

Media orară de strălucire a soarelui în Timișoara și energia electrică produsă de panourile fotovoltaice

The hourly average of sunshine in Timisoara and electricity produced by photovoltaic panels

Ștefan PAVEL⁽¹⁾, Ioan Silviu DOBOȘI⁽²⁾, Daniel STAN⁽³⁾, Gabriel FISCHER-SZAVA⁽⁴⁾

⁽¹⁾Universitatea Politehnica Timișoara - ICER, Romania, e-mail: pavelstefanel@gmail.com

⁽³⁾S.C. Dosetimpex SRL Timișoara, Romania

⁽²⁾ Universitatea Politehnica Timișoara - Departamentul IMF, Romania

⁽⁴⁾ Inspectoratul de Stat București, Romania

Rezumat:

O evaluare obiectivă și corectă a eficienței unui sistem pentru producerea energiei electrice cu panouri fotovoltaice poate fi realizată printr-o monitorizare permanentă a parametrilor electrici pe o durată mai lungă de timp (ex.: 1 an) și corelarea rezultatelor cu distribuția solară a zonei geografice, intensitatea și numărul de ore de strălucire a soarelui pe cer, condițiile atmosferice specifice dar și luând în considerare elemente de calcul tehnico-economic. Conform studiului prezentat în lucrare, o instalație cu panouri fotovoltaice în Timișoara, cu putere instalată de 50kW poate produce energie electrică estimată la 55629 kWh/an, care acoperă în mare parte consumul unei locuințe etalon, estimat la 85091 kWh/a).

Cuvinte cheie: energie electrică, panouri fotovoltaice, intensitate radiație solară, eficiență

Abstract: *An objective and more accurate assessment for the efficiency of a photovoltaic electric system can be achieved through continuous monitoring of electrical parameters for a long period of time (1 year) and correlating the results with the local weather conditions related to the sun: geographic solar distribution, intensity and number of hours of sunshine on the sky, other random weather conditions and, finally, taking into account all the technical-economic details specific for the domain. According to the study presented in the paper, an domestic photovoltaic system in Timisoara, with 50 kW instaled power, can produce a considerable amount of energy (55.629 kWh/year) that can cover largely the consumption of a standard housing, estimated at 85.091 kWh/year.*

Keywords: electricity, photovoltaics panels, solar radiation intensity, efficiency

1. Introducere

De-a lungul istoriei omul a fost permanent preocupat pentru exploatarea resurselor disponibile pentru activități casnice și asigurarea traiului zilnic. Energia solară s-a dovedit a fi utilă nu numai pentru agricultură, prepararea alimentelor și încălzirea habitatului ci și pentru alte aplicații mai puțin convenționale. Legenda spune că, în secolul III î.H., Arhimede a apărut cetatea Siracusa din Sicilia cu ajutorul oglinzilor folosind razele solare la incendierea navelor flotei asediatoare a romanilor iar dovezi arheologice arată că egiptenii antici din Alexandria foloseau pomparea apei cu energia solară. În epoca modernă, descoperirea efectului fotoelectric a lansat ideea folosirii energiei solare pentru producere de energie electrică. Cercetările în domeniul generării energiei electrice cu panouri fotovoltaice a cunoscut un avânt spectaculos în anii 1950-1970 îndeosebi sub imboldul concurenței între blocurile militare în domenii de varf: industrie spațială, aeronautică, marină. Mai târziu, japonezii și americanii au dezvoltat tehnologii de fabricație de serie, pentru uz civil, a panourilor fotovoltaice, [1], iar în 1975 Robert E. Lucier a înregistrat invenția unui turn solar generator de energie electrică, [2]. Soluțiile tehnice în acest domeniu sunt tot mai performante, cu randamente de transformare tot mai bune, la prețuri cu trend descrescător.

2. Legislația națională pentru energia din surse regenerabile

Legislația românească [3] a fost adaptată normelor și impunerilor europene în domeniu în scopul încurajării inițiativei și a sprijinirii investiției pentru producerea energiei din surse regenerabile respectiv: solară, eoliană, biomasă, microhidrocentrale, geotermică.

- HG nr.1535/2004, Strategia de valorificare a resurselor regenerabile;
- Legea 134/2012, pentru stabilirea sistemului de promovare a producerii energiei electrice din surse regenerabile de energie;
- OG 22 /2008, privind eficiența energetică și promovarea utilizării la consumatorii finali a surselor regenerabile de energie MO nr. 628/ 29 aug 2008;
- HG 750/2008, pentru aprobarea Schemei de ajutor de stat regional privind valorificarea resurselor regenerabile de energie;
- Ord. 28/2010, pentru aprobarea Avizelor tehnice de racordare;
- Ord. 04/2012, privind actualizarea valorilor limită de tranzacționare a certificatelor verzi și a contravalorii unui certificat verde neachiziționat, aplicabile pentru anul 2012;
- Ord. 05/2012, privind stabilirea cotei obligatorii de achiziție de certificate verzi, aferentă anului 2011;
- Ord. 37/2012, pentru modificarea și completarea Regulamentului de acreditare a producătorilor de energie electrică din surse regenerabile de energiei pentru aplicarea sistemului de promovare prin certificate verzi.

3. Date geografice și poziția soarelui pe cer în Timișoara

Din punct de vedere al localizării pe glob, [4] Timișoara se află pe următoarele coordonate: 45°44'58"Nord, 21°13'38"Est cu un climat temperat continental moderat și marcat de diversitate, neregulată din punct de vedere atmosferic, și amplasat la o altitudine medie de 90 de metri față de nivelul mării, cu un număr total de ore însorite pe an de 2127.7, [5]:

Tabel 1

Numărul de ore însorite pe an în Timișoara

Luna	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>IV</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
Ore	72.1	92.2	155.4	184.4	242.4	262.3	300.6	280.2	217.5	177.3	86.4	56.9
Med. orară 11.30- 12.30	0.36	0.4	0.57	0.57	0.68	0.68	0.75	0.77	0.71	0.65	0.39	0.37
T ⁰ C medie	-1.5	0.6	5.7	11.1	16.3	19.6	21.5	20.9	16.8	11.2	5.7	1.2
Precipitații atmosferice	39.1	37.5	36.5	48.2	63.4	81	58.3	51.5	43.9	49.7	48.7	49.4

Conform elementelor din Tabel 1, pentru o perioadă din an de cinci luni constatăm că, în zona de vest țării, Timișoara beneficiază de 200 până la 300 ore cu soare /luna, situație care încurajează inițiative și argumentează oportunitatea de investiții în producerea de energie electrică cu instalații de panouri fotovoltaice. Pe lângă numărul de ore cu soare estimat pentru Timișoara și celelalte elemente ambientale: media orară între orele 11.30-12.30, temperatura medie și precipitațiile atmosferice, sunt luate în calcul, Figura 1.

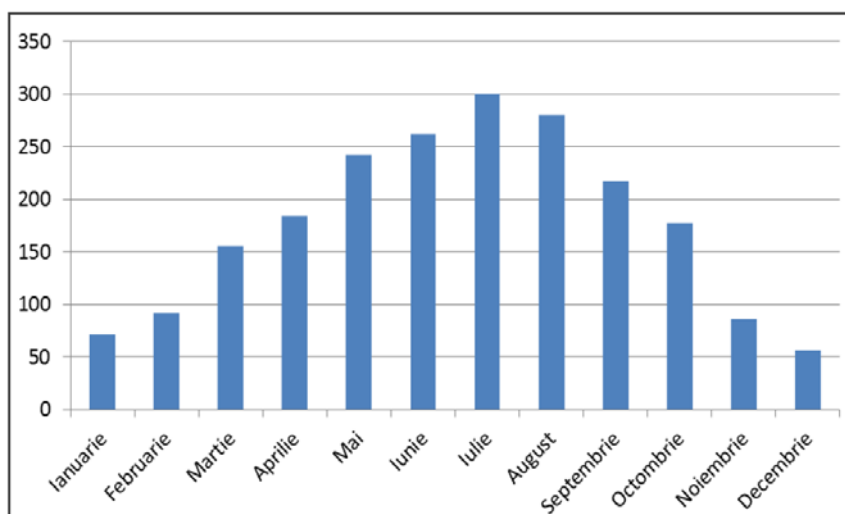


Fig. 1. Numărul de ore cu soare pe cer în Timișoara

După o creștere treptată a numărului de ore cu soare, începând cu luna ianuarie și cu apogeu în luna iulie, energia solară disponibilă descrește timp de 5 luni până în luna decembrie. Cumulat, numărul de ore cu soare pe cer în zona orașului Timișoara este cuprins de 1309.4 ore în lunile ianuarie-iulie, și de 818.3 pentru perioada august-decembrie, rezultând relevanța perioadei de ascendență la echinocțiul de primăvară și solstițiul de vară.

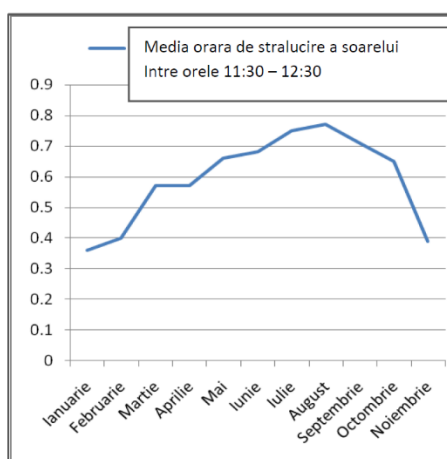


Fig.2. Media orară de strălucire a Soarelui în Timișoara

Lunile iunie, iulie, august și septembrie sunt cele care oferă coeficientul cel mai mare de strălucire al soarelui pe cer, cu o medie de 0,7 între orele 11.30-12.30, astfel că și energia electrică produsă de panourile fotovoltaice în această perioadă se poate ridica la aproximativ 27724 kWh cu P_i de 50kW.

Din punct de vedere al energiei solare distribuite pe suprafața României [6], Timișoara se încadrează între 1358.9-1389.6 kWh/m²/an.

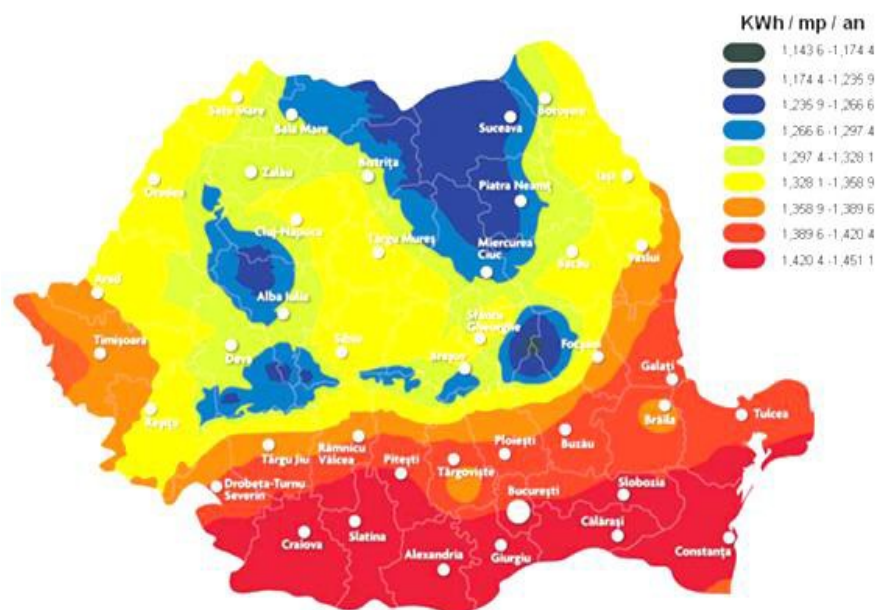


Fig. 3. Harta României cu distribuția energiei solare

Media orară de strălucire a soarelui în Timișoara și energia electrică produsă de panourile fotovoltaice

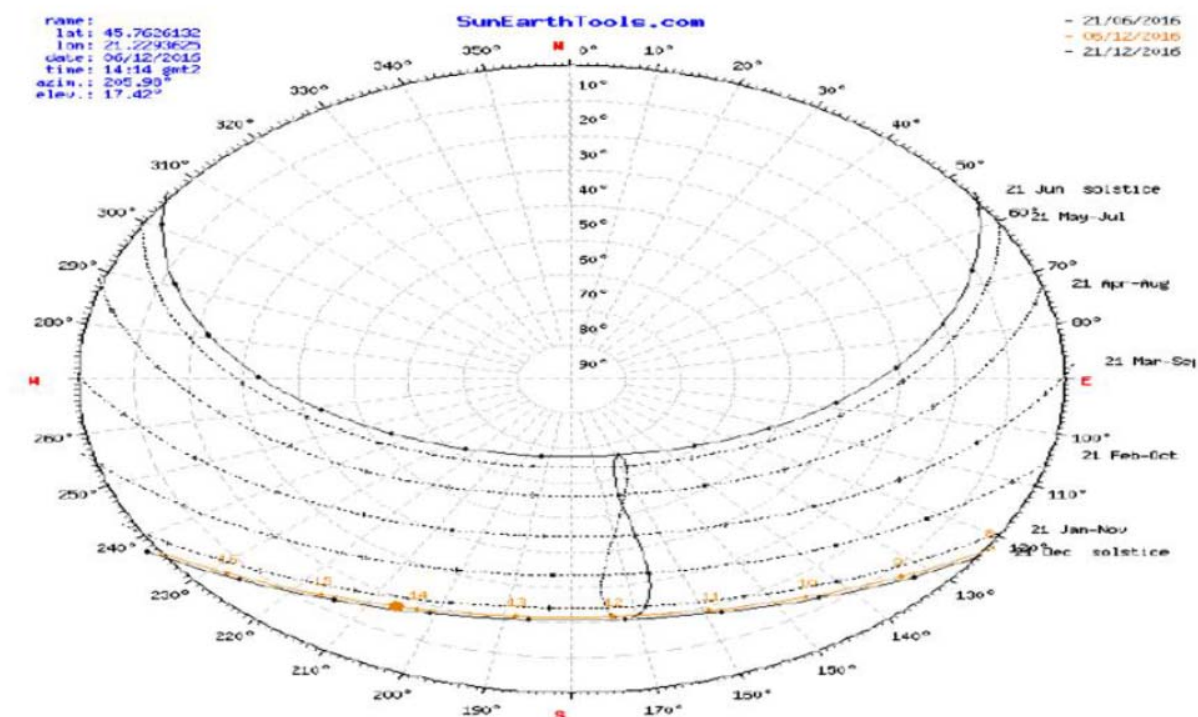


Fig. 4. Diagrama de poziție a Soarelui pe cer pentru Timișoara, zona Musicescu- Cehov, în data de 06.12.2016 la ora 14 [7]

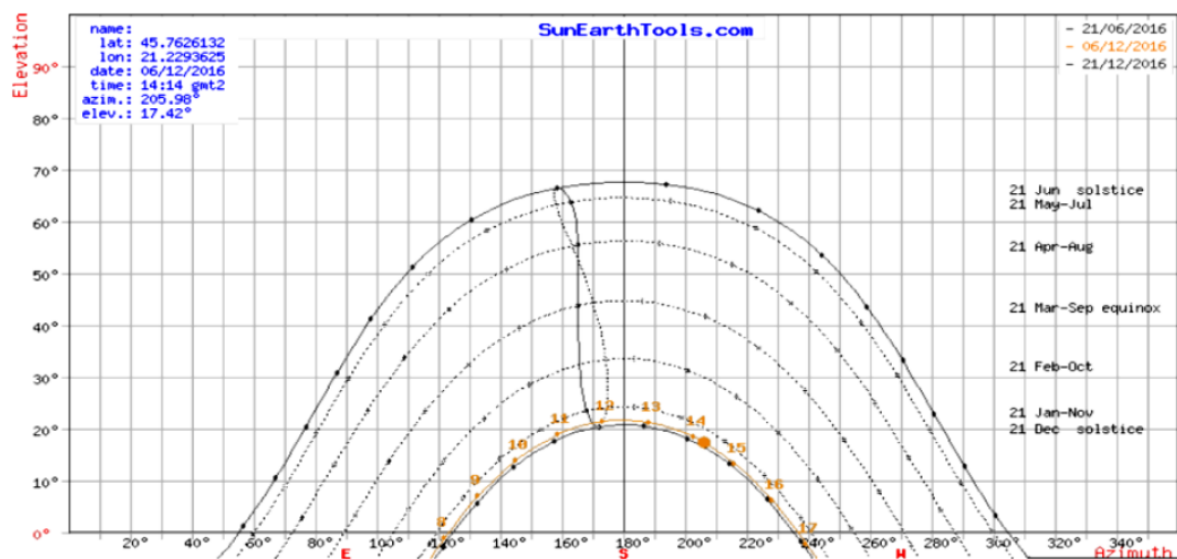


Fig. 5 Elevația Soarelui pe cer în Timișoara, zona Musicescu- Cehov, data de 06.12.2016 la ora 14 [7]



Fig. 6 Diagrama de poziție a Soarelui pe cer pentru orașul Timișoara, zona Musicescu- Cehov, în data de 06.12.2016 la ora 14 [7]

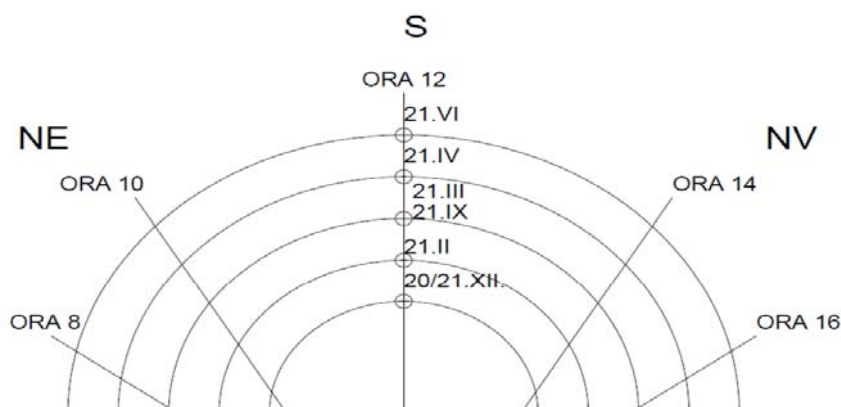


Fig.7. Poziția Pământului față de Soare, la echinocții și solstiții pentru orașul Timișoara

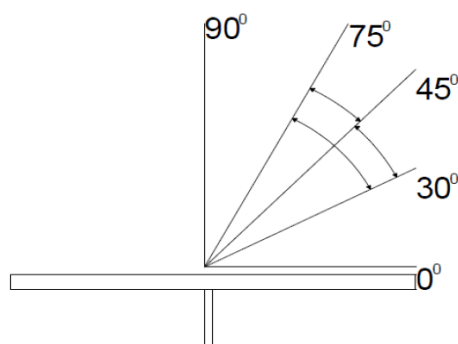


Fig.8. Unghiul optim de montaj al panourilor fotovoltaice pe timp de vară și iarnă în funcție de latitudine și poziția Soarelui pe cer

Tinând seama de aceste informații, pentru un randament maxim de producere a energie electrice cu panouri fotovoltaice, în zona de vest țării și orașul Timișoara, unghiul de montaj recomandat pentru instalarea panourilor va fi cel indicat în Tabelul 2.

Tabel. 2

Elevația soarelui în funcție de azimut și unghiul de montaj al panourilor fotovoltaice

Perioada din an	Elevația Soarelui pe cer în Timișoara	Unghiul de montaj recomandat al panoului fotovoltaic
21 ianuarie	20°-22°	70°
21 februarie	30°-33°	60°
21 martie <i>echinocțiu de primăvară</i>	40°-45°	50°
21 aprilie	50°-55°	40°
21 mai	60°-68°	30°
21 iunie <i>solstițiu de vară</i>	60°-68°	30°
21 iulie	60°-68°	30°
21 august	50°-55°	40°
21 septembrie <i>echinocțiu de toamnă</i>	40°-45°	50°
21 octombrie	30°-33°	60°
21 noiembrie	20°-22°	70°
21 decembrie <i>solstițiu de iarnă</i>	20°-22°	70°

Utilizarea unui dispozitiv (robot) automat de reglare al panourilor fotovoltaice în funcție de poziția Soarelui pe cer ar putea asigura o conversie mai mare a energie solare în energie electric. Prețul de cost al acestor dotări este în prezent relativ ridicat, situație care conduce la concluzia că, în contextul tehnologic și de piață actual, ar fi de preferat instalațiile fixe ale panourilor fotovoltaice. Pe piață sunt oferite, ca produse de serie, variante de panouri fotovoltaice mai eficiente din punct de vedere al conversiei energiei solare în energie electrică, cu captator conic și/sau rotative.

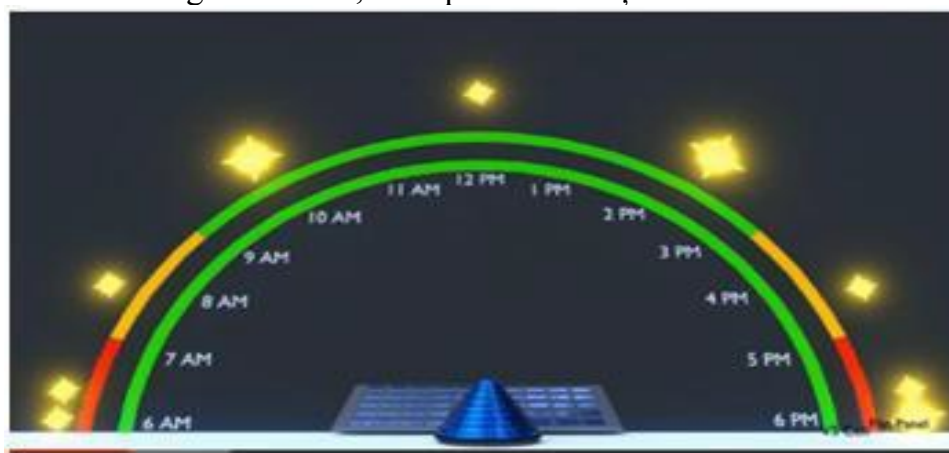


Fig.9. Eficiența producției de energie electrică dintre un panou fotovoltaic plan și unul conic-rotativ în funcție de elevația Soarelui pe cer [8]

4. Rețea de panouri fotovoltaice. Studiu de caz

Un sistem fotovoltaic pentru producerea de energie electrică furnizează curent continuu (c.c.), care apoi este transformată în curent alternativ (c.a.), de către un invertor. După acest proces, energia electrică este injectată în instalația electrică interioară aferentă construcției, printr-un tablou electric de distribuție.

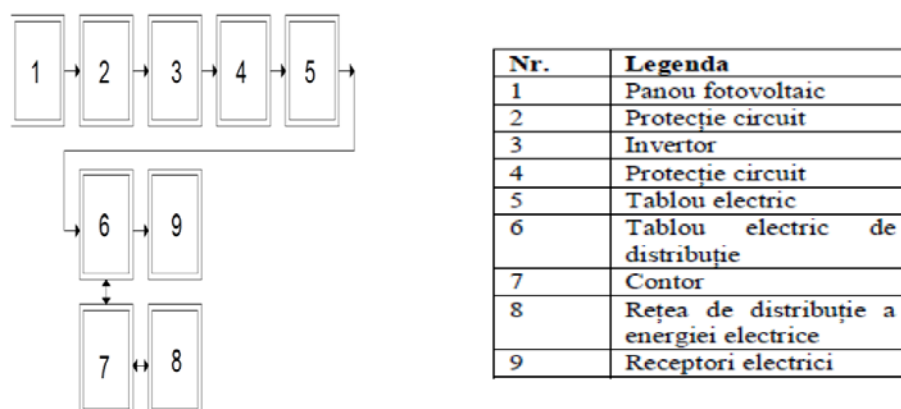


Fig.10. Schema de configurare a unui sistemului fotovoltaic furnizor de energie electrică

Ansamblul panourilor fotovoltaice (1) sunt producătoare de energie electrică și sunt conectate la invertorul (3) protejat de o protecție (2). Invertorul (3) realizează conversia energiei electrice de curent continuu, generată de panourile fotovoltaice (1), în energie electrică de curent alternativ.

Tabloul electric (5) conține mai multe elemente de protecție (4) la supratensiune atmosferică și de rețea, aparat de monitorizare a producției de energie electrică și transmitere opțională a datelor (parametrilor electrice) prin conectare la calculator. Tabloul electric (5) este conectat în amonte de tabloul electric de distribuție (6) destinat receptorilor electrice. Distribuitorul de energie electrică (8) asigură alimentarea cu energie electrică monitorizată prin contorul (7) și conectat la tabloul electric de distribuție (6), destinat receptorilor electrice (9). Alegerea modelului de invertor (3) este necesar a satisface cerința de tensiune între tensiunea de intrare în invertor și tensiunea maximă generată de sistemul fotovoltaic. Dimensionare prealabilă a instalației panourilor fotovoltaice trebuie să ia în considerare:

- Stabilirea puterii instalate necesare;
- Tipul panourilor fotovoltaice;
- numărului de panouri necesar asigurării de necesarului de putere;

Tabel. 3

Dimensionare instalației panourilor fotovoltaice

Formula	Legenda
$N_p = \frac{P_i}{P_p}$	N _p -Număr de panouri fotovoltaice; P _i -Puterea instalată, [kWh]; P _p -Puterea unui panou fotovoltaic, [W].
$ST = S_p \cdot NT_p$	ST-suprafața totală, [m ²]; S _p - Suprafața unui panou fotovoltaic, [m ²]; NT _p - Numărul total de panouri.
$N_{sir} = \frac{N_p}{S_{ir}}$	N _{sir} - Număr de șiruri; N _p -numărul de panouri.

Media orară de strălucire a soarelui în Timișoara și energia electrică produsă de panourile fotovoltaice

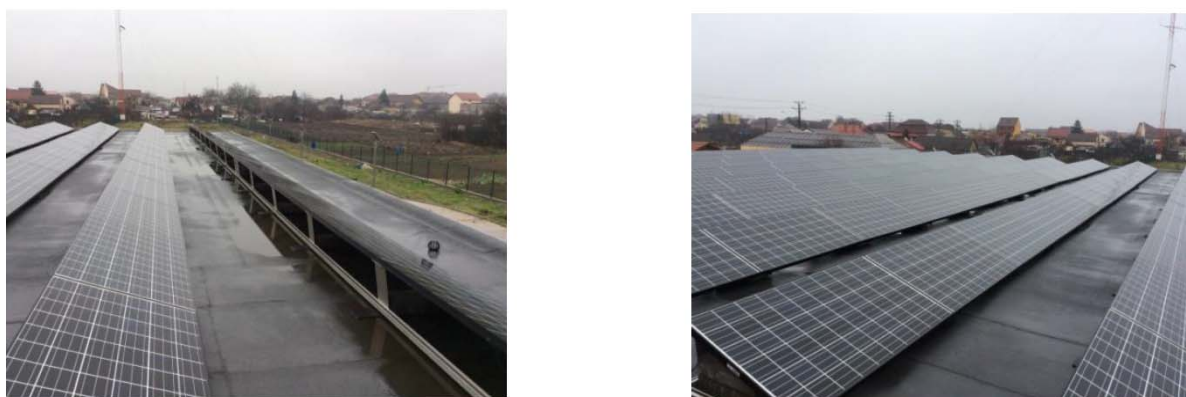


Fig.11 Șiruri de panouri fotovoltaice montate pe acoperiș și orientate spre Sud în Timișoara

Banca Europeană de Investiții prin Comisia Europeană, finanțează proiectele destinate obținerii de eficiență energetică și energii regenerabile pentru clădirile din mediul urban.

Pentru o instalație de panouri fotovoltaice cu P_i de 50kW pentru Timișoara, au fost estimate următoarele cheltuieli:

Tabel 4.

Deviz de materiale și manoperă propus, aferent execuției instalației panourilor fotovoltaice

MATERIALE				
Denumire material	UM	Cantitate	Preț (lei)	Valoare (lei)
Panouri fotovoltaice	Buc.	200	1800	360000
Structura de susținere	Buc.	4	12400	49600
Cabluri solari și conector	ml	700	15	10500
Invertor	Buc.	4	5800	23200
Tablou electric echipat	Buc.	1	2790	2790
Total materiale			446090	
Cheltuieli de transport 2.5%			11152.25	
MANOPERĂ				
Manoperă		Necesar ore	Tarif orar	Valoare
		169	50	8450
Total manoperă				8450
Taxe referitoare la manoperă		30%		2535
PREȚ DE PRODUCȚIE				
Total material și manoperă				468227.25
Cheltuieli indirecte		10%	46822.725	515049.975
Profit		10%		51504.998
PREȚ DE VÂNZARE				
Prețul de producție				566554.972
TVA		24%		135973.193
TOTAL				702528

Tabel 5

Energia electrică produsă de instalația panourilor fotovoltaice PFV

Luna	Energ. El consumată [kWh]	Nr. ore (estimat) cu soare Timișoara	Energia electrică produsă de PFV[kWh]
ianuarie 2016	7838 kWh	72.1	1884.69
februarie 2016	7667 kWh	92.2	2410.10
martie 2016	6816 kWh	155.4	4062.15
aprilie 2016	7358 kWh	184.4	4820.21
mai 2016	7214 kWh	242.4	6336.33
iunie 2016	5803 kWh	262.3	6856.52
Luna	Energ. El consumată [kWh]	Nr. ore (estimat) cu soare Timișoara	Energia electrică produsă de PFV[kWh]
iulie 2016	7990 kWh	300.6	7857.68
august 2016	7418 kWh	280.2	7324.42
septembrie 2016	4509 kWh	217.5	5685.45
octombrie 2016	7224 kW	177.3	4634.62
noiembrie 2016	7354kW	86.4	2258.49
decembrie 2016	7900kW	56.9	1487.36
		TOTAL 2127.7 ore	
Energia electrică consumată în clădire în 2016 85091 kWh			
Energie electrică produsă de instalația panourilor fotovoltaice în 2016 55629 kWh			
Energia electrică calculată (teoretic) pe ore cu soare pe cer în Timișoara 55618.02 kWh			
Diferența între energia electrică produsă de instalația panourilor fotovoltaice și energia electrică calculată teoretic în funcție de nr.(estimat) de ore cu soare pe cer în Timișoara			10.98kWh
Energia electrică achitată distribuitorului de energie electrică ENEL în 2016			29462 kWh

Media orară de strălucire a soarelui în Timișoara și energia electrică produsă de panourile fotovoltaice

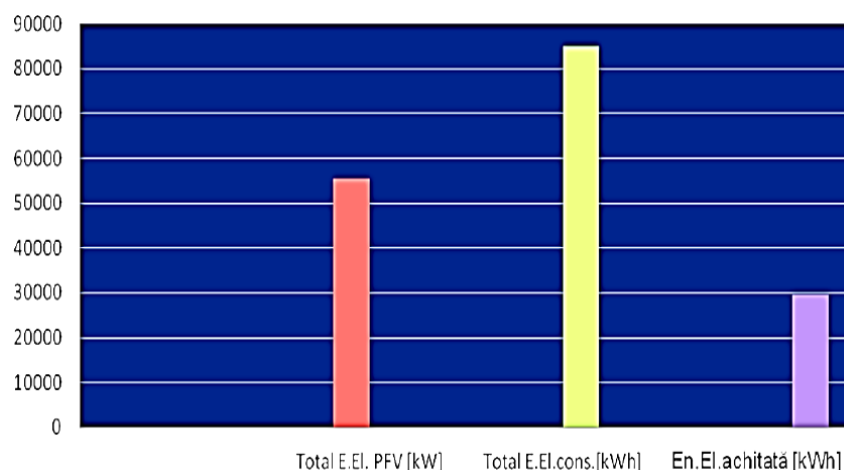


Fig. 12 Raportul dintre energia electrică consumată în clădire, produsă de instalația cu panouri fotovoltaice Pi 50kW, și energia electrică achitată distribuitorului de energie *ENEL*

Rezultatele prezentate în lucrare reprezintă sinteza datelor obținute în cursul monitorizării, pe parcursul anului 2016, a parametrilor electrici ai unui sistem generator de curent electric cu panouri fotovoltaice, cu Pi de 50kW, instalat pe o clădire din Timișoara, și demonstrează eficiența energetică a unui astfel de sistem alternativ.

5. Concluzii

1. O eficiență de 71% la raportul de energie electrică produsă de instalația cu panouri fotovoltaice, de 55629 kWh cu Pi de 50kW și consumul de energie electrică pe an estimat la 85981 kWh la o construcție, pentru Timișoara în anul 2016 demonstrează eficiența aplicării acestui tip generare a energiei pentru consum casnic;

2. Costurile de achiziție și instalare sunt relativ ridicate și prohibitive în contextul tehnologic și economic actual dar suportul financiar oferit de finanțări din fonduri europene (parțial sau total nerambursabile) ar putea constitui un imbold pentru o astfel de inițiativă;

3. Producătorul de energie din surse regenerabile primește gratuit certificate verzi, care pot fi vândute ulterior pe piața specializată [9].

Bibliografie

- [1] https://ro.wikipedia.org/wiki/Energie_regenerabil%C4%83;
- [2] <http://www.stecasolar.ro/energie-solara/Energie-solara-termica-:-Istoric--a714.html>;
- [3] <http://e-panouri.eu/energie-verde-legislatie> // ANRE;
- [4] <http://www.primariatm.ro/timisoara/index.php?menuId=2&viewCat=44&viewItem=286>
- [5] <https://ro.wikipedia.org/wiki/Timi%C8%99oara#Clim.C4.83> Geografie, meteorologie și mediu înconjurător, ANUAR STATISTIC AL ROMÂNIEI pg.19;
- [6] <http://www.panourisolareconstanta.ro/harta-radiatia-solara-in-romania>;
- [7] <http://www.sunearthtools.com/>;
- [8] http://www.stiri-economice.ro/Energia-solara_viitor.html;
- [9] adev.ro/oa55zw;