

# STUDIUL COMPARATIV PRIVIND POZIȚIONAREA COLECTOARELOR SOLARE ÎN PLAN VERTICAL SAU ORIZONTAL ȚINÂND CONT DE CONDIȚIILE RESTRICTIVE IMPUSE DE DIMENSIUNILE SISTEMULUI DE PRODUCERE A ENERGIEI REGENERABILE

*Beatrice TĂNASE, Adina GHEORGHIAN, Mădălina ZAMFIR, Viorel  
BĂDESCU, Horațiu POP*

UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCUREȘTI, FACULTATEA DE INGINERIE  
MECANICĂ ȘI MECATRONICĂ, București, România

**Abstract.** This paper presents an analysis of the influence of the solar radiation intensity and the heat flux received by a platform system in the horizontal plane according to the statistical data from the Romanian standard SR 6648-1:2014 and SR 6648-2:2014 in the field of plant installations ventilation and air conditioning as well as the calculation of external heat inputs. The obtained results show that the positioning of the collectors in the horizontal plane is much more advantageous from the point of view of the thermal flow than the vertical plane for the proposed system.

**Keywords:** solar radiation intensity, solar radiation heat flow, horizontal solar collectors.

**Rezumat.** Lucrarea de față prezintă o analiză a influenței intensității radiației solare și a fluxului de căldură primit de către un sistem platformă în plan orizontal în funcție de datele statistice din standardul român SR 6648-1:2014 și SR 6648-2:2014 în domeniul instalațiilor de ventilare și climatizare precum și cel al calculului aporturilor de căldură din exterior. Rezultatele obținute arată că poziționarea colectoarelor în plan orizontal este mult mai avantajoasă din punct de vedere al fluxului termic față de cea în plan vertical pentru sistemul propus.

**Cuvinte cheie:** intensitatea radiației solare, fluxul radiației solare, colectoare solare orizontale.

## 1. INTRODUCERE

Datorită problemelor din ce în ce mai mari de energie, energia solară este privită ca sursă de energie infinită. În acest sens, colectoarele solare au fost studiate intens. Multe dintre modelele noi au fost dezvoltate după anul 1990. Pentru a îmbunătăți performanțele termice ale colectoarelor solare au fost întreprinse nenumărate lucrări de cercetare în întreaga lume. Astăzi, polimerii sunt folosiți pe scară largă în construcția colectoarelor solare astfel încât dimensiunea și greutatea acestora să fie cât mai redusă. Utilizarea nano-fluidelor contribuie mai mult la reducerea dimensiunilor și mărește transferul de căldură oferind aceleași avantaje ca și în cazul colectoarelor solare de dimensiuni mari [1].

Absorbitorii au suferit numeroase modificări cu ajutorul unor tehnici noi și mai eficiente în domeniul producției și științei materialelor [2, 3].

Colectoarele solare plane au următoarele avantaje: au structuri simple, sunt

durabile, au costuri reduse de producție și întreținere, precum și un randament ridicat de captare a fluxului de căldură radiant. Există trei tipuri de colectoare solare plane: colectoare solare cu placa plană- Flat Plate Solar Collectors (FPSC), colectoare solare cu tuburi evacuate - Evacuated Tube Solar Collectors (ETSC) și colectoare solare cu tuburi termice - Heat Pipe Solar Collectors (HPSC). FPSC-urile sunt proiectate și utilizate într-o gamă largă de forme. În viitor, aceste sisteme vor deveni principala tendință pentru satisfacerea cererii ridicate de energie [4].

## 2. SCOPUL LUCRĂRII

Lucrarea de față studiază influența intensității radiației solare directe și difuze și, implicit, a fluxului de căldură prin radiație pe o suprafață plană poziționată în plan orizontal. În acest studiu se continuă procesul de analiză a soluțiilor optime constructive de poziționarea a sistemului de trei captatori solari plani descris în lucrarea [4]. Sistemul complex prezentat are ca scop producerea energiei electrice, pe baza efectului cumulat al mai multor surse de energie

\* Autor corespondent: e-mail: [pophoratiu2001@yahoo.com](mailto:pophoratiu2001@yahoo.com)

regenerabilă: energia solară, energia eoliană și, nu în ultimul rând, energia hidrolică.

### 3. DATE DE INTRARE

Din punct de vedere constructiv, sistemul complex dispune de două tipuri de suprafețe favorabile pe care se pot monta colectoarele solare. Datorită complexității, variantele de amplasare a colectoarelor au fost foarte limitate astfel încât montarea colectoarelor în plan vertical la  $90^\circ$  sau în plan orizontal constituie un factor restrictiv din punct de vedere al valorii intensității radiației solare maxime captate.

În cazul de față se analizează influența fluxului termic radiativ pentru poziționarea colectoarelor în plan orizontal și studiul comparativ între poziționarea orizontală și cea verticală studiată în articolul [4].

### 4. MODELAREA SISTEMULUI PENTRU PLAN ORIZONTAL

Suprafața propusă pentru studiu este considerată în plan perfect orizontal, aceasta fiind impusă de dimensiunile disponibile ale platformei sistemului complex, poziționarea acesteia este reprezentată în figura 1.

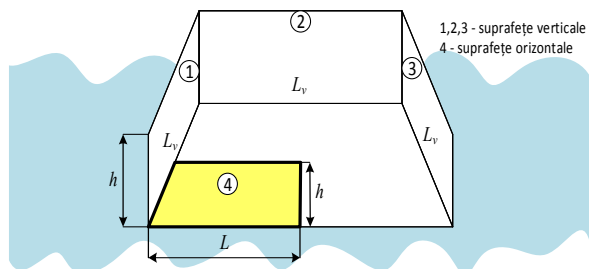


Fig. 1. Modul de amplasare al colectoarelor solare în plan orizontal

În lucrarea de față se consideră că sistemul complex de producere a energiei electrice este static neținându-se cont de mișcările de tangaj datorate vântului sau valurilor generate de curenții de apă. De asemenea, se neglijează factorii ce țin cont de umiditatea și temperatura aerului, iar în calculul teoretic al fluxului de căldură nu se ține cont de pierderi de nicio natură, considerându-se că valoarea intensității radiației solare are valoarea maximă din standard, raportându-se doar la suprafața adimensională.

În acest sens, au fost prelucrate datele din standardul român SR 6648-1:2014, astfel încât să se poată simula valoarea intensității medie a

radiației solare ținându-se cont de luna calendaristică și de numărul de ore însorite dintr-o zi [5].

În cazul analizei influenței fluxului termic pe o suprafață verticală s-a ținut cont de unghiul de înălțime solară, înclinarea suprafeței date față de planul orizontal, azimutul suprafeței considerate și unghiul dintre raza incidentă și direcția Sud conform standardului amintit anterior. În cazul suprafețelor orizontale (figura 2) se iau în considerare în calcul următoarele variabile: azimutul ( $\gamma$ ) și unghiul dintre raza incidentă și direcția Sud ( $A$ ).

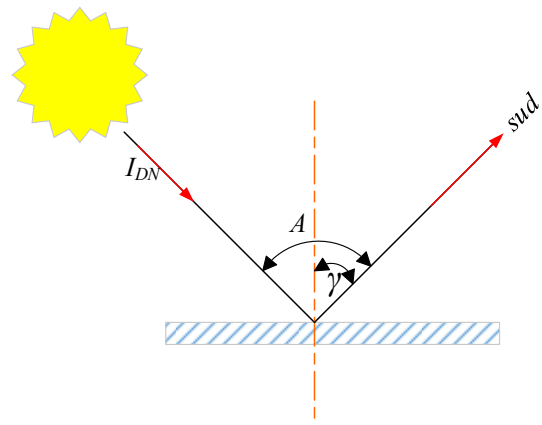


Fig. 2. Intensitatea radiației solare pe o suprafață orizontală

Azimutul suprafeței considerate (unghiul dintre normala la suprafață și direcția Sud), considerat pozitiv de la Sud spre Est și negativ de la Sud spre Vest, conform SR 6648-1:2014.

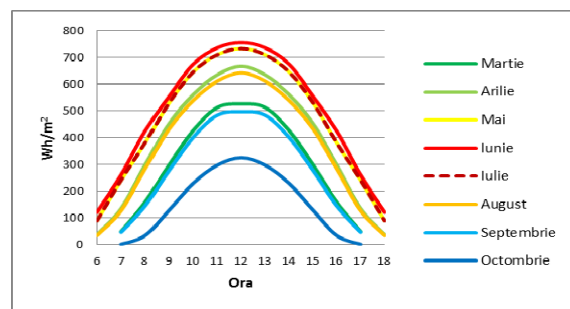


Fig. 3. Fluxul termic al radiației solare directe raportat la orele cu soare, în plan orizontal

Fluxul termic al radiației solare în plan orizontal este direct influențat de poziția Soarelui după cum se poate observa în graficul din figura 3. Valori maxime ale fluxului de căldură datorat intensității radiației solare directe, de aproximativ  $750 \text{ Wh/m}^2$  sunt înregistrate în lunile de vară, la amiază, atunci

când radiația solară cade perpendicular pe planul orizontal.

Se observă, de asemenea, o creștere a valorilor fluxului de căldură și pentru celelalte luni față de poziționarea în plan vertical a panourilor colectoare. Valorile fluxului termic generat de intensitatea radiației solare difuze sunt aceleași pentru ambele situații de poziționare a suprafețelor, după cum reiese din graficul reprezentat în figura 3.

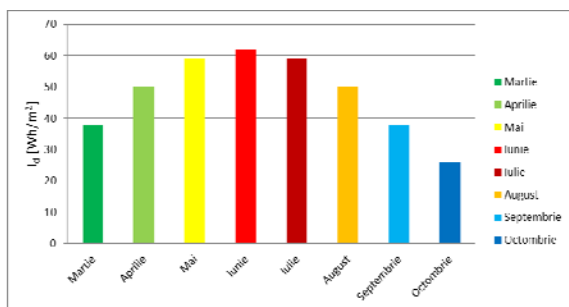


Fig. 4. Fluxul termic al radiației solare difuze raportat la 24 de ore, în plan orizontal

Valorile fluxului termic al radiației solare difuze în plan orizontal sunt direct influențate de poziția Soarelui față de normala la suprafață și direcția Sud având valori aproximative de la 25 Wh/m<sup>2</sup> în lunile de iarnă până la 62 Wh/m<sup>2</sup> în lunile de vară.

Standardul SR 6648-1:2014 și SR 6648-2:2014 privind instalațiile de ventilare și climatizare și calculul aporturilor de căldură din exterior, tratează în mod special intensitatea medie a radiației solare pentru suprafețe orizontale ținându-se cont de radiația solară directă cât și de cea difuză.

Rezultatele obținute în urma calculului fluxului termic sunt prezentate în tabelul 1 și reprezentate grafic în figura 5.

Tabelul 1. Fluxul termic mediu al radiației solare în plan orizontal în funcție de orele cu soare și în funcție de 24 h

Luna	Q mediu (ore cu soare) [Wh/m <sup>2</sup> ]	Q mediu (24h) [Wh/m <sup>2</sup> ]
Martie	346	187
Aprilie	528	286
Mai	668	362
Iunie	722	391
Iulie	668	362
August	504	273
Septembrie	324	175
Octombrie	165	89

Valorile fluxului termic mediu diferă în funcție de poziția Soarelui în raport cu

suprafața orizontală, înregistrând valori maxime atunci când soarele străbate colectorul din poziție perpendiculară. Pe baza acestor valori înregistrare în standardul român s-au trasat diagrame privind valorile fluxului termic mediu al radiației solare directe în plan orizontal raportate la orele cu Soare sau la 24 ore după cum se poate observa în figura 5 [6].

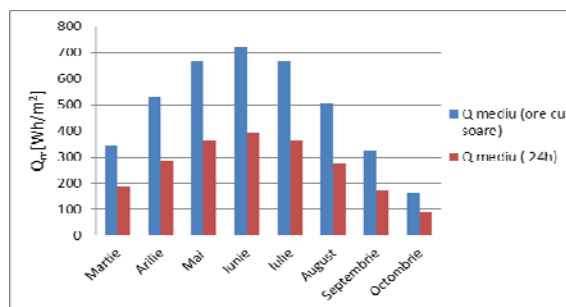


Fig. 5. Fluxul termic mediu al radiației solare directe în plan orizontal raportat la orele cu soare sau la 24 h

Ca ordin de mărime a fluxului termic se observă că luna Iunie înregistrează valorile cele mai ridicate, respectiv peste 700 Wh/m<sup>2</sup> pentru orele cu soare.

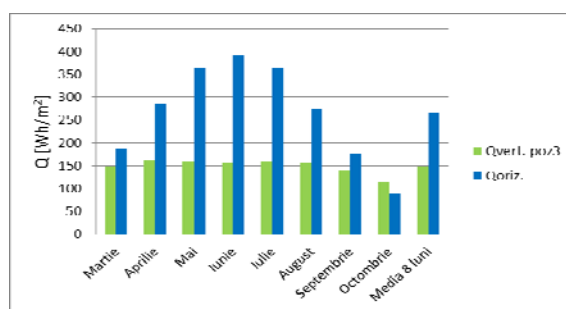


Fig. 6. Comparație între poziționarea optimă verticală și cea orizontală

Fluxul termic mediu raportat la 24 ore pentru poziționarea panourilor în plan vertical obținute în primul studiu privind proiectul complex au fost comparate în figura 6 cu rezultatele obținute pentru poziționarea panourilor în plan orizontal [7].

În cazul panourilor montate în plan vertical s-a ales pentru comparație varianta optimă de poziționare cu panoul central orientat către Sudul geografic. În această poziție fluxul termic mediu are valori maxime ce pot fi comparate cu valorile rezultate în urma analizei din cadrul lucrării, în lunile martie, septembrie și octombrie. Cu toate acestea, diferențe foarte mari între cele două fluxuri se observă în special în lunile de vară, unde fluxul termic în

plan orizontal își dublează valorile față de cel în plan vertical.

## 5. CONCLUZII

În lucrarea de față se analizează influența fluxului de căldură primit de către un sistem platformă în plan orizontal în funcție de datele statistice din SR 6648-2014. Datorită complexității sistemului, variantele de amplasare au fost restrictive din punct de vedere al valorii intensității radiației solare maxime captate.

Fluxul termic al radiației solare directe, raportat la orele cu soare, în plan orizontal, are valoarea maximă de aproximativ 750 Wh/m<sup>2</sup> în luna iunie, la amiază, în timp ce fluxul termic al radiației solare difuze, raportat la 24 de ore, în plan orizontal, este de numai 62 Wh/m<sup>2</sup> în luna iunie.

Fluxul termic mediu al radiației solare, raportat la 24 de ore, nu depinde de orientarea panourilor, în lunile martie, septembrie și octombrie. În lunile aprilie – august, fluxul termic mediu al radiației solare, raportat la 24 de ore, este aproape dublu în cazul panourilor poziționate orizontal față de cele poziționate vertical.

Rezultatele obținute au fost comparate cu poziționarea colectoarelor în plan vertical, rezultând că poziționarea în plan orizontal este mult mai avantajoasă din punct de vedere al valorilor fluxului termic radiativ captat. Pe viitor se dorește o extindere a analizei influenței fluxului de căldură prin radiație solară și pentru lunile de iarnă, respectiv: Noiembrie, Decembrie, Ianuarie și Februarie. Această analiză a datelor obținute va fi comparată și cu aplicația on-line a Centrului Comun de Cercetare al Comisiei Europene denumită PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). Pe baza valorilor obținute, dar și a factorilor de natură dimensională, se va alege varianta optimă pentru implementarea soluției constructive, în primă fază experimental prin intermediul unui prototip, iar apoi pentru sistemul complex ce face obiectul acestui studiu.

## BIBLIOGRAFIE:

- [1] Krishna Murari Pandey , Rajesh Chaurasiya, „ A review on analysis and development of solar flat

plate collector”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 67 (2017) 641–650.

- [2] Davide Del Col, Andrea Padovan, Matteo Bortolato, Marco Dai Prè, Enrico Zambolin „ Thermal performance of flat plate solar collectors with sheet-and-tube and roll-bond absorbers”, Energy 58 (2013) 258-269.
- [3] J. Jyothi, Harsh Chaliyawala, G. Srinivas, H.S.Nagaraja, Harish C.Barshilia „ Design and fabrication of spectrally selective TiAlC/TiAlCN/TiAlSiCN/TiAlSiCO/TiAlSiO tandem absorber for high-temperature solar thermal power applications”, Solar Energy Materials & Solar Cells 140 (2015) 209–216.
- [4] Daniel TABAN, Alina POP, Cătălina DOBRE, Valentin APOSTOL, Tudor PRISECARU „Stabilirea poziționării optime a unui sistem de trei captatori solari în plan vertical în funcție de orientarea geografică”, Revista Termotehnica, nr 1/2018.
- [5] SR 6648-1:2014 Instalații de ventilare și climatizare – Calculul aperturilor de căldură din exterior – prescripții fundamentale.
- [6] SR 6648-2:2014 Instalații de ventilare și climatizare - Parametrii climatici exteriori.
- [7] Proiect P3 ”Optimizarea sistemelor de producere a energiei termice cu captatoare solare în vederea implementării în cadrul unor sisteme complexe de producere a energiei din resurse regenerabile pentru zone costiere și pentru ape curgătoare” PN-III-P1-1.2-PCCDI-2017-0406.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by a grant of the Romanian Ministry of Research and Innovation, CCCDI-UEFISCDI, project number PN-III-P1-1.2-PCCDI-2017-0406/ NR. 81PCCDI / 2018 „Tehnologii inovative de producere a energiei regenerabile din surse naturale integrate in instalatii complexe”, within PNCDI III.