

PREMISE DE DEZVOLTARE ALE CENTRALELOR FOTOVOLTAICE PLUTITOARE ÎN COMUNITĂȚI ENERGETICE RURALE ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Vitalie DÎRUL

*Departamentul Energetică, grupa EE-22M, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică,
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova*

Autorul corespondent: Dîrul Vitalie, vitalie.dirul1@en.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Cristina EFREMOV**, dr., lect. univ., UTM

Rezumat. *Articolul prezintă aspecte ale potențialului de energie din surse regenerabile din țară, cu accent pe producția de energie electrică din instalații fotovoltaice. De asemenea, se analizează o soluție specifică cu privire la implementarea instalațiilor fotovoltaice, și anume, centralele fotovoltaice plutitoare (CFP), precum și exemple de utilizare a acestei soluții pentru a servi comunitățile energetice din zonele rurale propuse. Totodată, sunt prezentate exemple de utilizare a acestei soluții pentru a servi comunitățile energetice din zonele rurale. Aceste soluții pot fi văzute ca pași care vor anticipa o strategie energetică națională pe termen lung pentru sectorul energetic. O tranziție eficientă către sisteme energetice decarbonatate necesită găsirea de soluții inovatoare pentru a crește penetrarea surselor de energie din surse regenerabile, pentru a schimba viitorul sistem energetic prin promovarea și evaluarea perspectivelor inovatoare, ceea ce este ratificat și în conceptul Strategiei Energetice către 2050 din republica Moldova.*

Cuvinte cheie: *tranziție energetică, strategie energetică, energie din surse regenerabile, centrale fotovoltaice plutitoare, comunitate energetică rezilientă.*

Introducere

În lumea de astăzi, care se confruntă cu provocările schimbărilor climatice și cu epuizarea surselor convenționale de energie, rolul surselor regenerabile de energie devine din ce în ce mai important. În acest context, energia solară se evidențiază prin potențialul său de eficiență și curățenie fără precedent. Pentru a utiliza în mod cât mai eficient acest potențial, tehnologia modernă oferă abordări inovatoare, iar una dintre acestea este proiectarea de centrale solare pe suprafețe de apă. Proiectarea și funcționarea centralelor solare pe apă oferă o serie de avantaje. În primul rând, permite utilizarea eficientă a spațiilor mari de apă pentru a găzdui panouri solare, minimizând conflictele cu utilizarea terenurilor fezabile pentru agricultură. Acest lucru este valabil mai ales în mediile cu terenuri limitate și cerere crescută de energie. În plus, apa poate servi ca agent de răcire naturală pentru panourile solare, sporind eficiența și longevitatea acestora.

Aspectul economic al proiectării centralelor solare de producere a energiei electrice este evaluat prin luarea în considerare a costurilor de infrastructură, echipament și întreținere. Cu toate acestea, pe termen lung, astfel de investiții pot fi justificate datorită costurilor scăzute de exploatare și a furnizării stabile de energie electrică.

Studiul de caz privind dezvoltarea CFP în comunități energetice rurale din Centrul Moldovei

Elementele structurale din CFP sunt clasificate ca elemente verticale, elemente de susținere utilizate pentru asamblarea modulului solar, elemente de conectare a modulului solar utilizate pentru asamblarea modulului solar și a punctului de sprijin, elemente de sprijin pentru asamblarea punctelor de sprijin și creșterea rigidității orizontale a structurilor și elemente principale pentru asamblarea celorlalte elemente și a geamandurii. Toate elementele structurale sunt conectate cu ajutorul unor șuruburi din oțel inoxidabil. Lungimea elementelor structurale este stabilită la 12,6

m pentru a facilita manipularea în timpul fabricării sistemului structural. Complexul fotovoltaic plutitor de generare a energiei electrice este format din structuri unitare cu o lungime de 12,6 m și o lățime de 11,5 m, în care sunt instalate 33 de panouri solare cu dimensiuni de 1966 mm × 1000 mm și cu puterea de generare de 300 W. Pentru studiu de caz în comunitatea energetică rurală din Centrul Moldovei a fost ales lacul Ghidighici. Aflăm numărul de unități structurale cu formulele:

$$Nr_{u.s.} = \frac{C_f}{P_u} = \frac{103000}{9,9} = 10404 \text{ unit.}; \quad (1)$$

unde: $Nr_{u.s.}$

reprezintă numărul de unități structurale;

C_f - capacitatea fotovoltaică, din figura 3.7., kW;

P_u - puterea instalată a unității structurale, kW;

Aria unității structurale

$$S_{u.s.} = L \cdot l = 12,6 \cdot 11,5 = 145 \text{ m}^2; \quad (2)$$

unde: $S_{u.s.}$ reprezintă aria unității structurale, m²;

L - lungimea, m;

l - lățimea, m;

Aria aproximativă a centralei fotovoltaice plutitoare

$$S_{CFP} = S_{u.s.} \cdot Nr_{u.s.} = 145 \cdot 10404 = 1,508 \text{ km}^2; \quad (3)$$

unde: S_{CFP}

reprezintă aria centralei fotovoltaice plutitoare;

Complexul de generare fotovoltaică plutitoare din clasă este format din 10404 structuri unitare, care sunt clasificate în trei tipuri: Tipurile A, B, C, care sunt prezentate în figura 1. Tipul A este modelul de bază, tipul B este combinația dintre tipul A și un pod de pontoane, iar tipul C este structura utilizată pentru instalarea dispozitivelor electrice, cum ar fi convertorul. Podul de pontoane este construit pentru a instala echipamentele electrice și este, de asemenea, utilizat ca rută de deplasare pentru muncitori.

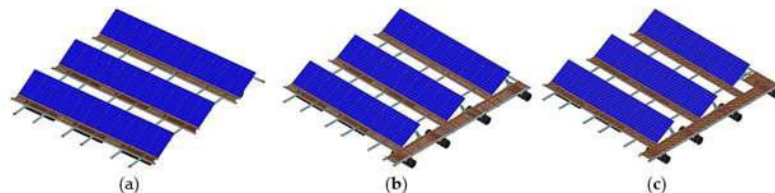


Figura 1. Structura unității (a) tip A (mod de bază); (b) tip B (cu punct de sprijin); (c) tip C (pentru instalarea dispozitivului electric) [1]

Capacitatea de generare a fiecărui tip de structură unitară este prezentată în tabelul 1.

Tabelul 1.

Numărul și capacitatea de generare a fiecărei structuri unitare.

| Elemente de structură | Tip A | Tip B | Tip C |
|--|-------|-------|-------|
| Nr. de unități de structură | 8323 | 729 | 1352 |
| Nr. de module solare pe unitate de structură | 33 | 30 | 29 |
| Capacitatea de producție pe unitate de structură, kW | 9,9 | 9,0 | 8,7 |

Calculul densității de putere se bazează pe aplicarea următoarelor formule [2]:

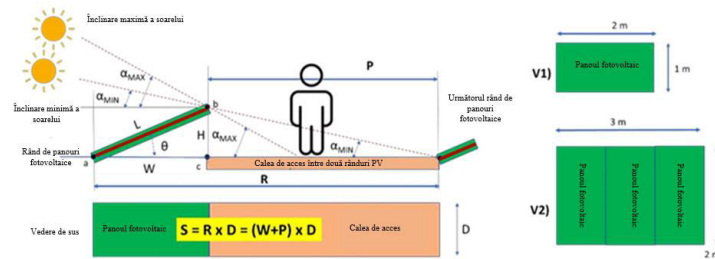


Figura 2. Geometria rândurilor PV pentru instalarea pe construcții plutitoare fotovoltaice [2]

$$S = R \cdot D = (W + P) \cdot D = (L \cos \theta + H / \tan \alpha_{MIN}) \cdot D; \quad (4)$$

$$= (L \cos \theta + L \sin \theta / \tan \alpha_{MIN}) \cdot D; \quad (5)$$

$$S_{1kW} = S / P_{PV_panel} \cdot \quad (6)$$

Pentru $\theta = 35^\circ$ (cel mai bun unghi de înclinare pentru cea mai mare cantitate de energie pe parcursul unui an) și pentru $\alpha_{MIN} = 12^\circ$ (cel mai mic unghi de înclinare a soarelui în timpul iernii, fără umbră) analizăm două tipuri de instalații fotovoltaice:

- rânduri de un panou fotovoltaic de 1966 x 1000 mm, având PV = 300 W/panou (valoare conservatoare, pot exista valori mai mari) și montate cu partea mică pe orizontală (tip „landscape”). Prin urmare, lungimea L este egală cu $L_{PV} = 2$ m, în timp ce adâncimea rândului este egală cu $l_{PV} = 1$ m.
- șiruri de 3 panouri fotovoltaice de aceeași dimensiune de 1966 x 1000 mm, având aceeași putere PV = 300 W/panou. Lungimea L este, prin urmare, egală cu 3 m, în timp ce adâncimea rândului este egală cu 2 m. Puterea rândului este $3 \times 300 = 900$ W.

Suprafața totală necesară pentru un rând poate fi dedusă ca fiind:

$$S_{V1} = (2 \cos 35^\circ + 2 \sin 35^\circ / \tan 12^\circ) \cdot 1 = 7,03 m^2; \quad (7)$$

$$S_{V2} = (2 \cos 35^\circ + 2 \sin 35^\circ / \tan 12^\circ) \cdot 3 = 21,11 m^2; \quad (8)$$

$$S_{1kW_V1} = 7,03 / 0,3 = 23,43 m^2 / kW; \quad (9)$$

$$S_{1kW_V2} = 21,11 / 0,9 = 23,45 m^2 / kW; \quad (10)$$

Valoarea de 23,4 m² / kW a fost calculată în cea mai dificilă situație din timpul iernii, când soarele are un unghi de înclinare minimă și maximă foarte scăzut (cel mai scăzut este așteptat pentru 21 decembrie).

Aria finală a centralei

$$S_{CFPfinal} = S_{1kW_V1} \cdot C_f = 23,45 \cdot 103000 = 2,41 km^2.; \quad (11)$$

unde: $S_{CFPfinal}$ reprezintă aria finală a CFP, km²;

S_{1kW_V1} - suprafața totală necesară pentru un rând, m²;

C_f - capacitatea fotovoltaică, din figura, kW;

Suprafața lacului constituie 4,15 km².

Rezultă că pentru această geometrie a panourilor fotovoltaice se acoperă cu structuri unitare doar o suprafață a lacului de $2.41 / 4.15 \times 100 = 58 \%$, ceea ce este o proporție acceptabilă, care nu poate afecta negativ ecosistemul lacului.

Conform datelor din [9], în sectorul Chișinău, în ziua de 21 din 20 decembrie 2022, avem $\alpha_{MIN} = 12^\circ$ în intervalul de timp dintre 9h:34m și 14h:32m, ceea ce înseamnă că nu există umbră timp de aproximativ 5 ore. Din același site, se poate deduce că $\alpha \geq \alpha_{MIN} = 10^\circ$ pentru 5 ore și 40 de minute (o perioadă mai lungă cu 13,3 %), astfel încât terenul necesar pentru 1 kW se calculează, de asemenea, pentru 10° .

$$S_{V1_{10^\circ}} = (2 \cos 35^\circ + 2 \sin 35^\circ / \tan 10^\circ) \cdot 1 = 8,15 m^2; \quad (12)$$

$$S_{1kW_{V1_{10^\circ}}} = 8,15 / 0,3 = 27,16 m^2 / kW; \quad (13)$$

Pentru această variantă este:

$$S_{CFPfinal} = \text{aprox. } 2.8 \text{ km}^2. \quad (14)$$

Rezultă că pentru această a doua geometrie a panourilor fotovoltaice, cu plasare mai distanțată decât în cea anterioară și cu umbrire mai mică în perioada critică de iarnă (13.3% mai mare perioadă fără umbrire pe 21 decembrie), se acoperă cu structuri unitare doar o suprafață a lacului de $2.8 / 4.15 \times 100 = 67 \%$, ceea ce este o proporție acceptabilă, care la rândul ei nu poate afecta negativ ecosistemul lacului.

Concluzii

Introducerea de centrale cu panouri flotante pe lacul Ghidighici sau pe altul similar reprezintă a soluție fezabilă, care nu afectează ecosistemul specific lacului și care permite, și realizarea de alte activități (pescuit, navigație pe lac etc.), în condițiile obținerii unei puteri instalate corespunzătoare fără ocuparea terenurilor adiacente cu abordarea diferitor geometrii ale rândurilor PV pentru instalarea pe construcții plutitoare fotovoltaice.

Mulțumiri: Cercetarea este finanțată de Programul Erasmus+, Acțiunea Jean Monnet Chair „Fostering European Union Leadership and Management for Sustainable Development in the context of European Integration”, EUleadSD, nr. 101126990.

Bibliografie:

1. LUSHNJARI, Anri, Jose, PEREZ, Jose. *Feasibility Investigation of Floating PV in Hydro reservoirs*. UPPSALA UNIVERSITET, Faculty of Science and Technology, 2021. 76p. Box 536.
2. EFREMOV, Cristina. *Photovoltaics solutions and energy communities in a clean energy roadmap*. Journal of Engineering Sciences. 2022, nr. 3, pp. 110-125. ISSN 2587-3474.10.52326/jes.utm.2022.29(3).10.
3. JIAN, Daia, CHI Zhangb, HAN Vincent Limc, KOK KENG Angb, XUDONG Qianb, JOHNNY Liang HENG Wongd, SZE TIONG Tanc, CHIEN Looi Wangd. *Design and construction of floating modular photovoltaic system for water reservoirs*. Department of Civil and Environmental Engineering, National University of Singapore, Singapore, 2018. 48p. 117576, 7491.
4. SUN-HEE, Kim, SOON-JONG, Yoon, WONCHANG, Choi. *Design and Construction of 1 MW Class Floating PV Generation Structural System Using FRP Members*. Department of Architectural Engineering, Gachon University, Seongnam, 2017. 14p. 13120.
5. *Comunicare a comisiei către parlamentul european, consiliu, comitetul economic și social european și comitetul regiunilor*. Bruxelles, 2022. 27p. COM (2022) 221.
6. MICHELI, L. *The temperature of floating photovoltaics: Case studies, models and recent findings*. Solar Energy, 2021. 242p.
7. HOSENUZZAMAN, N., RAHIM, J., SELVARAJ, N., HASANUZZAMAN, M. *Factors affecting the PV based power generation*. IET Seminar Digest, 2014, vol. 2014, no. CP659, doi: 10.1049/cp.2014.1467.
8. *Towards a green transformation of the Republic of Moldova. Analysis of the situation from 2021*. National report based on the OECD set of green growth indicators. EU4Environment. Funded by the EU. 2021. p. 89.
9. Joint Research Centre. Available online: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html