقًا لتقرير الحالة العالمية لمصادر الطاقة المتجددة لعام 2019 والذي لخصه (Rehman et al., 2020) في الشكل (2) المبين فيه عدد الدول التي اعتمدت سياسات هياكل القياس في آسيا ودول حول العالم منذ العام 2003 وحتى العام 2019:

الشكل (2) عدد الدول التي اعتمدت سياسات هياكل القياس

المصدر: (Rehman et al., 2020)

يبين الشكل رقم (2) التزايد الكبير والملحوظ لعدد البلدان في آسيا ودول حول العالم والتي اعتمدت سياسات هياكل القياس منذ العام 2003 وحتى العام 2019 كما يمكن ملاحظة ثبات هذا التزايد بين عامي 2003 و2008 ليعاود نشاطه في العام 2009 ويعود سبب هذه المعاودة في الازدهار إلى اتفاقيات المناخ المبرمة منذ تلك الفترة وحتى يومنا هذا والتي تدعو إلى أهمية اليقظة للمخاطر التي تواجه المناخ وضرورة الإسراع للتحول نحو الطاقات المتجددة.

أي يمكن توصيف هذا التزايد بعبارة التزايد المعرفي لأنَّه في مضمونه يحمل وعياً متزايداً لأهمية هذه السياسات.

3-1 سياسة هياكل القياس في سورية، الوضع الراهن:

يمكن تلخيص قرارات تعريفات التغذية لتحديد أسعار شراء الكهرباء المنتجة من الطاقات المتجددة في سورية بما يلي : (Electricity of Syria, 2021) (Ramadan et al., 2019)

في البداية صدر قانون الكهرباء رقم /32/ لعام 2010 والذي: سمح للقطاع العام، القطاع المشترك، القطاع الخاص والأجنبي بالاستثمار في مجالي توزيع وتوليد الكهرباء
هدف لدعم وتشجيع استخدام الطاقات المتجددة في مختلف المجالات وتوطين صناعتها.

– تضمّنت المادة 28 من هذا القانون تعريفة التغذية من الطاقات المتجددة وكان آخر تعديل لهذه المادة بالقانون رقم /32/ لعام 2021 لتتضمن ما يلي:
يجوز شراء الكهرباء المنتجة من مشاريع الطاقات المتجددة التي يمكن ربطها على شبكة النقل أو شبكة التوزيع، إذا توفرت الإمكانات الفنية لذلك وحسب القواعد والشروط والاستطاعات التي تضعها المؤسسة العامة لنقل وتوزيع الكهرباء وتعتمدها الوزارة بأسعار محددة تصدر بقرار من مجلس الوزراء في الحالات التالية:

أ. صافي القياس (أوNet Metering):
فائض إنتاج المشتركين والمشتركين الرئيسيين الذين يعتمد استهلاكهم أساساً على الكهرباء المنتجة من مصادر توليد الطاقات المتجددة الخاصة بهم.

ب. كامل الانتاج (أوGross Metering)
الكهرباء المنتجة من مشاريع الطاقات المتجددة المرخصة التي يمكن ربطها على شبكة النقل أو شبكة التوزيع.

أما بالنسبة للقرارات الصادرة عن مجلس الوزراء والخاصة بقيمة تعريفات التغذية من الطاقات المتجددة يمكن تلخيصها وفق مايلي:

1. في عام 2012 صدر قرار من رئاسة مجلس الوزراء رقم /16202/ بتحديد أسعار شراء الكهرباء وتم وضع أطر تنظيمية للقياس الصافي على المستوى الوطني.

2. تم تعديله بالقرار رقم /1763/ لسنة 2016 الذي يحدد أسعار شراء الكهرباء المنتجة من مشاريع الطاقة المتجددة للمؤسسات الصغيرة والمتوسطة الحجم(حتى 10000 كيلو واط) التي يمكن ربطها بشبكة التوزيع فمثلاً بناءً على هذا القرار يمكن للمستثمر بيع الطاقة المنتجة من محطة الطاقة الشمسية الكهروضوئية الخاصة به إلى المؤسسة العامة لتوزيع الطاقة الكهربائية بسعر 10.6 سنت يورو، إذا كانت الطاقة المركبة لمحطة الطاقة الشمسية الكهروضوئية من 101 إلى 1000 كيلوواط، أي أنَّ أسعار التغذية الشمسية المحددة في هذا القرار تابعة لمجالات الاستطاعات.

3. ثم عُدلت الأسعار بالقرار رقم /1113/ لسنة 2020 وحُدد سعر واحد للكهرباء المنتجة من الأنظمة الشمسية والمقدر بمبلغ 7 سنت يورو / كيلو واط ساعي، مع مراعاة الأحكام الأخرى مثل:

أ. يحدد سقف الاستطاعة المركبة للمشروع10000 كيلو واط

ب. على ألاّ تقل استطاعة المشروع الواحد عن(100) كيلو واط إن كان الغرض بيعها إلى إحدى الشركات العامة للكهرباء في المحافظات

ت. أما المشترك بالطاقة الكهربائية الذي يرغب بإقامة مشروع لإنتاج الكهرباء من مصادر الطاقات المتجددة داخل العقار المخصص لاشتراكه يتم الترخيص للمشروع وفق الفقرة(أ) من المادة (28) من قانون الكهرباء أي شراء كمية الكهرباء الصافية المصدرة لشبكة التوزيع والفائضة عن استهلاك المشترك على ألاّ تقل استطاعة المشروع عن 20 كيلو واط ولا تزيد عن 80% من استطاعة الاشتراك

ث. تحتسب قيمة الكهرباء الصافية المصدرة للشبكة العامة للتوزيع على أساس الأسعار المحددة في القرار بعملة اليورو ويتم التسديد بالليرة السورية وفق نشرة أسعار صرف العملات الأجنبية مقابل الليرة السورية الخاصة بالمصارف الصادرة عن مصرف سورية المركزي بتاريخ الاستحقاق

ج. مؤخراً صدر القانون رقم 32 لعام 2021 والذي تم فيه تعديل المادة 28 من القانون رقم 32 لعام 2010 ليشمل شبكات النقل أيضاً

من الواضح مما سبق وجود تذبذب في التقدم نحو تعزيز سياسات القياس نظراً لظروف الحرب الصعبة في سورية(Rehman et al., 2020)

لكن يمكن القول بأنَّ الأسعار المحددة في هذا القرار مربحة عموماً إذ أنها توفر للمستثمر في مجال الطاقات المتجددة عوائد مالية جيدة حيث تقل هذه الأسعار عن ثمن المازوت

المستخدم لتوليد نفس الكمية من الكهرباء (Electricity of Syria, 2021)

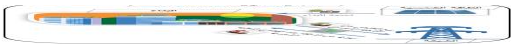
1-3-1 آلية تنفيذ سياسة (Net Metering) في سورية

وفق الفقرة أ من المادة 28 من قانون الكهرباء يتم تلخيص آلية التنفيذ ببندين رئيسيين هما:

إذا كان استجرار المشترك من الشبكة خلال أي دورة تزيد عن الكهرباء المصدرة إليها من قبله تصدر الفاتورة بكمية وقيمة الفرق فقط، وحسب صفة الاستهلاك والتعرفات المعتمدة.

إذا كانت الكهرباء المصدرة من قبل المشترك إلى الشبكة خلال أي دورة تزيد عن الكهرباء المستجرة من قبله فيُسدد له قيمة الفرق وفق الأسعار الواردة في هذا القرار.

يوضح **الشكل** رقم (3) ملخص لآلية عمل القياس الصافي Net Metering:



الشكل (3) آلية عمل القياس الصافي Net Metering، الباحثة

1-4 سياسة الدعم الحكومي لقطاع الطاقة غير المتجدد:

خلصت نتائج دراسة أجريت في سورية(الخيّر، 2016) إلى أنَّ مؤشرات التنمية الاقتصادية والاجتماعية تتأثر تأثراً إيجابياً بالدعم الحكومي مع إشكالية عدم وصول هذا الدعم إلى فئات الدخل المحدود والمُشار إليهم بعبارة (فئة المستحقين)

وفي المقابل هنالك دراسات مثل (شرف الدين، 2018) بيّنت أنَّ سياسة إلغاء الدعم عن الوقود الأحفوري الضار والتي يشار إليها بعبارة إعادة هيكلة الدعم على مصادر الطاقة تقود إلى توفير المنافع البيئية على عكس الدعم الذي وصفه Carhart (et al., 2022) بالحافز التشجيعي لزيادة الانبعاثات.

هذه الاختلافات بالآراء لا يمكن ترجمتها سوى بلغة واحدة فقط هي لغة الاستدامة أي أنَّه عند النظر في بعدي الاستدامة الاجتماعية والاقتصادية على مستوى الأفراد يكون للدعم الطاقي مؤثرات جذابة ولكنَّها على الرغم من جاذبيتها إلّا أنَّها محدودة وسرعان ماتتلاشى عند ثقل كفة ميزان البعد الثالث أي البعد البيئي.

1-4-1 دعم قطاع الطاقة غير المتجدد في سورية:

إن سعر ال FIT (تعرفة التغذية) في سورية أكبر من سعر الشبكة العامة المقدم للمستهلك كون أنَّ الكهرباء ما زالت من السلع المدعومة لعدة قطاعات ففي الفترة الممتدة بين عامي 2001 و2012 بلغ متوسط الدعم الكلي للطاقة في سورية والمترجم بدعم المازوت والغاز المنزلي والكهربائي ما يقارب (117160255463.33) ليرة سورية

ومن خلال المقابلات والبحث في المنشورات المختلفة تبين بأن سعر تكلفة انتاج سلعة الكهرباء في عام 2016 بلغ الثمانون ليرة سورية، أمّا في العام 2020 فكانت التكلفة الحقيقية قد قاربت الثلاثمائة ليرة سورية، وفي السنوات الأخيرة ارتفعت التكلفة بشكل كبير لتقارب نحو الألف والخمسمائة ليرة سورية في العام 2022.

1-5 تحديد هيكلية القياس المثلى لمشروع طاقة شمسية على سطح مبنى حكومي:

أولاً: اختيار مشروع:

تم اختيار حالة لمشروع شمسي على سطح كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة البعث بمدينة حمص وباعتباره مربوط مع الشبكة العامة(لا يحتوي بطاريات)، وبافتراض أن الجهة العامة هي الجهة المالكة للمشروع

ثانياً: ملخص البيانات والافتراضات للبناء المدروس:

ملخص للبيانات مثل أسعار كهرباء الشبكة العامة، وتكاليف النظام الشمسي وتكاليف البناء والعمالة وسعر صرف العملات الأجنبية .. وهي مأخوذة في فترة انشاء المشروع:

1 – استطاعة المشروع 200 KW.

2 – كمية الكهرباء الصافية خلال السنة الأولى من المشروع 335400Kwh.

3 – التكلفة التأسيسية للمشروع 172373100 ل.س – يهمل سعر العداد الإضافي الموجود في آلية القياس الإجمالي.

4 – افتراض تكاليف التشغيل والصيانة تشكل 0.5% من التكاليف التأسيسية للمشروع.

5 – يتم شراء الكهرباء المولدة من المشروع من قبل شركة كهرباء حمص بسعر /7/ سنت يورو لكل كيلو واط ساعي.

6 – يتم اعتماد سعر صرف اليورو بحسب أسعار صرف العملات بشكل وسطي وتقريبي وقت تنفيذ المشروع وهو 1500 ل.س.

7 – ضمن قيمة الالتزامات الضريبية سوف تعتبر الضريبة 3٪ من ايراد البيع.

8 – سعر الطاقة التقليدية من الشبكة العامة مع وجود دعم 45 ل.س (وفق بيانات وزارة الكهرباء).

9 – سعر الطاقة التقليدية من الشبكة العامة بدون وجود دعم 300 ل.س (وفق بيانات وزارة الكهرباء).

10 – اعتماد الوحدة KWh باعتبارها الوحدة المعتمدة في فواتير الكهرباء في سورية.

11 – افتراض عدم وجود تقنين على خط الشبكة العامة.

12 – افتراض نسبة الاستهلاك السنوي ضمن فترات الإشعاع الشمسي 80% من قيمة الاستهلاك السنوي الإجمالي ومنه تكون نسبة الاستهلاك السنوي خارج فترات الإشعاع الشمسي 20% من قيمة الاستهلاك السنوي.

13 – افتراض نسبة انتاج الكهرباء السنوي من الطاقة الشمسية هو 80% من الاستهلاك السنوي ضمن فترات الإشعاع الشمسي.

ثالثاً: المقارنة بين عدة سيناريوهات:

لتعزيز الطاقة الشمسية وتقييم مزاياها وعيوبها يجب اختيار أفضل سيناريو لتعظيم وفورات الطاقة الشمسية ولإظهار مدى تأثير سياسة دعم القطاع الطاقي على قرار التوجه للطاقة الشمسية

تم اقتراح أربع سيناريوهات لهياكل القياس وأسعار الشبكة التقليدية العامة كالتالي:

السيناريو الأول: استخدام آلية القياس الإجمالي عند وجود سياسة دعم للقطاع الطاقي

السيناريو الثاني: استخدام آلية القياس الصافي عند وجود سياسة دعم للقطاع الطاقي

السيناريو الثالث: استخدام آلية القياس الإجمالي عند عدم وجود سياسة دعم للقطاع الطاقي

السيناريو الرابع: استخدام آلية القياس الصافي عند عدم وجود سياسة دعم للقطاع الطاقي

رابعاً: إعداد نموذج لمتطلبات الطاقة السنوية الأساسية للمبنى لتقدير الوفورات والنفقات المحققة السنوية للطاقة الشمسية:

يتم إعداد نموذج لمتطلبات الطاقة السنوية الأساسية للمبنى كما هو موضح في الجدولين(2)و(3) لهيكلي القياس (Gross metering,Net metering) وبحسب آليات التنفيذ المتبعة في سورية:

حساب قيم الاستهلاك ضمن النموذج

يتم الرمز لإجمالي استهلاك المبنى السنوي بالرمز $E_{consumption}$ (E_c) واستهلاك المبنى السنوي ضمن فترات الاشعاع وخارج فترات الاشعاع بالرمزين E_{in} , E_{out} على الترتيب بالكيلوواط ساعي

يشار إلى فترات خارج الاشعاع جميع الأوقات الي لا يعمل فيها النظام الكهروضوئي مثل فترات المساء والأيام الغائمة..

$$E_c = E_{in} + E_{out}$$

كما يعبر عن نسبة الاستهلاك ضمن فترة الاشعاع من إجمالي الاستهلاك بالرمز R_{in} ومنه يكون استهلاك المبنى ضمن فترة الاشعاع

$$E_{in} = R_{in} * E_c \quad \text{---- (1)}$$

ويعبر عن إنتاجية الطاقة الشمسية السنوية بالرمز E_{PV} ونسبة انتاج الطاقة الشمسية بالنسبة للاستهلاك ضمن فترة الإشعاع بالرمز $R_{s/in}$ ومنه تكون إنتاجية الطاقة الشمسية بالكيلوواط ساعي كما يلي:

$$E_{PV} = R_{s/in} * E_{in} \quad \text{---- (2)}$$

يتم استنتاج الاستهلاك السنوي للمبنى كقيمة بالكيلوواط ساعي بتعويض المعادلة (1) في المعادلة رقم (2):

$$E_c = \frac{E_{PV}}{R_{in} * R_{s/in}}$$

التوفير من فاتورة المبنى

لحساب متطلبات الطاقة السنوية المطلوبة من الشبكة للمبنى بعد تركيب الطاقة الشمسية (والتي تعتمد كلياً على الطاقة المطلوبة مقابل الطاقة المنتجة وعلى هيكلية القياس المتبعة) يتم تحديد متطلبات الشبكة السنوية قبل تركيب الطاقة الشمسية بالمعادلة (بالعملة المعتمدة):

الجدول(1) النفقات والفوائد تبعاً لهيكلية القياس NET

$S_{bell,net}$	$C_{bell,\text{net}}$	E_{in}, E_{PV}
E_{PV} = $S_{bell,net}$ * grid price	(E_{in} – E_{PV}) * grid price + E_{out} * grid price	E_{PV} >E_{in}
E_{in} = $S_{bell,net}$ * grid price	E_{out} * grid price الفائض في هذه الحالة من إنتاجية النظام الشمسي والذي سيتم بيعه للشبكة العامة يرمز له بالرمز E_s : E_s = E_{PV} - E_{in}	E_{in} ≤ E_{PV}

C_{bell} = $C_{bell,in}$ + $C_{bell,out}$

حيث أنَّ:

C_{bell} فاتورة الكهرباء الإجمالية السنوية للمبنى

$C_{bell,in}$ فاتورة الكهرباء السنوية للفترات ضمن الاشعاع الشمسي

$C_{bell,out}$ فاتورة الكهرباء السنوية للفترات خارج الاشعاع الشمسي

أما بعد تركيب منظومة الطاقة الشمسية وبالنسبة لهيكلية القياس Gross metering فتكون نفقات الفاتورة المدفوعة هي نفسها الفاتورة الاجمالية

$C_{bell,gross}$ = E_c * grid price

Grid price تسعيرة كهرباء الشبكة العامة (بالعملة المعتمدة) $C_{bell,gross}$ تكلفة فاتورة المبنى وفق القياس الإجمالي

ومنه يكون التوفير من فاتورة المبنى وفق هذه الهيكلية والمرموز له بالرمز $S_{bell,gross}$ هو صفر

$S_{bell,gross}$ = 0

أما بالنسبة لهيكلية القياس Net metering فتكون نفقات فاتورة الكهرباء $C_{bell,net}$ و الفوائد المحققة من هذه الهيكلية بالتوفير من الفاتورة $S_{bell,net}$ وذلك تبعاً لإنتاجية الطاقة الشمسية مقارنة بالاستهلاك السنوي ضمن فترات الإشعاع كما هي موضحة في الجدول رقم (1)

الجدول(2) نتائج تحليل السنة الأولى للسيناريوهات 1– 2 (مع دعم)

البند	Gross feed	Net feed
الاستهلاك الإجمالي السنوي للمبنى (كيلوواط ساعي)	524062.5	524062.5
تسعيرة كهرباء الشبكة العامة (ل.س)	45	45
الفاتورة الإجمالية (ل.س)	23582812.5	23582812.5
الطاقة المطلوبة السنوية ضمن أوقات الاشعاع الشمسي(كيلوواط ساعي)	-	419250
الطاقة المطلوبة السنوية خارج أوقات الاشعاع الشمسي(كيلوواط ساعي)	-	104812.5
انتاج الطاقة الشمسية في السنة الأولى (كيلوواط ساعي)	335400.00	335400.00
الفائض عن انتاج الطاقة الشمسية (كيلوواط ساعي)	335400.00	0
ايرادات البيع لشركة الكهرباء (ل.س)	34210800	0
كمية الاستهلاك السنوي من الشبكة العامة بعد تركيب الطاقة الشمسية (كيلوواط ساعي)	524062.5	188662.50
كمية الاستهلاك السنوي من الشبكة العامة بعد تركيب الطاقة الشمسية (ل.س)	23582812.5	8489812.5
الفوائد / التوفير الشمسي السنوي من الشبكة (ل.س)	-	15093000
الكلفة التأسيسية للمشروع (ل.س)	172373100	172373100
تكاليف الصيانة والتشغيل الجارية السنوية (ل.س)	861865.5	861865.5
النفقات السنوية بعد التركيب (ل.س)	24444678	9351678
اجمالي الفوائد (الوفورات) السنوية بعد التركيب (ل.س)	34210800	15093000

الأرباح للسنة الأولى (ل.س)	9766122	5741322

المصدر: الباحثة

إيرادات بيع الطاقة الفائضة عن الإنتاج الشمسي:

لحساب إيرادات بيع الطاقة الشمسية الفائضة من النظام الشمسي S_{sell} إن وجد، يتم ضرب إجمالي التوليد الفائض السنوي بسعر البيع المحدد للكهرباء المنتجة من الطاقة الشمسية (بالعملة المعتمدة) بعد خصم الضريبة المحددة على ايرادات البيع وفق مايلي :

$$S_{sell,net} = E_s * \text{feed price}$$

$$S_{sell,gross} = E_{PV} * \text{feed price}$$

ومنه تكون جميع الوفورات المحققة لهياكل القياس محققة في المعادلتين:

$$S_{net} = S_{bell,net} + S_{sell,net}$$

$$S_{gross} = S_{sell,gross}$$

إذاً تشمل المنافع (الوفورات المحققة) إيرادات المبيعات S_{sell} والتوفير في فواتير الشبكة العامة S_{bell}

أما التكاليف فتشمل النفقات الرأسمالية C_C ونفقات الصيانة والتشغيل $C_{O\&M}$ ونفقات فاتورة الكهرباء C_{bell}

المنافع والفوائد $= S_{bell} + S_{sell}$

التكاليف والنفقات $= C_C + C_{O\&M} + C_{bell}$

1. النتائج:

يبين كل من الجدول رقم(2) والجدول رقم(3) نتائج تحليل السنة الأولى للسيناريوهات المقترحة.

الجدول(3) نتائج تحليل السنة الأولى للسيناريو 3 – 4 (بدون دعم)

البند	Gross feed	Net feed
الاستهلاك الإجمالي السنوي للمبنى (كيلوواط ساعي)	524062.5	524062.5
تسعيرة كهرباء الشبكة العامة (ل.س)	300	300
الفاتورة الإجمالية (ل.س)	157218750	157218750
الطاقة المطلوبة السنوية ضمن أوقات الاشعاع الشمسي(كيلوواط ساعي)	-	419250
الطاقة المطلوبة السنوية خارج أوقات الاشعاع الشمسي(كيلوواط ساعي)	-	104812.5
انتاج الطاقة الشمسية في السنة الأولى (كيلوواط ساعي)	335400.00	335400.00
الفائض عن انتاج الطاقة الشمسية (كيلوواط ساعي)	335400.00	0.00
ايرادات البيع لشركة الكهرباء (ل.س)	34210800	0
كمية الاستهلاك السنوي من الشبكة العامة بعد تركيب الطاقة الشمسية (كيلوواط ساعي)	524062.5	188662.50
كمية الاستهلاك السنوي من الشبكة العامة بعد تركيب الطاقة الشمسية (ل.س)	157218750	56598750
الفوائد / التوفير الشمسي السنوي من الشبكة (ل.س)	-	100620000
الكلفة التأسيسية للمشروع (ل.س)	172373100	172373100
تكاليف الصيانة والتشغيل الجارية السنوية (ل.س)	861865.5	861865.5
النفقات السنوية بعد التركيب (ل.س)	158080615.5	57460615.5
اجمالي الفوائد (الوفورات) السنوية بعد التركيب (ل.س)	34210800	100620000
الأرباح للسنة الأولى (ل.س)	-123869815.5	43159384.5

يتم تلخيص نتائج تحليل التكلفة والمنفعة CBA(Cost Benefit Analysis) في الجدول رقم(4) دون اعتبارات الزمن وعلى مدار عمر المشروع بشكل تقديري والمقدَّر بنحو 25 سنة بدءاً من تشغيل المشروع للسيناريوهات الأربعة

الجدول(4) نتائج تحليل التكلفة والمنفعة

(ل.س)	السيناريو 1	السيناريو 2	السيناريو 3	السيناريو 4
النفقات السنوية	196817778	18172 4778	3304537 15.5	229833 715.5
اجمالي الفوائد السنوية بعد التركيب	855270000	377325000	85527000 0	2515500000
الأرباح	658452222	195600222	52481628 4.5	2285666285
CBA	4.3	12.	62.	11

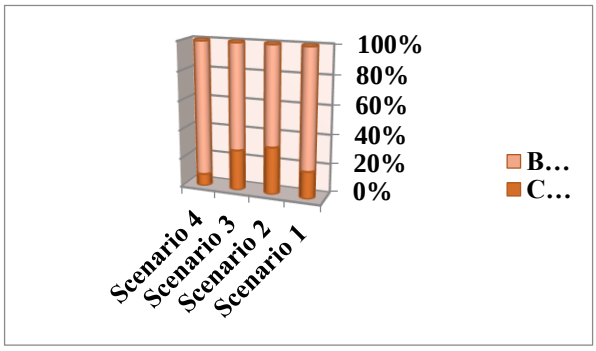
1 – نلاحظ أنَّ هيكلية القياس التي تحقق أعلى قيمة من الربح السنوي عند وجود دعم على شبكة الكهرباء العامة هي هيكلية القياس الإجمالي كون أن سعر التغذية للطاقة الشمسية أعلى من سعر الشبكة العامة.

2 – الهيكلية التي تحقق أعلى قيمة من الربح عند عدم وجود دعم هي صافي القياس وهذا يعود إلى أن آلية صافي القياس توفر من فاتورة الكهرباء

2 – اعتماداً على تحليل التكلفة والمنفعة لدورة حياة المشروع بشكل تقديري تبين أنَّ كافة السيناريوهات تحقق نسبة B/C أكبر من الواحد الصحيح لكن يمكن ملاحظة أنَّ السيناريو الرابع هو السيناريو الأكثر ربحية وبفارق كبير عن باقي السيناريوهات وهذا إن دلّ على شيء دلّ على أفضلية القياس الصافي لمشروع الطاقة الشمسية على سطح مبنى الحالة المدروسة.

3 – يبين الشكل رقم (4) الفرق بين نفقات وفوائد كل من السيناريوهات المقترحة

حيث تبين أنَّه كلَّما زاد سعر الشبكة العامة كلَّما كان تركيب



نظام شمسي مرتبط مع الشبكة مع هيكلية صافي القياس هي الخيار المحقق لجدوى ذات ايرادات أعلى أي كانت الجدوى هي في تغذية المبنى بالطاقة الشمسية والفائض إن وجد يصدر للشبكة العامة بالسعر المحدد وفق الأحكام الصادرة.

الشكل(4) الفرق بين نفقات وفوائد كل من السيناريوهات المقترحة

2. المقترحات والتوصيات:

1 – تقليص حجم الدعم للقطاع الطاقي غير المتجدد (الكهرباء) تدريجياً للوصول إلى المستقبل المستدام والنظيف باعتبار أن انخفاض أسعار كهرباء الشبكة العامة يعرقل التحول نحو بدائل توليد الكهرباء المتجددة مثل الطاقة الشمسية، وتحويل هذا الدعم لرفع المستوى المعيشي للمواطن.

2 – عدم التوسع في مشاريع الطاقة الشمسية المرتبطة بالشبكة العامة والخالية من البطاريات على أسطح الأبنية الحكومية لحين تحسن أوضاع الشبكة العامة وتوقف التقنين على هذه الخطوط.

3 – ضرورة البحث المستمر عن حوافز تشجيعية لاعتماد الطاقة الشمسية على أسطح الأبنية بشكل عام والحكومية بشكل خاص لانتشارها الواسع وكون أنَّ جُلَّ استهلاكها الأعظمي يقع ضمن فترة الإشعاع الشمسي.

4 – القيام بالدراسات البحثية اللازمة لتسليط الضوء على أهمية هياكل القياس للقطاع السكني في جني الأرباح من بيع الطاقة المولدة من المشروع الشمسي الغير مستهلكة والتقليل من عبء التكلفة الأولية المرتفعة للأنظمة الشمسية في هذا القطاع.

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

References:

1. الخيّر، سارة. (2016). أثر الدعم الحكومي لقطاع الطاقة على التنمية في سورية. رسالة ماجستير، قسم الإحصاء والبرمجة، كلية الاقتصاد، جامعة تشرين.

2. شرف الدين، هيام. (2018). آليات تسعير الكربون كأداة لإدارة تكلفة الانبعاثات ودعم عمليات الإنتاج النظيف. المجلة العلمية لقطاع كليات التجارة–جامعة الأزهر. 19.

3. Alasadi, Samarah, Abdullah, Md Pauzi. (2018). Comparative Analysis between Net and Gross Metering for Residential PV System. International Conference on Power and Energy, 434-439

4. , Mark, Litterman, Bob, Munnings, Clayton and Vitali, Olivia. (2022). Measuring comprehensive carbon prices of national climate policies. Climate Policy, 22:2, 198-207

5. de la Hoz, Jordi, Martín, Helena and Matas, José. (2023).Editorial on the Special Issue Entitled "Regulatory Frameworks Addressed to Promote Renewable Energy Sources and Microgrids. Regulatory Constraints and Implications on Conception, Design and Energy Management of Microgrids". Energies, 16, 13. https://doi.org/10.3390/en16135059

6. Electricity of syria, Ministry. 2021. Renewable Energy in Syria until the Year 2030. http://www.moe.gov.sy

7. Elsayed, Mostafa. (2017). Assessing the impacts of "Feed-in tariffs Vs. Net metering" in deploying solar market in Egypt. Master's Thesis. American University in Cairo

8. Hunehen, Qasim and Mohsin, Ruqayah and Mushtaq, Al-Sharify. (2020). Feasibility Study of Installing Rooftop PV System with Net-Metering Scheme in Iraq. Journal of Power and Energy Engineering, 08, 55-65

9. Kalfountzou, Evita. Ronald, Huisman. (2010). Economic evaluation of photovoltaic plants in Greece under the recently introduced de-escalating Feed-in-Tariff policy. Master's Thesis. MSc Economics & Business, Erasmus University Rotterdam

10. Omar, Moien Ali and Mahmoud, Marwan. (2018). Economic evaluation of residential grid connected PV Systems based on Net- Metering and Feed-in- Tariff schemes in Palestine. International Journal of Renewable Energy Research, 8,2106-2115

11. Ospino, Adalberto, Robles, Carlos, Tobón-Perez, Juan, Peña, Rafael and Acosta-Coll, Melisa. (2020). Financing of Residential Rooftop Photovoltaic Projects Under a Net Metering Policy Framework: The Case of the Colombian Caribbean Region. International Journal of Energy Economics and Policy, 10, 337–346

12. Pacudan, Romeo. (2018). The Economics of Net Metering Policy in the Philippines. International Energy Journal, 18, 283 – 296

13. Ramadan, A and Elistratov, Viktor. (2019). Techno-Economic Evaluation of a Grid-Connected Solar PV Plant in Syria. Applied Solar Energy, 55, 174–188

14. Ranka, K.Dheeraj. Net meter vs gross meter in india. Evolve Energy Group. https://www.evolveindia.in/netmetervsgrossmeter.php

15. Rehman, Waqas Ur, Bhatti, Abdul and Awan, Ahmed, Sajjad, Malik Intisar Ali, Khan, Asad Ali, Bo, Rui, Haroon, Shaikh, Amin, Salman, Tlili, Iskander and Oboreh-Snapps, Oroghene. (2020). The Penetration of Renewable and Sustainable Energy in Asia: A State-of-the-Art Review on Net-Metering. IEEE Acces,8, 170364-170388