

# PROVOCĂRI ȘI OPORTUNITĂȚI DE DEZVOLTARE SUSTENABILĂ A PV-URILOR PE ACOPERIȘUL CLĂDIRILOR

Ion CARAI

FEIE, EE-191, Electroenergetica, UTM, Chișinău, Moldova

Coordonator științific: Cristina EFREMOV, dr., lect. univ. FEIE, UTM, Moldova

**Rezumat.** În prezenta lucrare este abordată problema panourilor solare fotovoltaice (PV-uri) care au devenit o soluție importantă pentru producerea energiei electrice curată și sustenabilă. În ultimii ani, tot mai multe din clădirile comerciale și rezidențiale au fost echipate cu sisteme PV montate pe acoperișurile lor. Această creștere a instalării de PV-uri a venit la pachet atât cu o serie de provocări, cât și cu oportunități de dezvoltare sustenabilă. Printre provocările majore se numără costul inițial ridicat și durata de amortizare, care poate fi destul de lungă, în funcție de mărimea sistemului și costul energiei electrice în regiunea respectivă. De asemenea, trebuie să fie luat în considerare și designul clădirii pentru a maximiza eficiența PV-urilor și pentru a preveni orice daune la acoperiș în timpul instalării cât și al exploatării. Creșterea utilizării PV-urilor pe acoperișurile clădirilor poate contribui semnificativ la dezvoltarea sustenabilă a energiei electrice și la reducerea impactului asupra mediului.

## Cuvinte cheie:

energie din surse regenerabile, dezvoltare sustenabilă, energie curată.

## Introducere

Realimentarea Europei cu energie solară pentru a pune capăt dependenței sale de combustibili fosili din Rusia [1] va contribui, în prima fază, la reducerea dependenței în toate sectoarele economiei. Accelerarea planului REPowerEU va promova mai mult decât dublu față de 2020 energie solară fotovoltaică până în 2025 (320 GW) și până la aproape 600 GW până în 2030. Aceste valori privind capacitatea de producere de energie electrică se referă la curentul alternativ (CA).

În contextul schimbărilor climatice, trecerea la surse de energie curate și sustenabile devine din ce în ce mai importantă. Printre aceste surse se numără și energia solară, care poate fi convertită în energie electrică prin intermediul panourilor solare fotovoltaice (PV-uri). Energia solară va fi elementul central al acestui efort. Cu fiecare panou instalat, energia infinită a soarelui va reduce dependența de combustibili fosili, de la încălzirea locuințelor, până la procesele industriale.

Utilizarea PV-urilor pe acoperișurile clădirilor poate fi o soluție eficientă pentru generarea de energie electrică curată și sustenabilă [2]. Această creștere a instalării de PV-uri a venit la pachet atât cu provocări, cât și cu oportunități de dezvoltare sustenabilă.

În ciuda acestor provocări, există o serie de oportunități pentru dezvoltarea sustenabilă prin utilizarea PV-urilor pe acoperișurile clădirilor. În primul rând, PV-urile pot reduce dependența de combustibili fosili și contribuie la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră. De asemenea, PV-urile pot aduce economii la facturile de energie electrică și pot oferi o sursă de venit pentru proprietarii de clădiri, cu astfel de instalații, prin vânzarea excedentului de energie produsă în rețeaua națională.

O altă oportunitate este creșterea accesibilității la energie electrică în zonele izolate sau cu rețele electrice slabe. Instalarea PV-urilor pe acoperișurile clădirilor poate oferi o sursă de energie curată și sustenabilă pentru aceste comunități.

## 1. Inițiativa de promovare a acoperișurilor solare în Uniunea Europeană

Uniunea Europeană, prin consensul statelor membre, s-a angajat să profite, cât mai repede posibil, unindu-și forțele pentru a concretiza beneficiile multiple pe care le are pentru consumatori imensul potențial neexploatat al acoperișurilor solare.

Potrivit unor estimări realizate la nivel european, energia fotovoltaică, produsă pe acoperișuri, ar putea asigura aproape 25 % din necesarul de energie electrică al acesteia, ceea ce reprezintă mai mult decât ponderea actuală a gazelor naturale. Acest avantaj ar permite protejarea consumatorilor în raport cu prețurile ridicate la energie, contribuind la acceptarea de către public a energiei din surse regenerabile. Inițiativa europeană privind acoperișurile solare anunțată în Comunicarea REPowerEU a Comisiei presupune acțiuni rapide de implementare. Astfel, Uniunea Europeană [1] s-a angajat la:

- majorarea până la 45 % a obiectivului pentru 2030 privind ponderea energiei din surse regenerabile;
- adoptarea dispozițiilor pentru a se asigura că toate clădirile noi sunt „proiectate pentru producerea de energie solară”;
- executarea obligatorie de instalații pe acoperișuri, pentru producerea de energie solară, la toate clădirile publice și comerciale noi (până în 2026, 2027 în dependență de suprafață) și la toate clădirile rezidențiale noi până în 2029;
- asigurarea că legislația UE este pusă în aplicare pe deplin în toate statele membre, permițând consumatorilor din clădirile cu mai multe apartamente să își exercite efectiv dreptul la autoconsum colectiv, fără costuri nejustificate (conform Directivei (UE) 2018/2001 a Parlamentului European și a Consiliului din 11 decembrie 2018 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile și Directiva (UE) 2019/944 a Parlamentului European și a Consiliului din 5 iunie 2019 privind normele comune pentru piața internă de energie electrică conțin dispoziții privind autoconsumul colectiv).

Utilizarea fondurilor UE disponibile pentru redresare și reziliență în planul REPowerEU va facilita aplicarea cu prioritate a măsurilor din cadrul inițiativei de promovare a acoperișurilor solare.

## **2. Dezvoltarea panourilor fotovoltaice pe acoperiș în Republica Moldova**

Tranziția energetică declanșată atât la nivel mondial și european, cât și la nivelul Republicii Moldova [3] poate fi ajustată și prin valorificarea potențialului vast și insuficient utilizat al acoperișurilor în ceea ce privește producerea de energie solară, pentru ca energia să devină mai curată, mai sigură și mai accesibilă ca preț. Pentru a valorifica acest potențial, este stringent necesar de a acționa imediat. Dezvoltarea panourilor fotovoltaice pe acoperiș, în Republica Moldova, a cunoscut o creștere semnificativă în ultimii ani, deoarece acestea sunt o soluție eficientă și ecologică pentru producerea de energie electrică. Potrivit datelor Agenției Naționale pentru Reglementare în Energie din Republica Moldova, capacitatea totală instalată de energie solară fotovoltaică în țară a crescut [4], iar o mare parte din această capacitate este instalată pe acoperișurile clădirilor.

Există câțiva factori care au contribuit la creșterea utilizării panourilor solare pe acoperiș în Republica Moldova. Primul factor este creșterea costurilor energiei electrice, ceea ce face ca energia solară să devină o opțiune mai accesibilă pentru consumatorii casnici și industriali. De asemenea, statul a implementat un program de sprijin pentru instalarea de sisteme solare, ceea ce a stimulat creșterea investițiilor în această tehnologie [5 -8].

În plus, guvernul Republicii Moldova a implementat politici și regulamente pentru a încuraja dezvoltarea energiei solare, cum ar fi legislația în vigoare, care stabilește obiective pentru producția de energie din surse regenerabile și mecanisme de sprijin pentru dezvoltarea energiei din surse regenerabile. Aceste politici au creat un mediu favorabil pentru investițiile în energia solară și au încurajat proprietarii de clădiri să instaleze panouri solare pe acoperișurile lor.

În plus, există un potențial mare pentru dezvoltarea energiei solare în Republica Moldova [4], având în vedere că țara beneficiază de un număr mare de ore însorite pe an și are o suprafață relativ mică. Aceasta face ca instalarea de panouri solare pe acoperișurile clădirilor să fie o opțiune atractivă pentru a produce energie electrică fără a ocupa terenuri sau a afecta mediul înconjurător.

## **3. Parametrii tehnici ai panourilor fotovoltaice și a invertoarelor**

Panourile fotovoltaice (sau modulele fotovoltaice) sunt dispozitive care transformă energia solară în energie electrică. Principalii parametri tehnici ai panourilor fotovoltaice includ:

- Puterea nominală ( $P_{max}$ ) - este puterea electrică maximă pe care un panou o poate produce în condiții standard de testare (STC). Acest parametru este exprimat în watt (W).
- Tensiunea la puterea maximă ( $V_{mpp}$ ) - este tensiunea electrică la care panoul fotovoltaic produce puterea nominală. Acest parametru este exprimat în volți (V).
- Curentul la puterea maximă ( $I_{mpp}$ ) - este curentul electric la care panoul fotovoltaic produce puterea nominală. Acest parametru este exprimat în amperi (A).
- Tensiunea circuitului deschis ( $V_{oc}$ ) - este tensiunea electrică pe care panoul o produce atunci când nu este conectat la nici o încărcare. Acest parametru este exprimat în volți (V).
- Curentul de scurtcircuit ( $I_{sc}$ ) - este curentul electric maxim pe care panoul îl poate furniza atunci când este conectat la o încărcare de scurtcircuit. Acest parametru este exprimat în amperi (A).

Este important de menționat ca PV-urile își pierd din eficiență pe parcursul anilor de funcționare. În Fig. 1 este prezentată garanția de putere a panoului de tip Longi LR5-72HBD cu o eficiență mai ridicată pe parcursul a 30 de ani.

Invertoarele sunt dispozitive care transformă curentul continuu (DC) produs de panourile fotovoltaice în curent alternativ (AC) utilizabil în rețelele de distribuție a energiei electrice. Principalii parametri tehnici ai invertoarelor includ:

- Puterea nominală ( $P_{nom}$ ) - este puterea electrică maximă pe care un inverter o poate furniza la ieșirea sa. Acest parametru este exprimat în watt (W).
- Tensiunea maximă de intrare ( $V_{max}$ ) - este tensiunea maximă de intrare la care invertoarele pot funcționa. Acest parametru este exprimat în volt (V).
- Curentul maxim de intrare ( $I_{max}$ ) - este curentul maxim de intrare la care invertoarele pot funcționa. Acest parametru este exprimat amper (A).
- Eficiența - este raportul dintre puterea electrică furnizată la ieșirea invertoarelor și puterea electrică absorbită de la intrare. Acest parametru este exprimat sub formă de procent (%).

Pentru eficiența inverterului trebuie de luat în considerare și parametrii curbei de eficiență care sunt, pentru fiecare tip de inverter, diferiți. În Fig.2 este prezentată curba de eficiență pentru inverterul de tip Huawei SUN2000-20KTL-M2 care va avea o eficiență maximă la 600V.

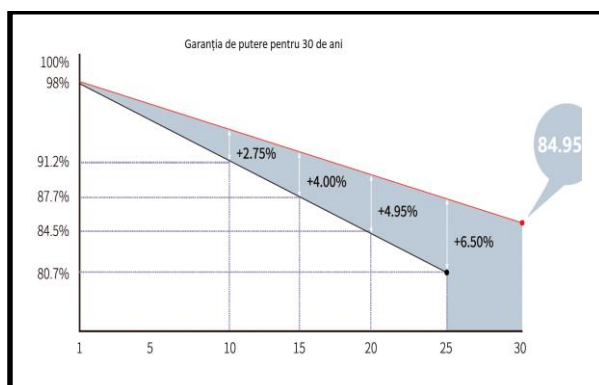


Figura 1. Eficiența Panoului fotovoltaic de tip Longi LR5-75 HBD pe parcursul a 30 ani

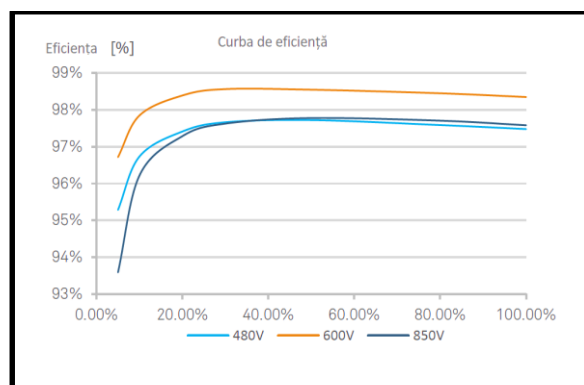


Figura 2. Curba de eficiență a inverterului de tip Huawei SUN2000-20KTL-M2

#### 4. Modalități de amplasare a panourilor fotovoltaice și unghiul de înclinare

Panourile fotovoltaice pot fi montate pe acoperișul clădirilor la diferite unghiuri de înclinare, iar acest lucru poate afecta eficiența și producția lor de energie electrică. Iată cum influențează unghiul de înclinare amplasarea panourilor fotovoltaice:

- Unghiul optim de înclinare: În general, unghiul optim de înclinare al panourilor fotovoltaice este egal cu latitudinea locației. De exemplu, dacă locația dvs. este la 30 grade nord, atunci unghiul optim de înclinare este de 30 grade. Aceasta maximizează producția de energie electrică pe parcursul întregului an.

- Înclinare mai mică decât optimul: Dacă panourile fotovoltaice sunt montate la un unghi mai mic decât cel optim, vor produce mai puțină energie electrică. Acest lucru se datorează faptului că mai multă lumină a soarelui va fi reflectată în atmosferă, mai degrabă, decât să ajungă pe panouri.

- Înclinare mai mare decât optimul: Dacă panourile fotovoltaice sunt montate la un unghi mai mare decât cel optim, vor produce mai puțină energie electrică decât la un unghi optim. Acest lucru se datorează faptului că mai multă lumină a soarelui va fi absorbită de acoperiș, și, ca atare, mai puțină va ajunge la panouri.

- Înclinare orizontală: În general, montarea panourilor fotovoltaice pe un acoperiș orizontal nu este recomandată, deoarece acestea vor produce mai puțină energie electrică decât la un unghi optim. Acest lucru se datorează faptului că panourile nu vor beneficia de lumina directă a soarelui pe parcursul întregii zile.

Să luăm un exemplu pentru amplasarea panourilor fotovoltaice pe acoperișul unei case de cultură din mun. Ceadâr-Lunga cu puterea instalată de 20 kW (studiu de caz real). În primul caz se va amplasa PV-urile la înclinare de 30 grade și azimut 40 grade Fig.3. În al doilea caz se va amplasa PV-urile la înclinare de 30 grade și azimut -50 grade Fig.4.

Tabelul 1

Rezultatul obținut în urma calculelor realizate cu softul „PVsyst”

	Varianta 1 înclinare de 30° și azimut 40°	Varianta 2 înclinare de 30° și azimut -50°
Energia efectivă la ieșire (anual) kWh	27219	26565
Energia injectată în rețea (anual) kWh	26637	25990
Performanță raport %	0.878	0.869

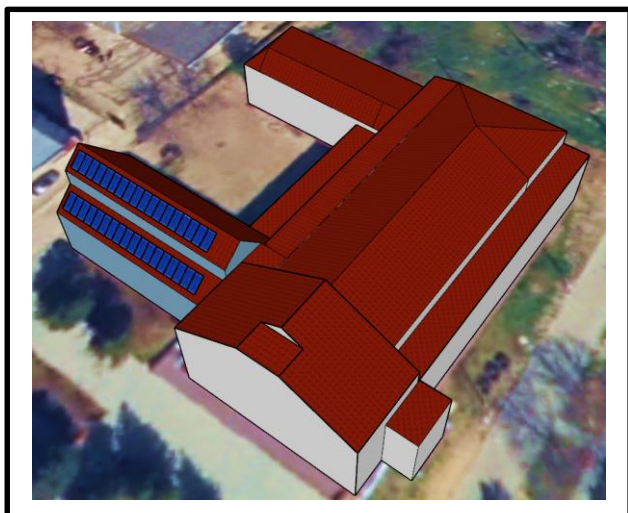


Figura 3. Imagine cu amplasarea PV-urilor la înclinare de 30° și azimut 40°

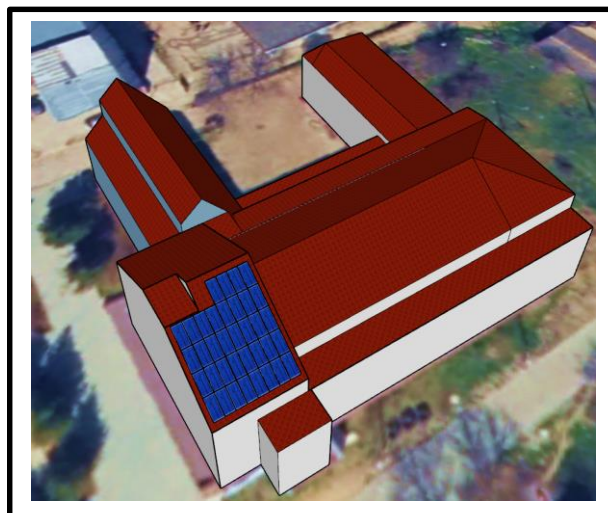


Figura 4. Imagine cu amplasarea PV-urilor la înclinare de 30° și azimut -50°

### Concluzii

În concluzie, există numeroase provocări și oportunități pentru dezvoltarea sustenabilă a panourilor fotovoltaice pe acoperișul clădirilor. Pe de o parte, există provocări legate de costuri, tehnologie, reglementări și infrastructură, care trebuie abordate pentru a permite o creștere semnificativă a utilizării energiei solare în construcții. Pe de altă parte, există oportunități importante de a spori eficiența energetică a clădirilor și de a reduce dependența de sursele de energie nesustenabile prin intermediul panourilor fotovoltaice montate pe acoperiș.

Pentru a răspunde tuturor provocărilor legate de valorificarea potențialului de energie solară pe acoperișurile clădirilor trebuie să se încurajeze, prin legislație, sprijinul față de sursele de energie fotovoltaică integrate în clădiri, atât pentru clădirile noi, cât și pentru clădirile renovate. Totodată, cu

aplicarea legislației trebuie să se permită utilizatorilor din clădirile cu mai multe apartamente să își exercite efectiv dreptul la autoconsum colectiv, fără costuri nejustificate.

Cu toate acestea, pentru a profita de aceste oportunități, este necesară o abordare cuprinzătoare care să abordeze aspecte tehnice, economice și sociale ale implementării panourilor fotovoltaice. Acest lucru poate include încurajarea inovației și a dezvoltării tehnologice, îmbunătățirea infrastructurii și a reglementărilor, și educarea și implicarea comunității.

În final, desprindem ca o concluzie directă că panourile fotovoltaice montate pe acoperișul clădirilor pot juca un rol important în dezvoltarea sustenabilă a societății noastre, iar abordarea provocărilor și a oportunităților acestui domeniu poate aduce beneficii semnificative pentru mediul înconjurător și pentru economie.

**Mulțumiri.** Aduc mulțumiri d-nei dr., lect. univ. Cristina Efremov pentru ajutor și sprijin la scrierea acestei cercetări.

### **Bibliografie**

1. Comunicare a comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor. *Strategia UE pentru energia solară*. Bruxelles, 18.5.2022 COM(2022) 221. 27 p.
2. BÓDIS, K., KOUGIAS, I., JÄGER-WALDAU, A., TAYLOR, N., SZABÓ, S.: „A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union” (O evaluare geospațială de înaltă rezoluție a potențialului fotovoltaic solar al acoperișurilor în Uniunea Europeană) (2019), *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114, articolul nr. 109309.
3. EFREMOV C.: *Tranziția energetică și principalele provocări pentru Republica Moldova* [https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag\\_file/79-82\\_13.pdf](https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/79-82_13.pdf)
4. EFREMOV C. „Contribuții la majorarea flexibilității sistemului energetic în vederea integrării surselor de energie regenerabilă”, Teza de doctorat, Chișinău, 2022. C.Z.U.: 620.9:621.3(4+478) (043).
5. EFREMOV C. „Challenges of the energy transition in maintaining the energy system security and continuity”. Quarterly publication of Romanian National Committee of World Energy Council (WEC/RNC) and The General Association of Engineers in Romania (AGIR) – EMERG 10 (Energy, Environment, Efficiency, Resources, Globalization, Volume 10) – ISSN 2457-5011; An V / 2019 – p.p. 43-55. [https://cnr-cme.ro/wp-content/uploads/2019/11/EMERG-10-corectat-13.11\\_compressed.pdf](https://cnr-cme.ro/wp-content/uploads/2019/11/EMERG-10-corectat-13.11_compressed.pdf)
6. EFREMOV C., CERNEI M., Leu V., „Sustainable energy transition roadmap to 2050 for Republic of Moldova”. Quarterly publication of Romanian National Committee of World Energy Council (WEC/RNC) and The General Association of Engineers in Romania (AGIR) – EMERG 10 (Energy, Environment, Efficiency, Resources, Globalization, Volume VIII) – ISSN 2668-7003, ISSN-L2457-5011; Volume VIII, Issue 3/2022, pp 11 – 25, <https://emerg.ro/wp-content/uploads/2022/10/1-SUSTAINABLE-ENERGY-TRANSITION-ROADMAP-TO-2050-FOR-REPUBLIC-OF-MOLDOVA.pdf>
7. EFREMOV C., ARION V., SÂNDULEAC M. „Short term daily storage need assessment for a large PV deployment scenario - preliminary case study for Republic of Moldova”. 2021 10th International Conference on Energy and Environment (CIEM), 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/CIEM52821.2021.9614898. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9614898>
8. EFREMOV C.. Photovoltaics solutions and energy communities in a clean energy roadmap. In: *Journal of Engineering Sciences*. 2022, nr. 3, pp. 110-125. ISSN 2587-3474.10.52326/jes.utm.2022.29(3).10 [https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag\\_file/110-125\\_0.pdf](https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/110-125_0.pdf)[https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(3\).10](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(3).10).

9. ARMAROLI N., BALZANI V., Energy for a sustainable world. From the oil age to a sun-powered future, Editura Wiley-VCH, Weinheim, 2011. LEBEDEV, A.A., CHERNOBROVKIN, L.S.
10. Agenției Naționale pentru Reglementare în Energie din Republica Moldova  
<https://anre.md/garantiile-de-participare-si-de-buna-executie-3-338>
11. Parlamentul Republicii Moldova LEGE Nr. 10 din 26-02-2016 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile  
[https://www.legis.md/cautare/getResults?doc\\_id=132691&lang=ro#](https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=132691&lang=ro#)  
[https://www.legis.md/cautare/getResults?doc\\_id=132578&lang=ro](https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=132578&lang=ro)
12. Photovoltaics in the built environment: A critical review  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821007635>