

**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

**Studiul privind integrarea unui parc fotovoltaic în
sistemul electroenergetic al raionului Strășeni**

Teză de master

Masterand: _____ **DOLGHIERU Mihai,**
gr. EM-23M

Conducător: _____ **GUȚU-CHETRUȘCA Corina,**
lect. univ., dr.

Chișinău, 2025

ADNOTARE

Autor – DOLGHIERU Mihai. **Titlul** – *Studiul privind integrarea unui parc fotovoltaic în sistemul electroenergetic al raionului Strășeni.*

Structura lucrării: lucrarea conține o introducere, patru capitole, concluzii, bibliografie din 18 titluri și 23 link-uri utilizate, 5 anexe, 79 pagini, 47 figuri, 14 tabele.

Cuvinte-cheie: securitate energetică, sustenabilitate, tranziție, schimbări climatice, monitorizare UAV, legislație, stocare, pactul verde.

Problematica studiului: Proiectul abordează integrarea unui parc fotovoltaic în sistemul electroenergetic din raionul Strășeni, având ca scop creșterea capacității SER, acoperirea consumului de energie în orele de vârf, utilizarea eficientă a energiei solare.

Obiectivele studiului: Utilizarea surselor de energie regenerabilă și diminuarea impactului negativ asupra mediului.

Rezultate obținute: Am obținut o producția anuală de la 1.311.243,15 kWh/an, au fost identificate metode inovative, precum demonstrarea eficienței utilizării dronelor pentru mentenanța parcului și identificarea timpurie a defectelor, rentabilitatea proiectului este aproximativ 2 ani.

ABSTRACT

Author – DOLGHIERU Mihai. **Title** – Study on the integration of a photovoltaic park into the power system of the Straseni district.

Thesis structure: The paper comprises an introduction, four chapters, conclusions, 18 references and 23 links used, 5 annexes, 79 pages, 47 figures, 14 tables.

Keywords: energy security, sustainability, transition, climate change, UAV monitoring, legislation, storage, green deal.

Study issues: The project addresses the integration of a photovoltaic park into the power system in the Straseni district, aiming to increase RES capacity, cover energy consumption during peak hours, and use solar energy efficiently.

The study's objectives: Using renewable energy sources and reducing the negative impact on the environment.

Result obtained: We have obtained an annual production of 1,311,243.15 kWh/year, innovative methods have been identified, such as demonstrating the efficiency of using drones for park maintenance and early identification of defects, the profitability of the project is about 2 years.

Cuprins

INTRODUCERE	9
1. ASPECTELE GENERALE PRIVIND ENERGIA REGENERABILĂ	11
1.1. Energia solară lumina care va susține viitorul	11
1.1.1. Promovarea surselor regenerabile în Republica Moldova.....	11
1.1.2. Avantajele integrării energiei fotovoltaice în sistemul energetic	12
1.1.3. Evoluția sectorului energetic până în 2050	13
1.2. Evaluarea potențialului energie regenerabilă în Republica Moldova	15
1.2.1. Securitatea energetică.....	16
1.2.2. Analiza documentară a cadrului politic și legislativ al UE privind SER	17
1.2.3. Influența securității energetice asupra creșterii economice.....	18
1.3. Dezvoltarea sustenabilă a energiei regenerabile	19
1.3.1. Impactul sectorului energetic asupra mediului.....	20
1.3.2. Politicile energetice și climatice ale UE.....	22
1.3.3. Inițiativele europene privind schimbările climatice: Pactul Verde	24
2. BAZELE PRODUCȚIEI DE ENERGIE ELECTRICĂ DIN SURSE REGENERABILE	27
2.1. Celule fotovoltaice: funcționare și eficiență	28
2.1.1. Tipurile de celule fotovoltaice.....	30
2.1.2. Componentele unui sistem fotovoltaic	31
2.2. Radiația solară: tipuri și impact în energie	32
2.2.1. Tipurile de radiație	32
2.2.2. Potențialul de radiație solară în Republica Moldova.....	34
2.2.3. Unghiurile caracteristice în calculul performanței sistemelor fotovoltaice.....	34
2.3. Surse de stocare a energiei	38
2.3.1. Stocarea electrochimică bateriile.....	38
2.3.2. Sisteme de stocare a energiei prin inerție.....	42
2.3.3. Sisteme de stocare a energiei în baterii cu funcție de back-up (BESS).....	43
2.3.4. Strategii înțelepte pentru valorificarea energiei	45
3. ETAPELE DE DIMENSIONAREA UNUI PARC FOTOVOLTAIC	47
3.1. Determinarea amplasării parcului fotovoltaic	47
3.1.1. Selectarea echipamentului electric de curent continuu	47
3.1.2. Selectarea modulelor fotovoltaice	48
3.1.3. Selectarea invertoarelor, codul de rețea	50
3.1.4. Diagrama sistemului de monitorizare și transmitere a datelor	52
3.2. Selectarea echipamentului de curent alternativ	53
3.2.2. Determinarea traseului pentru racordare la rețeaua de 10 kV	54
3.2.3. Mentenanța parcului fotovoltaic.....	56
3.3. Determinarea producției de energie electrica	58
3.3.1. Determinarea producției anuale a energiei electrica	60
3.3.2. Factorul de capacitate a parcului fotovoltaic.....	61
4. ANALIZA FEZABILITĂȚII ECONOMICE A PARCULUI FOTOVOLTAIC	62
4.1. Stabilirea cheltuielilor necesare pentru centrala fotovoltaică	62
4.1.1. Determinarea cheltuielilor total actualizate.....	62
4.1.2. Determinarea costului energiei produse	64
4.1.3. Perioada de retabilitate a investiției.....	64

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI	67
BIBLIOGRAFIE	69
ANEXA 1	72
A 1.1. Strategia energetică a României	
A 1.2. Cele noua domenii de politici a Pactului Verde	
ANEXA 2	73
A 2.1. Sistem electric trifazat BESS de 45kW cu integrate a unei baterii de stocare de 72kWh	
A 2.2. Specificațiile tehnice ale invertorului	
ANEXA 3	75
A 3.1. Vederea postului de transformare	
A 3.2. Transformator TM-1000/10/0.4 de putere trifazat cu dublu înfășurare	
A 3.3. Cablu NA2XS(F)2Y-6/10kV, cu secțiunea de 95mm ² , format din trei conductori(3x1x95/25)	
A 3.4. Contor electric ZMG 405CR4.00B.03 Trifazat 10 A 380 V IP45 Landis&Gyr	
ANEXA 4	77
A 4.1. Calculul sistemului fotovoltaic	
ANEXA 5	78
A 5.1. Schema electrică monofilară a instalației de distribuție de joasă tensiune a postului de transformare	

INTRODUCERE

În contextul actual, energia regenerabilă devine din ce în ce mai relevantă, având un rol esențial în viața modernă, în care electricitatea este indispensabilă. Sursele de energie regenerabilă se caracterizează prin capacitatea lor de a se reface natural în timp, permițând utilizarea lor continuă fără riscul de epuizare. Ele sunt considerate sustenabile datorită faptului că nu consumă resurse naturale finite și nu emit poluanți care ar putea deteriora echilibrul ecologic al mediului înconjurător.

Tema energiei solare este de mare actualitate, fiind o componentă esențială a tranziției către o energie curată. Soarele oferă o sursă de energie abundentă, capabilă să alimenteze întreaga planetă. În ultimele decenii, preocupările legate de schimbările climatice, epuizarea resurselor fosile și creșterea cererii globale de energie au determinat o intensificare a cercetărilor și investițiilor în tehnologiile de producție a energiei din surse regenerabile, în special din energia solară.

Prezenta teză de master cuprinde un studiu privind integrarea unui parc fotovoltaic în sistemul electroenergetic al raionului Strășeni, analizând aspectele esențiale legate de energia din surse regenerabile, impactul acesteia asupra securității energetice și contribuția la atingerea obiectivelor de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră. În cadrul lucrării va fi realizat un studiu de fezabilitate, care va include evaluarea tehnică și economică a proiectului, determinarea capacității optime de producție și integrarea acesteia în rețelele de transport și distribuție a energiei electrice. Un element inovativ al acestei cercetări este inspectarea terenului unde este amplasat parcul fotovoltaic cu ajutorul dronelor echipate cu camere termice. Această metodă avansată permite monitorizarea eficientă a instalațiilor și identificarea timpurie a eventualelor defecte sau pierderi de performanță în panourile fotovoltaice. Astfel, tehnologia UAV contribuie la îmbunătățirea mentenanței și la optimizarea producției energetice a parcului, asigurând un sistem mai durabil și eficient.

Importanța energiei solare joacă un rol crucial în strategia globală de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră și de combatere a schimbărilor climatice. Spre deosebire de sursele tradiționale de energie, cum ar fi combustibilii fosili, care emit dioxid de carbon și alte poluanți, energia solară este curată și regenerabilă. Acest lucru o face o alegere preferată pentru toți care doresc să își diversifice mixul energetic și să își reducă dependența de resursele fosile.

În prezent, există un interes tot mai mare pentru proiecte care furnizează energie electrică la costuri de implementare reduse. Un alt aspect important este capacitatea sa de a fi integrată în diferite aplicații, de la micile sisteme de alimentare a locuințelor, până la parcurile fotovoltaice de mari dimensiuni, care pot produce energie electrică pentru rețelele naționale. Această versatilitate permite o adaptare ușoară la diverse condiții locale și nevoi energetice, facilitând astfel adoptarea pe scară largă a acestei tehnologii.

Cu toate acestea, utilizarea energiei fotovoltaice nu este lipsită de provocări. Printre principalele obstacole se numără variația producției de energie în funcție de condițiile meteorologice, cum ar fi norii și perioada de noapte. Acest lucru face necesară dezvoltarea unor soluții de stocare a energiei, cum ar fi bateriile, pentru a asigura un flux constant de energie electrică. De asemenea, costurile inițiale de instalare a sistemelor fotovoltaice pot fi ridicate, deși acestea au scăzut considerabil în ultimii ani.

Dezvoltarea unui parc fotovoltaic reprezintă o soluție atât pentru obținerea energiei electrice la prețuri accesibile, cât și pentru protejarea mediului. Totuși, pentru a valorifica pe deplin avantajele unui astfel de parc, este esențială întreținerea corespunzătoare a echipamentelor din cadrul sistemului. Unul dintre principalele avantaje ale parcurilor fotovoltaice este producția de energie electrică curată și regenerabilă, în plus aceste parcuri au o durată de viață lungă (de obicei 25-30 de ani) și necesită costuri reduse de întreținere, după instalare. Un alt avantaj este scalabilitatea acestor sisteme. Parcurile fotovoltaice pot fi amplasate pe terenuri neutilizate, cum ar fi deșerturile, câmpurile sau alte zone care nu au valoare economică pentru agricultură sau dezvoltare urbană. În acest mod, ele contribuie la utilizarea eficientă a terenurilor fără a perturba alte activități economice.

Pe de altă parte, impactul economic al parcurilor fotovoltaice este pozitiv pe termen lung. Ele generează locuri de muncă în faza de proiectare, construcție și întreținere, și reduc costurile energetice în țările care doresc să își reducă dependența de importurile de energie. În plus, investițiile în energia fotovoltaică contribuie la dezvoltarea industriei de energie regenerabilă și la inovații tehnologice. Odată instalate, costurile de producție ale energiei fotovoltaice sunt extrem de scăzute, în special datorită faptului că soarele este o resursă gratuită. Pe termen lung, energia fotovoltaică poate contribui la reducerea prețurilor energiei electrice pentru consumatori.

Țările care dezvoltă capacități de producție de energie solară devin mai puțin dependente de importurile de energie, cum ar fi petrolul, gazele naturale sau cărbunele. Această independență energetică reduce vulnerabilitatea la crizele internaționale de aprovizionare și fluctuațiile de preț, ceea ce are beneficii economice și geopolitice majore.

Parcurile fotovoltaice reprezintă o soluție esențială pentru viitorul energiei globale. Ele permit o producție sustenabilă de energie la scară largă, reducând impactul negativ asupra mediului și oferind o alternativă viabilă la combustibilii fosili. Prin extinderea și dezvoltarea acestor parcuri, împreună cu integrarea soluțiilor de stocare a energiei, tranziția către un sistem energetic bazat pe surse regenerabile devine din ce în ce mai accesibilă și eficientă.

BIBLIOGRAFIE

1. Ion Sobor, Diana Caraghiuar, Șota Nosadze, Daniela Dimov, Inesa Lisnic, I. Surse Regenerabile de energie: curs de prelegeri, realizat în cadrul Proiectului Tempus JEP 24 182-2003 Chișinău, 2006. 372 p. ISBN 978-9975-45-020-1;
2. Capacități SER instalate de producere a energiei electrice [citată 09.09.2024]. Disponibil: <https://cned.gov.md/ro/content/capacitati-instalate>.
3. Starea actuală a domeniului energiei regenerabile în Republica Moldova: Potențial, provocări și perspective [citată 15.09.2024]. Disponibil: <https://energie.gov.md/ro/content/starea-actuala-domeniului-energiei-regenerabile-republica-moldova-potential-provocari-si>.
4. Strategia Energetică a Republicii Moldova 2050. [citată 09.09.2024]. Disponibil: https://midr.gov.md/files/shares/Concept_Strategia_Energetica_act_.pdf.
5. European Environment Agency. (2020). "Greenhouse gas emissions in Europe." [citată 15.09.2024]. Disponibil: <https://www.eea.europa.eu/publications/greenhouse-gas-emissions-in-europe-2020>.
6. International Energy Agency. (2021). "World Energy Outlook 2021." [citată 16.09.2024]. Disponibil: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>.
7. European Commission. (2019). "The European Green Deal." [citată 16.09.2024]. Disponibil: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.
8. IPCC. (2021). "Climate Change 2021: The Physical Science Basis." [citată 18.09.2024]. Disponibil: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.
9. Agenția Internațională pentru Energie Regenerabilă (IRENA), 2023 [citată 20.09.2024]. Disponibil: <https://www.irena.org/>.
10. Fișe descriptive despre UE, politica energetică: principii generale. [citată 22.09.2024]. Disponibil: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/ro/sheet/68/politica-energetica-principii-generale>.
11. Pachetul legislativ „Pregătiți pentru 55”. [citată 23.09.2024]. Disponibil: <https://www.consilium.europa.eu/ro/policies/green-deal/fit-for-55/>.
12. Pachetul „Pregătiți pentru 55”: Strategia UE pentru accelerarea utilizării energiei din surse regenerabile. [citată 25.09.2024]. Disponibil: <https://www.consilium.europa.eu/ro/infographics/fit-for-55-how-the-eu-plans-to-boost-renewable-energy/#0>.
13. Tipuri de sisteme fotovoltaice. [citată 10.10.2024]. Disponibil:

- <https://starbay.ro/tipuri-de-sisteme-fotovoltaice-componente-avantaje-si-dezavantaje/>.
14. Studiul caracteristicilor experimentale ale colectoarelor solare termice [citat 10.10.2024]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/138-142_5.pdf.
 15. EPRI – The Integrated Energy and Communication Systems Architecture, Vol. IV, Technical Analysis, Electric Power Research Institute, 2004.
 16. Dispozitiv inerțial de stocare a energiei [citat 20.10.2024]. Disponibil: https://www.marketwatch.ro/articol/18638/Dispozitiv_inertial_de_stocare_a_energiei_si_de_protectie_a_unitatilor_care_necesita_masuri_de_securitate_speciale_dezvoltat_in_parteneriat_cu_ICPE-CA/.
 17. Stocarea energiei în baterii comerciale cu back-up [citat 10.11.2024]. Disponibil: <https://solarity.eu/ro/blog/stocarea-energiei-in-baterii-comerciale/#:~:text=Un%20sistem%20de%20stocare%20a,una%20dintre%20cele%20mai%20eficiente>.
 18. Inspecția parcurilor fotovoltaice cu ajutorul dronelor [citat 15.11.2024]. Disponibil: <https://skymec.ru/blog/drone-use-cases/promyshlennost/intellektualnaya-inspektsiya-solnechnoy-elektrostantsii-s-pomoshchyu-bespilotnikov/>.
 19. Hidrocentrală cu sistem de acumulare prin pompare [citat 16.11.2024]. Disponibil: <https://ro.wikipedia.org/wiki/Hidrocentral%C4%83>.
 20. Sistemele de stocare a energiei cu aer comprimat [citat 17.11.2024]. Disponibil: <https://www.telework.ro/ro/stocarea-energiei-electrice/>.
 21. Utilizarea hidrogenului ca combustibil [citat 17.11.2024]. Disponibil: <https://www.twi-global.com/locations/romania/ce-facem/intrebari-frecvente-faq/ce-sunt-celulele-cu-combustibil-hidrogen>.
 22. Modul fotovoltaic [citat 17.11.2024]. Disponibil: <https://www.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/33781>.
 23. Invertor BG70KTR [citat 17.11.2024]. Disponibil: <https://www.invt.com/uploads/file1/20200628/BG%2040-70KW%20Manual.pdf>.
 24. Codul de rețea [citat 18.11.2024]. Disponibil: https://cancelaria.gov.md/sites/default/files/codul_retelelor_electrice.pdf.
 25. GUȚU-CHETRUȘCA, C.; BRAGA, D. Energy Crises—Energy Transition Driving Force. In Proceedings of the 2023 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN), Craiova, Romania, 11–13 October 2023; pp. 1–6.
[DOI: 10.1109/SIELMEN59038.2023.10290742](https://doi.org/10.1109/SIELMEN59038.2023.10290742).
 26. V HLUSOV, C GUȚU-CHETRUȘCA, E VASILOS, Assessment Of The Economic Efficiency of Reactive Power Compensation Measures in Electrical Distribution Networks.

International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN), Craiova, Romania, 11–13 October 2023;pp. 1-5.

<https://doi.org/10.1109/SIELMEN59038.2023.10290734>.

27. I BOSTAN, A GUȚU, C GUȚU-CHETRUȘCA - The photovoltaic greenhouses-a challenge for Republic of Moldova. International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN), Craiova, Romania, 09-11 October 2019, pp. 01-04.
[DOI: 10.1109/SIELMEN.2019.8905838](https://doi.org/10.1109/SIELMEN.2019.8905838) ISBN: 978-1-7281-4011-7, USB ISBN: 978-1-7281-4010-0
28. ȘVEȚ O., GUȚU-CHETRUȘCA C. Managementul Energiei. Note de curs. Editura „, Tehnica-UTM” 2021, 120 p. ISBN 978-9975-45-726-2,
http://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/17544/Managementul-energiei-Note-curs_DS.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
29. GUȚU-CHETRUȘCA C., GUȚU A. Republic of Moldova Power Energy in the Pandemic. Journal of Engineering Science. Vol. XXVIII, no. 4 (2021), pp. 27 – 33. ISSN 2587-3474, eISSN 2587-3482 [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2021.28\(4\).02](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2021.28(4).02)
30. GUȚU-CHETRUȘCA CORINA, BRAGA DUMITRU. Integration of variable energy sources in energy systems. in Vol. XXIX,UTM, no. 2 (2022), pp. 54 - 61 , Journal of Engineering Science. categoria B+ , ISSN 2587-3474, eISSN 2587-3482, UDC 620.92:621.31,
[https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(2\).05](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(2).05)
31. DUMITRU BRAGA, CORINA GUTU-CHETRUSCA, VIORICA HLUSOV, ALA TVERDOHLEB The biomass use for heat supply, a study case for the Republic of Moldova. International Conference And Exposition On Electric And Power Engineering (EPEi), 2024 IEEE, ISBN:979-8-3503-5619-9, USB ISBN:979-8-3503-5618-2,
[DOI: 10.1109/EPEi63510.2024.10758174](https://doi.org/10.1109/EPEi63510.2024.10758174)
32. MANGOS, Octavian, RACHIER, Vasile, SOBOR, Ion. Determination of Wind Characteristics for Different Heights Based on Digital Maps of the Wind Potential of the Republic of Moldova. In: Sielmen 14 International Conference on Electromechanical and Energy Systems. Ediția 14, 11-13 octombrie 2023, Craiova. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.: Editura ALMA, 2023, pp. 1-4. ISBN 979-835031524-0. DOI:
<https://doi.org/10.1109/SIELMEN59038.2023.10290830>.
33. Tariful la energia regenerabilă [cit.30.12.2024]. Disponibil:
<https://www.anre.md/anre-a-aprobat-tarifefe-fixe-si-preturile-plafon-la-energia-electrica-produsa-din-surse-regenerabile-de-energie-3-101>