

Comparative Analysis of a Photovoltaic System's Performance: Simulation vs. Reality

Analiza comparativă a performanței unui sistem fotovoltaic: Simulare vs. realitate

Norbert Gocz

Universitatea Transilvania din Brașov, Facultatea de Construcții
Str. Turnului 5, 500152, Brașov, Romania
E-mail: norbert.gocz@student.unitbv.ro

DOI: 10.37789/rjce.2026.17.1.10

Abstract. *This paper provides a comparative analysis of the estimated versus actual energy production of a residential photovoltaic system installed on a single-family home. The aim is to assess the accuracy of simulations conducted using PV*Syst and PVGIS software, using different climatic data sources. The system under study has a total installed capacity of 6.56 kWp and it is equipped with monocrystalline panels and an on-grid inverter. By comparing the simulated results with real data recorded monthly, the differences between the estimated and observed performance during operation are highlighted. The findings emphasize the importance of validating simulations through practical measurements and the relevance of selecting appropriate meteorological data for accurately sizing a photovoltaic system and estimating the return on investment.*

Key words: residential photovoltaic system, simulation, renewable energy

Rezumat. *Lucrarea prezintă o analiză comparativă între producția estimată și cea reală a unui sistem fotovoltaic rezidențial instalat pe o locuință unifamilială. Scopul este evaluarea acurateței simulărilor realizate cu ajutorul software-urilor PV*Syst și PVGIS, utilizând diverse baze de date climatice. Sistemul analizat are o putere instalată de 6.56 kWp și este echipat cu panouri monocristaline și un invertor on-grid. Prin compararea rezultatelor simulate cu datele reale înregistrate lunar, se evidențiază diferențele dintre performanța estimată și cea observată în exploatare. Rezultatele subliniază importanța validării simulărilor prin măsurători practice și relevanța alegerii corecte a datelor meteorologice pentru dimensionarea corectă a unui sistem fotovoltaic și estimarea rentabilității investiției.*

Cuvinte cheie: sistem fotovoltaic rezidențial, simulare, energie regenerabilă

1. Introducere

Schimbările climatice devin tot mai evidente la nivel global, iar impactul acestora asupra mediului și societății este din ce în ce mai resimțit. Aceste fenomene sunt strâns legate de încălzirea globală, care s-a intensificat considerabil în ultimele

decenii. Creșterea temperaturii medii anuale este determinată, în principal, de emisiile crescânde de gaze cu efect de seră, în special dioxidul de carbon .[1,2]

Pentru a contracara aceste efecte, se impune o tranziție rapidă către surse de energie regenerabilă, care să reducă dependența de combustibilii fosili și să contribuie la limitarea emisiilor de gaze cu efect de seră. În acest context, energia solară fotovoltaică reprezintă una dintre cele mai promițătoare soluții pentru producerea de electricitate curată și sustenabilă.

În România, în special, panourile fotovoltaice au devenit o componentă esențială a pieței de energie regenerabilă, având un impact semnificativ în creșterea capacităților de producție de energie din surse regenerabile . Numărul instalațiilor fotovoltaice, în majoritate sisteme de tip On-Grid, montate pe acoperișurile locuințelor unifamiliale, este în continuă creștere, datorită accesului la fonduri guvernamentale și scăderii costurilor de implementare și întreținere .[3]

În proiectarea sistemelor fotovoltaice, una dintre cele mai importante întrebări pe care le pun oamenii este, într-adevăr, câtă energie pot produce cu sistemul respectiv și cât de mult din aceasta poate acoperi consumul lor de energie.

Răspunsul la aceste întrebări este esențial pentru a evalua atât eficiența, cât și rentabilitatea unei investiții fotovoltaice. Astfel, lucrarea de față își propune să analizeze performanța unui sistem fotovoltaic instalat pe o locuință unifamilială din România, comparând rezultatele obținute prin simulare cu cele înregistrate în exploatarea reală.

2. Descrierea sistemului fotovoltaic

Sistemul fotovoltaic analizat este instalat pe o locuință unifamilială situată în orașul Covasna, România. Acoperișul casei are o orientare predominant sud-sud-est (S-SE), cu un azimut de -17° , ceea ce înseamnă o abatere de 17° spre est față de direcția sud ideală. Înclinația acoperișului este de aproximativ 39° , un unghi foarte apropiat de valoarea optimă pentru latitudinea locală, ceea ce favorizează o captare eficientă a radiației solare pe tot parcursul anului.

Sistemul este compus din 16 panouri fotovoltaice Longi LR5-55HIH-410M, fiecare având o putere nominală de 410 W, rezultând o putere totală instalată de 6.56 kWp. Panourile utilizează tehnologie monocristalină Half-Cut, recunoscută pentru eficiența ridicată și performanța superioară în condiții de umbră parțială și radiație solară difuză. Panourile sunt conectate în două stringuri egale, fiecare format din 8 panouri, ceea ce asigură o distribuție echilibrată a curentului și o mai bună compatibilitate cu invertorul utilizat. (Fig.1)

Pentru conversia energiei electrice, sistemul este echipat cu un inverter Huawei SUN2000-5KTL-L1 de tip on-grid, monofazat, cu o putere nominală de 5 kW.



Fig. 1. Sistemul fotovoltaic studiat

3. Metodologia de lucru

Pentru analiza performanței sistemului fotovoltaic propus, au fost utilizate două instrumente software specializate: **PV*Syst** și **PVGIS**. Scopul acestei abordări a fost compararea rezultatelor obținute din simulări, precum și evaluarea influenței bazei de date climatice asupra estimării producției de energie electrică.

a. Simularea în PV*Syst 8.0.9 (Fig.2)

În cadrul software-ului PV*Syst[4], au fost realizate trei scenarii de simulare, fiecare bazat pe o altă bază de date meteorologică. Acestea sunt:

i. **Meteonorm** - Bază de date meteorologică cu acoperire globală, generată pe baza datelor din peste 8000 de stații meteo din întreaga lume. Utilizează metode statistice pentru completarea și interpolarea datelor lipsă.

ii. **PVGIS TMY (Typical Meteorological Year)** - Este o bază de date disponibilă în cadrul platformei PVGIS, care oferă un an meteorologic tipic (sintetic), calculat pe baza unei perioade istorice de referință. Acesta combină cele mai frecvente condiții climatice lunare într-un set standardizat de date, util pentru estimări de producție anuale.

iii. **NASA-SSE (Surface meteorology and Solar Energy)** - Bază de date globală, dezvoltată de NASA, care oferă informații despre radiația solară și alți parametri meteorologici pe baza observațiilor satelitare. Are o rezoluție spațială medie și o acoperire istorică amplă, fiind adesea folosită în zone cu acces limitat la date locale detaliate.[5]

iv.

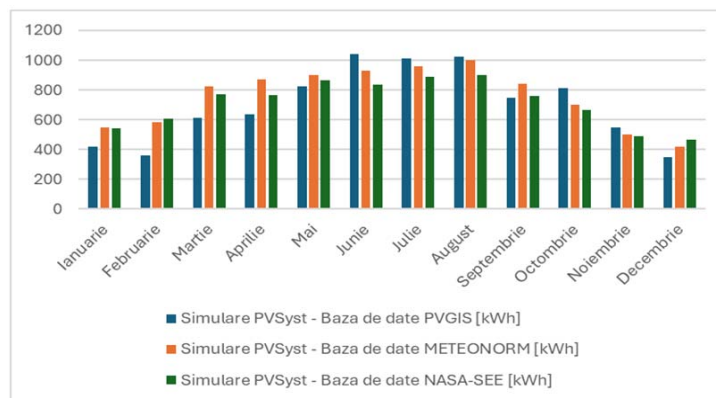


Fig. 2. Rezultate obținute prin simulare în PV*Syst

b. Simularea în PVGIS (Fig.3)

În paralel, au fost efectuate simulări și pe platforma online PVGIS[6] (Photovoltaic Geographical Information System), dezvoltată de Comisia Europeană. În acest caz, au fost analizate două scenarii, fiecare corespunzător unei baze de date diferite:

i. **SARAH (Surface Solar Radiation Data Set – Heliosat)** – Set de date de înaltă rezoluție privind radiația solară, furnizat de EUMETSAT. Informațiile sunt obținute pe baza imaginilor captate de sateliții Meteosat și prelucrate cu ajutorul algoritmului Heliosat. SARAH este recunoscut ca una dintre cele mai precise surse pentru analiza resurselor solare în Europa și Africa.[7]

ii. **ERA5** - este o reanaliză climatică globală furnizată de Centrul European pentru Prognoze pe Termen Mediu (ECMWF), în cadrul programului Copernicus. Aceasta combină observații din multiple surse cu modele numerice atmosferice, oferind date orare privind radiația solară, temperatura, vântul și alți parametri, la o rezoluție spațială de aproximativ 31 km. Este ideală pentru analize pe termen lung și estimări în regiuni cu date meteo limitate.[8]

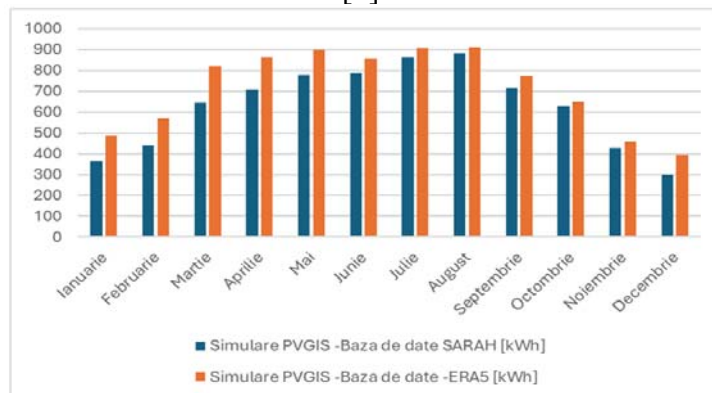


Fig. 3. Rezultate obținute prin simulare în PVGIS

Ambele baze de date sunt disponibile direct în interfața PVGIS și permit estimarea producției anuale și lunare pe baza parametrilor specificați ai sistemului.

Producția de energie reală a sistemului fotovoltaic a fost monitorizată și înregistrată lunar prin intermediul inverterului. Acesta a colectat date detaliate privind energia produsă de panourile fotovoltaice pe parcursul anului 2024, oferind informații precise despre performanța sistemului în fiecare lună.

4. Rezultate și discuții

Compararea producției de energie estimată cu cea înregistrată în exploatarea reală a sistemului fotovoltaic, prezentată în Tabelul 1, a evidențiat diferențe semnificative între valorile simulate și cele măsurate în anul 2024. În timpul iernii, producția reală scade semnificativ din cauza zăpezii care se acumulează pe panouri, un efect ce nu este luat în calcul de software. În perioadele cu precipitații reduse, performanța sistemului a fost afectată de depunerile de praf și alți factori atmosferici,

care reduc eficiența panourilor fotovoltaice. Pe de o altă parte, trebuie menționat că pot exista abateri de la un an la altul în ceea ce privește producția de energie, deoarece softurile folosesc date climatice ideale, bazate pe medii multianuale. Din acest motiv, simulările oferă doar o estimare orientativă, iar performanța reală trebuie analizată în funcție de condițiile specifice fiecărui an. Aceste aspecte evidențiază importanța monitorizării continue și a întreținerii regulate a sistemului, pentru a asigura o funcționare cât mai eficientă.

Tabelul 1

Compararea rezultatelor simulate și reale ale sistemului fotovoltaic

Luna	Energia produsă de sistemul fotovoltaic în 2024 (kWh)	Simulare PVSyst - Baza de date PVGIS (kWh)	Simulare PVSyst - Baza de date METEONORM (kWh)	Simulare PVSyst - Baza de date NASA-SEE (kWh)	Simulare PVGIS - Baza de date SARA (kWh)	Simulare PVGIS - Baza de date ERA5 (kWh)
Ianuarie	329	415	549	542	367	484
Februarie	427	361	586	605	439	570
Martie	627	611	823	771	646	822
Aprilie	817	635	868	764	707	863
Mai	908	821	901	866	780	901
Junie	984	1042	928	835	788	859
Julie	1000	1013	957	887	861	909
August	920	1022	998	899	883	912
Septembrie	772	746	842	761	717	774
Octombrie	724	813	702	665	629	649
Noiembrie	391	546	502	491	429	457
Decembrie	150	345	416	468	297	396
Total anual	8050.18	8369.4	9071.5	8553.6	7542.5	8594.8

6. Concluzii

Analiza comparativă dintre producția estimată și cea reală a sistemului fotovoltaic instalat pe o locuință unifamilială evidențiază importanța validării simulărilor prin măsurători reale și a implementării unor strategii eficiente de monitorizare și întreținere. Rezultatele obținute subliniază că software-urile specializate, cum ar fi PV*Syst și PVGIS, tind să supraaprecieze producția de energie în sezonul de iarnă, dar subapreciază ușor producția de energie în sezonul de vară.(Fig.4) Acest lucru se datorează faptului că fiecare regiune și fiecare sistem au o configurație și o locație unică, care nu pot fi complet reflectate de modelele standardizate utilizate în simulări. Astfel, estimările generate de aceste instrumente trebuie considerate orientative și nu ca predicții exacte ale performanței reale.

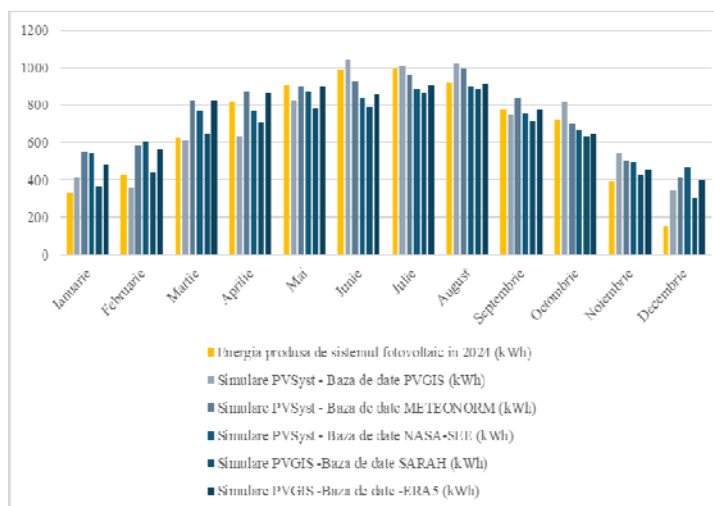


Fig. 4. Comparația între producția reală și producția modelată a sistemului fotovoltaic

Referințe

- [1] B. G. Vuțoiu, M. B. Tăbăcaru, G. A. Beșchea, Ștefan I. Câmpean, A. M. Bulmez, and G. Năstase, 'Seven continents. 737 One sky', 2024
- [2] M. Azhar Khan, M. Zahir Khan, K. Zaman, L. Naz, „Global estimates of energy consumption and greenhouse gas emissions”, in Renew. Sustain. Energy Rev., 29,2014, pp.336-344
- [3]<https://energie.gov.ro/ministerul-energiei-relanseaza-doua-apeluri-de-proiecte-care-privesc-bateriile-si-panourile-fotovoltaice-suma-totala-depaseste-278-milioane-euro/>
- [4]https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis_en
- [5] <https://ntrs.nasa.gov/citations/20080012200>
- [6]<https://www.pvsyst.com/>
- [7]https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis/pvgis-data-download/sarah-solar-radiation_en
- [8] <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview>