

# Propunere de procedura de dimensionare a instalatiilor solare termice pentru utilitatile specifice cladirilor

Proposed sizing procedure of solar thermal installations for utilities specific to buildings

Florin Iordache

Universitatea Tehnică de Construcții București  
Bd. Lacul Tei nr. 122 - 124, cod 020396, Sector 2, București, România  
E-mail: [fliord@yahoo.com](mailto:fliord@yahoo.com)

DOI: 10.37789/rjce.2020.11.4.10

**Rezumat:** Lucrarea are un obiectiv concret, exprimat direct in titlul si anume propunerea unei proceduri etapizate de dimensionare a sistemelor neconventionale de utilizare a energiei solare pentru incalzirea spatiilor si prepararea apei calde de consum. Dimensionarea acestora presupune determinarea marimii celor doua componente de baza, suprafata de captare si respectiv volumul de acumulare. Procedura de dimensionare este structural la fel, atat in cazul utilitatii de incalzire a spatiilor cat si in cazul utilitatii de preparare a apei calde de consum, insa sunt si o serie de particularitati specifice acestora. La baza metodei de dimensionare sta bilantul energetic zilnic in regim stationar pentru intreg sistemul continand sectiunea de captare si sectiunea de consum.

**Cuvinte cheie:** instalatie solara termica, dotare cladiri

**Abstract:** The paper has a concrete objective, expressed directly in the title, namely the proposal of a step-by-step procedure for sizing unconventional solar energy use systems for space heating and hot water consumption. Sizing involves determining the size of the two basic components, the catching surface and the accumulation volume respectively. The sizing procedure is structural, both for the utility of space heating and for the utility of preparing hot water for consumption, but there are also a number of specific features. At the base of the sizing method is the daily energy balance in stationary regime for the whole system, containing the capture section and the consumption section.

**Keywords:** solar thermal installation, endowment of buildings

## 1. Introducere

Instalatiile solare termice sunt sisteme neconventionale de utilizare a resursei regenerabile energia solara pentru diminuarea consumului de surse fosile pe baza de hidrocarburi. Dupa cum este foarte bine cunoscut utilitatile termice de baza ale cladirilor

sunt pentru incalzirea spatiilor si pentru prepararea apei calde de consum. Procedura care va fi propusa in cadrul lucrarii de fata se refera in mod distinct la fiecare din cele doua utilitati termice aferente cladirilor, mentionate mai inainte. In ambele situatii dimensionarea instalatiei solare termice presupune stabilirea marimii a doua componente de baza ale sistemului neconventional si anume suprafata de captare solara si volumul rezervorului de acumulare la care se cupleaza schimbatorul de caldura al buclei solare. Marimea celor doua componente mentionate va trebui sa rezulte in functie de marimea consumatorului deservit, marime reprezentata de capacitatea de transfer termic a consumatorului,  $H$  (W/K), atat in cazul utilitatii de tipul incalzirii spatiilor cladirii cat si in cazul utilitatii de tipul prepararii apei calde pentru cladire, tinand seama bine inteles de formele diferite de exprimare si evaluare ale acestui parametru reprezentativ al al cladiri.

## 2. Stabilirea valorilor specifice ale componentelor instalatiei solare

Prin valorile specifice ale componentelor instalatiei solare intelegem suprafata de captare solara specifica si volumul specific al rezervorului de acumulare. Definirea efectiva a celor doua marimi specifice trebuie sa tina seama de tipul utilitatii termice, incalzirea spatiilor sau prepararea apei calde de consum. In cele ce urmeaza se vor trata separat fiecare din cele doua utilitati termice ale cladirii. Procedurile care vor fi prezentate au la baza un bilant termic zilnic in regim stationar efectuat pentru ziua medie caracteristica lunii pentru care se face dimensionarea, bilant prin care se considera ca energia termica captata zilnic acopera in totalitate necesarul de caldura zilnic al consumatorului.

### 2.1. Cazul instalatiilor solare pentru prepararea apei calde de consum

Bilantul termic zilnic este :

$$SE_{ZI} = CE_{ZN} \quad (1)$$

Energia termica captata zilnic de instalatia solara are expresia :

$$SE_{ZI} = 24 \cdot I \cdot \eta_{BC} \cdot S_C \quad (2)$$

Energia termica consumata zilnic pentru prepararea apei calde de consum este :

$$CE_{ZN} = 24 \cdot 1.163 \cdot G_{CONS} \cdot (t_c - t_r) \quad (3)$$

Inlocuind relatiile (2) si (3) in (1) si facand cateva mici prelucrari rezulta :

Propunere de procedura de dimensionare a instalatiilor solare termice pentru utilitatile specifice cladirilor

$$s_p = \frac{1.163}{24} \cdot \frac{t_c - t_r}{I \cdot \eta_{BC}} \cdot g_c \quad (4)$$

In relatia (4), asa dupa cum rezulta si din lista de notatii suprafata de captare specifica,  $s_p$ , este definita ca fiind suprafata de captare solara care revine la fiecare persoana consumatoare de apa calda din cladire, iar consumul zilnic specific de apa calda,  $g_c$ , este definit ca fiind un consum zilnic pe persoana de apa calda de consum. Relatia (4) se mai poate pune si sub forma :

$$\frac{s_p}{g_c} = \frac{1.163}{24} \cdot \frac{t_c - t_r}{I \cdot \eta_{BC}} \quad (5)$$

Pentru determinarea volumului rezervorului de acumulare s-a considerat ca bilant termic zilnic de regim stationar, egalitatea dintre consumul de energie termica al consumatorului in perioada orelor fara soare si energia termica acumulata in rezervorul de acumulare. Astfel :

$$CE_{NT} = AE \quad (6)$$

Unde :

$$CE_{NT} = \left( 24 - \frac{24}{f_s} \right) \cdot 1.163 \cdot G_{CONS} \cdot (t_c - t_r) \quad (7)$$

$$AE = 1.163 \cdot V_{AC} \cdot (t_c - t_r) \quad (8)$$

Inlocuind relatiile (7) si (8) in (6) si facand cateva mici prelucrari rezulta :

$$v_{AC} = \frac{f_s - 1}{f_s} \cdot \frac{1}{s_c / g_c} \quad (9)$$

S-a definit volumul specific de acumulare,  $v_{AC}$ , ca fiind volumul de acumulare care revine la 1 m<sup>2</sup> de suprafata de captare solara.

De indata ce suprafata specifica de captare,  $s_p$ , a fost determinata conform relatiei (4) se poate stabili marimea efectiva a intregii suprafete de captare solara cu :

$$S_C = s_p \cdot N_{pers} \quad (10)$$

Iar marimea volumului rezervorului de acumulare cu :

$$V_{AC} = v_{AC} \cdot S_C \quad (11)$$

Rezulta ca actiunea principala care trebuie efectuata este de determinare a raportului  $s_p/g_c$ , conform relatiei (5). Daca in relatie (5) intensitatea radiatiei solare este usor de stabilit pentru luna august considerata ca luna de dimensionare, asa cum s-a mentionat, partea putin mai dificila este cea de stabilire a randamentului de captare al sistemului bucla solara-consumator.

Dupa cum a fost prezentat in cateva lucrari anterioare [1]...[5] expresia randamentului sistemului bucla solara-consumator este :

$$\eta_{BC} = F_R^{BC} \cdot [(\alpha \cdot \tau) - k_C \cdot \beta_{REF}] \quad (12)$$

Unde :

$$\beta_{REF} = \frac{t_r - t_e}{f_s \cdot I} \quad (13)$$

$$F_R^{BC} = \left( \frac{1}{F_R^B} + \frac{1}{F_R^C} \right)^{-1} \quad (14)$$

$$F_R^B = \frac{1.163 \cdot a}{k_C} \cdot (1 - E_{CS}) \quad (15)$$

$$F_R^C = 2 \cdot \frac{1.163}{k_C} \cdot \frac{1}{24} \cdot \frac{1}{s_p/g_c} \quad (16)$$

Se observa ca randamentul sistemului bucla solara-consumator depinde de raportul  $s_p/g_c$ , care se regaseste in relatie (16) implicata, dupa cum se observa in evaluarea expresiei (12) a randamentului. In concluzie relatie (5) reprezinta o ecuatie avand ca necunoscuta raportul  $s_p/g_c$ . Metoda folosita pentru rezolvare a fost o metoda iterativa simpla. Cateva comentarii asupra rezultatelor se gasesc in capitolul urmator.

## 2.2. Cazul instalatiilor solare pentru incalzirea spatiilor cladirii

Bilantul termic zilnic este :

$$SE_{ZI} = CE_{ZN} \quad (17)$$

Energia termica captata zilnic de instalatia solara are expresia :

$$SE_{ZI} = 24 \cdot I \cdot \eta_{BC} \cdot S_C \quad (18)$$

Energia termica consumata zilnic pentru incalzirea spatiilor este :

Propunere de procedura de dimensionare a instalatiilor solare termice pentru utilitatile specifice cladirilor

$$CE_{ZN} = 24 \cdot H_{INC} \cdot (t_{i0} - t_e) \quad (19)$$

Inlocuind relatiile (18) si (19) in (17) si facand cateva mici prelucrari rezulta :

$$s_V = \frac{t_{i0} - t_e}{I \cdot \eta_{BC}} \cdot G \quad (20)$$

Sau :

$$\frac{s_V}{G} = \frac{t_{i0} - t_e}{I \cdot \eta_{BC}} \quad (21)$$

Unde  $G$  (W/K.m<sup>3</sup>) este coeficientul global de izolare termica al cladirii.

Pentru determinarea volumului rezervorului de acumulare s-a s-a considerat ca bilant termic zilnic de regim stationar, egalitatea dintre consumul de energia termica al consumatorului in perioada orelor fara soare si energia termica acumulata in rezervorul de acumulare. Astfel :

$$CE_{NT} = AE \quad (22)$$

Unde :

$$CE_{NT} = \left( 24 - \frac{24}{f_S} \right) \cdot H_{INC} \cdot (t_{i0} - t_e) \quad (23)$$

$$AE = 1.163 \cdot V_{AC} \cdot \frac{(t_{T0} - t_{R0})}{(t_{i0} - t_{e0})} \cdot (t_{i0} - t_e) \quad (24)$$

Inlocuind (23) si (24) in relatia (22) si facand cateva prelucrari se obtine :

$$v_{AC} = \frac{24}{1.163} \cdot \frac{f_S - 1}{f_S} \cdot \frac{(t_{i0} - t_{e0})}{(t_{T0} - t_{R0})} \cdot \frac{1}{s_V / G} \quad (25)$$

De indata ce suprafata specifica de captare,  $s_v$ , a fost determinata conform relatiei (20) se poate stabili marimea efectiva a intregii suprafete de captare solara cu :

$$S_C = s_V \cdot V_{INC} \quad (26)$$

Iar marimea volumului rezervorului de acumulare cu :

$$V_{AC} = v_{AC} \cdot S_C \quad (27)$$

Ca si in cazul prepararii apei calde de consum, rezulta ca actiunea principala care trebuie efectuata este de determinare a raportului  $s_v/G$ , conform relatiei (21). Daca in relatia (21) intensitatea radiatiei solare este usor de stabilit pentru luna aprilie considerata ca luna de dimensionare, asa cum s-a mentionat, partea putin mai dificila este cea de stabilire a randamentului de captare al sistemului bucla solara-consumator. Dupa cum a fost prezentat in cateva lucrari anterioare [1]...[5] expresia randamentului sistemului bucla solara-consumator este :

$$\eta_{BC} = F_R^{BC} \cdot [(\alpha \cdot \tau) - k_C \cdot F_{INC} \cdot \beta_{REF}] \quad (28)$$

Unde :

$$\beta_{REF} = \frac{t_{i0} - t_e}{f_s \cdot I} \quad (29)$$

$$F_R^{BC} = \left( \frac{1}{F_R^B} + \frac{1}{F_R^C} \right)^{-1} \quad (30)$$

$$F_R^B = \frac{1.163 \cdot a}{k_C} \cdot (1 - E_{CS}) \quad (31)$$

$$F_R^C = 2 \cdot \frac{(t_{i0} - t_{e0})}{(t_{T0} - t_{R0})} \cdot \frac{1}{k_C} \cdot \frac{1}{s_v/G} \quad (32)$$

$$F_{INC} = \frac{t_{R0} - t_{e0}}{t_{i0} - t_{e0}} \quad (33)$$

Se observa ca randamentul sistemului bucla solara-consumator depinde de raportul  $s_v/G$ , care se regaseste in relatia (32) implicata, dupa cum se observa in evaluarea expresiei (28) a randamentului. In concluzie relatia (21) reprezinta o ecuatie avand ca necunoscuta raportul  $s_v/G$ . Metoda folosita pentru rezolvare a fost o metoda iterativa simpla. Cateva comentarii asupra rezultatelor se gasesc in capitolul urmator.

### 3. Comentarii privind rezultatele aplicarii relatiilor de dimensionare prezentate. Concluzii

Asa cum s-a mentionat, s-au facut cateva teste privind aplicarea metodei de dimensionare propuse, si anume 5 teste pentru un sistem neconventional de utilizare a energiei solare pentru prepararea apei calde de consum si 4 teste pentru un sistem neconventional de utilizare a energiei solare pentru incalzirea spatiilor.

Propunere de procedura de dimensionare a instalatiilor solare termice pentru utilitatile specifice cladirilor

Astfel, in cadrul testelor privind sistemul neconventional de utilizare a energiei solare pentru prepararea apei calde de consum, dimensionarea s-a testat pentru lunile mai...septembrie. In tabelul 1 se prezinta rezultatele obtinute in cazul prepararii apei calde de consum, pentru cele 5 luni de vara :

Tabelul 1

	Luna	I (W/m <sup>2</sup> )	t <sub>e</sub> (°C)	s <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> /pers)	v <sub>AC</sub> (l/m <sup>2</sup> )
1	Mai	193,3	16,3	1,64	32,71
2	Iunie	205,5	20,7	1,62	33,03
3	Iulie	180,7	22,6	1,82	29,40
4	August	240,2	21,8	1,21	44,43
5	Septembrie	214,1	16,5	1,48	36,31

Analizand rezultatele obtinute, s-a considerat ca luna august conduce la varianta optima de dimensionare cu o suprafata de captare specifica de 1,2 l/pers si un volum de acumulare specific de 45 l/m<sup>2</sup>.

In cadrul testelor privind sistemul neconventional de utilizare a energiei solare pentru incalzirea spatiilor, dimensionarea s-a testat pentru lunile februarie, martie, aprilie si noiembrie. Trebuie spus faptul ca s-a considerat cazul unei instalatii de incalzire dimensionata la t<sub>T0</sub>/t<sub>R0</sub> = 60/40 °C. In tabelul 2 se prezinta rezultatele obtinute in cazul incalzirii spatiilor, pentru cele 4 luni de iarna, mentionate :

Tabelul 2

	Luna	I (W/m <sup>2</sup> )	t <sub>e</sub> (°C)	s <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	v <sub>AC</sub> (l/m <sup>2</sup> )
1	Februarie	123,3	0,1	0,374	75,12
2	Martie	156,0	5,1	0,177	158,64
3	Aprilie	175,6	11,1	0,083	339,60
4	Noiembrie	87,8	4,5	0,434	64,74

La fel, din analiza rezultatelor obtinute, s-a considerat ca luna martie conduce la varianta optima de dimensionare cu o suprafata specifica de captare de 0,177 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> si un volum de acumulare specific de 159 l/m<sup>2</sup>. Daca se face o raportare la numarul de persoane din cladire si in cazul incalzirii spatiilor suprafata specifica de captare corespunzatoare la 0,177 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> este de 10,6 m<sup>2</sup>/pers. Dat fiind ca suprafata de captare rezulta relativ ridicata, s-ar putea considera preferabil sa fie adoptata dimensionarea pentru luna aprilie, cand suprafata specifica de captare este de 0,083 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, ceea ce conduce la 5 m<sup>2</sup>/pers. In cazul lunii aprilie insa volumul specific de captare este prea mare, motiv pentru care se considera ca este preferabil ca volumul de acumulare specific sa fie cel rezultat pentru luna martie.

O decizie mai corecta se poate lua in urma unei analize energetice pe toate lunile sezonului rece, in cazul tuturor celor 4 variante de dimensionare rezultate. Acest lucru ar putea face obiectul unei lucrari viitoare.

Lista de Notatii

- $t_e$  – temperatura exterioara medie lunara, °C;  
 $t_{e0}$  – temperatura exterioara de calcul, °C;  
 $t_{i0}$  – temperatura interioara de calcul, °C;  
 $t_c$  – temperatura apei calde de consum, °C;  
 $t_r$  – temperatura apei reci, °C;  
 $t_{T0}$  – temperatura de calcul a agentului termic la intrarea in instalatia de incalzire,  
°C;  
 $t_{R0}$  – temperatura de calcul a agentului termic la iesire din instalatia de incalzire,  
°C;  
 $I$  – intensitatea radiatiei solare medie lunara, pe planul de captare, W/m<sup>2</sup>;  
 $SE_{ZI}$  – energia termica captata zilnic, W.h;  
 $CE_{ZN}$  – energia termica necesara zilnic consumatorului, W.h;  
 $CE_{NT}$  – energia termica necesara consumatorului in perioada orelor fara soare,  
W.h;  
 $AE$  – energia termica acumulata in rezervorul de acumulare, W.h;  
 $S_C$  – suprafata de captare solara, m<sup>2</sup>;  
 $V_{AC}$  – volumul rezervorului de acumulare, l;  
 $G_{CONS}$  – debitul orar de apa calda de consum, l/h;  
 $H_{INC}$  – capacitatea de transfer termic a cladirii, W/K;  
 $G$  – coeficientul global de izolare termica al cladirii, W/m<sup>3</sup>.K;  
 $V_{INC}$  – volumul spatiilor incalzite ale cladirii, m<sup>3</sup>;  
 $s_p$  – suprafata specifica de captare raportata la numarul de persoane, m<sup>2</sup>/pers;  
 $s_v$  – suprafata specifica de captare raportata volumul spatiului incalzit, m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>;  
 $g_c$  – consumul zilnic de apa calda al unei persoane, l/pers.zi;  
 $v_{AC}$  – volumul specific de acumulare al rezervorului, l/m<sup>2</sup>;  
 $N_{pers}$  – numarul de persoane consumatoare de apa calda, pers;  
 $a$  – debitul specific de agent termic vehiculat in bucla solara, l/h.m<sup>2</sup>;  
 $\alpha$  - coeficientul de absorbtie al placii captatoarelor solare, -;  
 $\tau$  - coeficientul de transparenta al vitrajului captatoarelor solare, -;  
 $k_C$  – coeficientul global de transfer termic al captatoarelor solare, W/m<sup>2</sup>.K;  
 $\beta_{REF}$  – parametru sintetic aferent captatoarelor solare, m<sup>2</sup>.K/W;  
 $\eta_{BC}$  – randamentul de captare asl sistemului bucla solara-consumator, -;  
 $f_s$  – factor de corectie pentru durata perioadei de ore cu soare, -;  
 $E_{CS}$  – modulul termic al buclei de captare solara, -;  
 $F_R^{BC}$  – factor de corectie aferent sistemului bucla solara-consumator, -;  
 $F_R^B$  – factor de corectie aferent buclei de captare solara, -;  
 $F_R^C, F_{INC}$  – factori de corectie aferenti consumatorului, -;  
1.163 – caldura specifica volumica a apei, W.h/l.K;



## **Bibliografie**

[1] – Florin Iordache – Analiza energetica privind dimensionarea si evaluarea performantelor energetice ale instalatiilor utilizand captatoarelor solare termice – Revista Romana de Inginerie Civila volumul 10 (2019) nr.4 – Editura Matrixrom, Bucuresti, 2019;

[2] – Mugurel Talpiga, Eugen Mandric, Florin Iordache – Optimizarea sistemelor de utilizare a energiei solare pentru incalzirea spatiilor si prepararea apei calde in cladiri - Revista Romana de Inginerie Civila volumul 10 (2019) nr.1 – Editura Matrixrom, Bucuresti, 2019;

[3] – Florin Iordache, Mugurel Talpiga, Eugen Mandric – Utilizarea energiei solare pentru incalzirea spatiilor si prepararea apei calde de consum. Evaluarea performantelor energetice - Revista Romana de Inginerie Civila volumul 9 (2018) nr.2 – Editura Matrixrom, Bucuresti, 2019;

[4] - Florin Iordache – ENERGETICA ECHIPAMENTELOR SI SISTEMELOR TERMICE DIN INSTALATII – Florin Iordache – Editura Conspress, 2010;

[5] - Florin Iordache –COMPORTAMENTUL DINAMIC AL ECHIPAMENTELOR SI SISTEMELOR TERMICE –Editura Matrixrom, Bucuresti, editia 3-a, 2008;