

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII  
AL REPUBLICII MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei  
Facultatea Energetică și Inginerie Electrică  
Departamentul Energetică**

Admis la susținere

Șefă departament:

**HLUSOV Viorica, conf. univ., dr.**

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2025

**Studiu comparativ al centralelor  
electrice fotovoltaice funcție  
de metoda de amplasare**

**Teză de master**

**Masterand:** \_\_\_\_\_

**CARAI Ion,**  
gr. EM-23M

**Conducător:** \_\_\_\_\_

**BOROSAN Constantin,**  
lect. univ.

**Chișinău, 2025**

## ADNOTARE

**Autor** – CARAI Ion. **Titlul** – *Studiu comparativ al centralelor electrice fotovoltaice funcție de metoda de amplasare.*

**Structura lucrării:** lucrarea conține o introducere, cinci capitole, concluzii, bibliografie din 31 titluri, 3 anexe, 67 pagini, 20 figuri, 4 tabele.

**Cuvinte-cheie:** eficiență energetică, dezvoltare sustenabilă, energie curată, energie din surse regenerabile.

**Problematika studiului:** compararea eficienței centralelor fotovoltaice montate pe sol și a celor montate pe acoperișuri.

**Obiectivele generale:** evaluarea potențialului energetic, analiza fiabilității economice, evaluarea impactului asupra mediului, identificarea politicilor și măsurilor de sprijin, compararea centralelor pe sol și a celor montate pe acoperișuri.

**Rezultate obținute:** în urma studiului s-a demonstrat că panourile fotovoltaice montate pe acoperișul clădirii și a celor montate pe sol reprezintă o soluție viabilă și sustenabilă pentru a produce energie electrică utilizând surse regenerabile și pentru a contribui la protejarea mediului.

## ABSTRACT

**Author** – CARAI Ion. **Title** – *Comparative study of photovoltaic power plants according to location method.*

**Thesis structure:** the paper comprises an introduction, four chapters, conclusions, 31 references, 3 annexes, 67 pages, 20 figures, 4 tables.

**Keywords:** energy efficiency, sustainable development, clean energy, renewable energy.

**Study issues:** comparing the efficiency of ground-mounted and rooftop-mounted photovoltaic systems.

**The study's objectives:** evaluating the energy potential, analyzing economic feasibility, assessing the environmental impact, identifying policies and support measures, comparison of ground-mounted and rooftop-mounted photovoltaic systems.

**Result obtained:** the study has demonstrated that photovoltaic panels installed on the roofs of buildings represent a viable and sustainable solution for generating electricity using renewable sources and contributing to environmental protection.

<b>INTRODUCERE</b> .....	9
<b>1. TRANZIȚIA ENERGETICĂ GLOBALĂ ȘI IMPACTUL ASUPRA REPUBLICII MOLDOVA</b> .....	10
<b>1.1. Schimbarea climei - provocarea majoră a secolului XXI</b> .....	10
1.1.1. Contextul general al energiei regenerabile.....	10
1.1.2. Importanța energiei solare în tranziția energetică.....	11
1.1.3. Obiectivele și scopul studiului comparativ.....	12
<b>1.2. Energie fotovoltaică: concepte și tehnologii</b> .....	13
1.2.1. Principiile funcționării celulelor fotovoltaice.....	13
1.2.2. Tipuri de panouri fotovoltaice și caracteristicile lor.....	14
1.2.3. Beneficii și limitări ale energiei fotovoltaice.....	16
<b>1.3. Tendințe de promovare a surselor de energie, regenerabile la nivel mondial și național</b> .....	17
1.3.1. Teorii și modele de evaluare a eficienței sistemelor fotovoltaice.....	17
1.3.2. Reguamentul privind racordarea la rețea și Regulile pieței energie electrice în R. Moldova.....	19
1.3.3. Tendințe noi și necesitatea integrării PV-urilor în sistemul energetic național (SEN) .....	21
<b>2. PERFORMANȚA ENERGETICĂ, TENDINȚE DE DEZVOLTARE ÎN VIITOR</b> .....	23
<b>2.1. Centrale fotovoltaice montate pe sol</b> .....	23
2.1.1. Factori care influențează eficiența centralelor fotovoltaice pe sol.....	23
2.1.2. Avantaje și provocări ale sistemelor montate pe sol.....	24
2.1.3. Studii de caz și exemple de proiecte relevante.....	25
<b>2.2. Centrale fotovoltaice montate pe acoperișuri</b> .....	26
2.2.1. Factori care influențează eficiența centralelor fotovoltaice pe acoperișuri.....	26
2.2.2. Avantaje și provocări ale sistemelor montate pe acoperișuri.....	28
2.2.3. Studii de caz și exemple de proiecte relevante.....	29
<b>2.3. Compararea centralelor fotovoltaice montate pe sol și pe acoperișuri</b> .....	30
2.3.1. Parametri tehnici de comparație (eficiență, producție, întreținere).....	30
2.3.2. Aspecte economice (costuri de instalare, întreținere, rentabilitate).....	31
2.3.3. Impactul asupra mediului și durabilitatea.....	33
<b>3. PIAȚA ENERGIEI REGENERABILE DIN REPUBLICA MOLDOVA</b> .....	35
<b>3.1 Potențialul Solar al Republicii Moldova</b> .....	35
3.1.1. Istoricul dezvoltării energiei regenerabile în Republica Moldova.....	35
3.1.2. Zone cu potențial ridicat pentru instalarea de centrale solare.....	36
3.1.3. Factori care influențează captarea eficientă a energiei solare.....	37
<b>3.2 Contextul general al pieței energiei regenerabile din Republica Moldova</b> .....	39
3.2.1. Clasificarea producătorilor de energie solară în funcție de capacitatea și scopul energiei generat	39
3.2.2. Factori determinanți pentru dezvoltarea sectorului (economici, politici, de mediu) .....	40
3.2.3. Legislația și reglementările în vigoare privind energia regenerabilă solară.....	41
<b>3.3 Producerea și comercializarea energiei produse din surse regenerabile</b> .....	42
3.3.1. Obligațiile producătorilor de energie din surse regenerabile.....	42
3.3.2. Condițiile de bază privind comercializarea energiei electrice din surse regenerabile.....	43
3.3.3. Prețul reglementat pentru energia electrică din surse regenerabile, garanțiile de origine.....	43

<b>4.</b>	<b>ASPECTE ECONOMICE ALE CENTRALELOR FOTOVOLTAICE PE SOL ȘI A CELOR PE ACOPERIȘURI .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1</b>	<b>Studiu de caz privind producția de energie și rentabilitatea investiției.....</b>	<b>45</b>
4.1.1.	Calculul cheltuielilor total actualizate (CTA).....	45
4.1.2.	Costul nivelat al energiei la SER.....	46
4.1.3.	Tariful nivelat al energiei la sursa de referință.....	47
<b>4.2</b>	<b>Calculile comparative privind centralele fotovoltaice.....</b>	<b>47</b>
4.2.1.	Formularea problemei.....	47
4.2.2.	Calculul energiei produse în funcție de amplasare și alți factori.....	48
4.2.3.	Calculul costului nivelat al energiei produse pe perioada de studiu.....	49
<b>4.3</b>	<b>Calculile comparative privind prețul produs de SER și prețul din rețea și compararea.....</b>	<b>49</b>
4.3.1.	Calculul venitului din excesul de energie injectat în rețea.....	49
4.3.2.	Calculul venitului din diferența dintre CNAE și TNAE.....	50
4.3.3.	Compararea amplasării pe teren versus pe acoperiș.....	51
<b>5.</b>	<b>PROTECȚIA MEDIULUI AMBIANT.....</b>	<b>52</b>
<b>5.1.</b>	<b>Legislația cu privire la protecția mediului ambiant în domeniul energiei .....</b>	<b>52</b>
5.1.1.	Protecția mediului ambiant la nivel Mondial .....	52
5.1.2.	Protecția mediului ambiant la nivel European .....	52
5.1.3.	Protecția mediului ambiant la nivel National.....	54
<b>5.2.</b>	<b>Evaluarea impactului asupra mediului a modulelor fotovoltaice.....</b>	<b>55</b>
5.2.1.	Importanța reciclării panourilor fotovoltaice.....	55
5.2.2.	Măsuri pentru protejarea mediului ambiant prin reciclarea panourilor fotovoltaice.....	55
5.2.3.	Impactul negativ al neprotejării mediului prin neutilizarea reciclării PV-urilor.....	57
<b>5.3.</b>	<b>Reciclarea modulelor fotovoltaice.....</b>	<b>57</b>
5.3.1.	Procesul de reciclare a modulelor fotovoltaice .....	57
5.3.2.	Reciclarea elementelor constructive a modulelor fotovoltaice.....	58
5.3.3.	Cheltuielile pentru reciclarea modulelor fotovoltaice .....	59
	<b>CONCLUZII .....</b>	<b>61</b>
	<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>62</b>
	<b>ANEXE .....</b>	<b>64</b>
A1.	Implementarea rezultatelor științifice.....	64
A2.	Rezultatul simulării unei centrale fotovoltaice montate la sol direct spre sud 30 grade.....	66
A3.	Rezultatul simulării unei centrale fotovoltaice montate pe acoperiș direcția sud-est 15 grade.....	67

## INTRODUCERE

Tranziția către surse de energie regenerabilă a devenit o prioritate globală în contextul creșterii cererii de energie și al necesității de a reduce emisiile de gaze cu efect de seră. Dintre multiplele opțiuni disponibile, energia solară s-a impus ca una dintre cele mai accesibile și sustenabile soluții pentru producerea de electricitate. Sistemele fotovoltaice, care convertesc lumina solară în energie electrică, au cunoscut o dezvoltare semnificativă în ultimele decenii, atât din punct de vedere al eficienței tehnologiei, cât și al implementării la scară largă. În prezent, aceste sisteme sunt utilizate pe scară largă în diverse aplicații, de la centrale mari pe sol până la mici sisteme montate pe acoperișuri rezidențiale.

Odată cu creșterea gradului de penetrare a energiei solare în mixul energetic global, apare întrebarea cu privire la cea mai eficientă modalitate de implementare a acestor sisteme fotovoltaice. Dintre opțiunile disponibile, centralele fotovoltaice montate pe sol și cele montate pe acoperișuri reprezintă două soluții comune, fiecare cu avantaje și dezavantaje specifice. Centralele montate pe sol permit, de regulă, instalarea unor panouri fotovoltaice de dimensiuni mai mari, cu o flexibilitate sporită în ceea ce privește orientarea și înclinarea acestora, ceea ce poate maximiza captarea energiei solare. În schimb, centralele montate pe acoperișuri se integrează mai bine în mediul urban, utilizând spații deja existente și reducând necesitatea unor terenuri suplimentare, ceea ce le face atractive pentru zonele dens populate.

Studiul de față își propune să analizeze și să compare eficiența centralelor fotovoltaice montate pe sol cu cea a celor montate pe acoperișuri, utilizând atât parametri tehnici, cât și economici. În primul rând, se va examina impactul condițiilor de instalare asupra performanței sistemelor fotovoltaice, luând în considerare factori precum unghiul de înclinare, orientarea față de soare și pierderile datorate umbririi. În al doilea rând, studiul va analiza costurile asociate fiecărui tip de instalație, inclusiv costurile inițiale de implementare, costurile de întreținere și durata de viață a sistemelor. În final, se va discuta și impactul acestor soluții asupra mediului și sustenabilitatea acestora pe termen lung, aspecte care au devenit din ce în ce mai importante în contextul schimbărilor climatice.

Prin realizarea acestui studiu comparativ, se urmărește furnizarea unui cadru clar și bine fundamentat pentru evaluarea și alegerea celei mai eficiente soluții de implementare a sistemelor fotovoltaice, în funcție de necesitățile și resursele disponibile. Totodată, această lucrare contribuie la înțelegerea modului în care tehnologia fotovoltaică poate fi optimizată pentru a sprijini tranziția către o economie verde, bazată pe surse regenerabile de energie.

## 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.
2. BODIS, K., KOUGIAȘ, 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. Paris Agreement. United Nations 2015. Disponibil: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs>.
4. EFREMOV Cristina „*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). [2]
5. *Directiva 2003/87/CE a Parlamentului European și a Consiliului de stabilire a unui sistem de comercializare a cotelor de emisie de gaze cu efect de seră în cadrul M9 Uniunii și de modificare a Directivei 96/61/CE a Consiliului*. 02003L0087 - RO -08.04.2018 - 010.001 1. 13 octombrie 2003.
6. *Directiva 2004/101/CE a Parlamentului European și a Consiliului de Modificare a Directivei 2003/87/CE de stabilire a unui sistem de comercializare a cotelor de emisie de gaze cu efect de seră în cadrul Comunității, în temeiul mecanismelor bazate pe proiectul din Protocolul de la Kyoto*. 27 octombrie 2004.
7. *Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Winning the Battle Against Global Climate Change. Brussels, 9.2.2005 COM(2005) 35.
8. *Directive (EU) 2016/2284 of the European Parliament and of the Council of on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants, amending Directive 2003/35/EC and repealing Directive 2001/81/EC*. 14 December 2016.
9. *Regulamentul (UE) 2018/841 al Parlamentului European și al Consiliului cu privire la includerea emisiilor de gaze cu efect de seră și a absorbțiilor rezultate din activități legate de exploatarea terenurilor, schimbarea destinației terenurilor și silvicultură în cadrul de politici*

*privind clima și energia pentru 2030 și de modificare a Regulamentului (UE) nr. 525/2013 și a Deciziei nr. 529/2013/UE. 30 mai 2018.*

10. Trends and drivers of EU greenhouse gas emissions. EEA Report (European Environment Agency). No 03/2020. ISSN 1997-8449. 32 p. [citat 03.05.2019]. Disponibil: <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-drivers-of-eu-ghg>
11. The European environment — state and outlook 2020. *Knowledge for transition to a sustainable Europe*. European Environment Agency. 2019. 499 p. ISBN 978-92-9480-090-9.
12. *Fully decarbonising Europe's energy system by 2050*. POYRY POINT OF VIEW. MAY 2018. 9 p. [www.poyry.com](http://www.poyry.com).
13. *UK housing: Fit for the future? Committee on Climate Change*. February 2019. 135 p. Disponibil: <https://www.communications@theccc.org.uk>.
14. *Diagnosticul situației în comerțul interior și priorități de dezvoltare*. Coord. L. ȘAVGA. Ch.: UCCM, 2012. 104 p. ISBN 978-9975-4316-9-9.
15. *Agenției Naționale pentru Reglementare în Energie din Republica Moldova Disponibil: <https://anre.md/garantiile-de-participare-si-de-buna-executie-3-338>*
16. Parlamentul Republicii Moldova LEGE Nr. 10 din 26-02-2016 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile. Disponibil:   
[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)
17. Photovoltaics in the built environment: A critical review. Disponibil:   
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821007635>
18. Agenția pentru eficiența energetică Disponibil <https://www.aee.md/ro/page/surse-de-energie-regenerabila> [1]
19. Disponibil: <https://www.istockphoto.com/vector/stock-exchange-concept-isometric-illustration-of-stock-exchange-concept-for-web-gm1479382670-507392135> [3]
20. Disponibil: <https://panourifotovoltaice.online/> [4]
21. Disponibil: <https://www.solar-photovoltaicpanels.com/blog/care-sunt-principalele-componente-ale-panourilor-solare> [5]