



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

STUDIU PRIVIND DIMENSIONAREA EFICIENTĂ A SUPRAFEȚEI DE CAPTARE PENTRU UN SISTEM TERMO-SOLAR DE ÎNCĂLZIRE A APEI MENAJERE

Ferenc GÁSPÁR, Victor ROȘ

STUDY ABOUT EFFICIENT SIZING OF THE TOTAL COLLECTOR AREA FOR A DOMESTIC SOLAR WATER HEATING SYSTEM

Sizing a solar water heating system basically involves determining the total collector area and the storage volume. Hot water demand for a household over a year can be considered constant. The major problem is determining the right size for the total collector area avoiding to over and under sizing the system. The paper analyzes a sizing possibility regarding the efficiency of the system from an hermetic point of view. The result show the system sized to ensure hot water demand over the summer period is the most efficient; a system sized to ensure hot water demand over winter period is oversized and not efficient.

Cuvinte cheie: energie solară, captator solar, sistem termo-solar, eficiența energetică, dimensionare

Keywords: solar, solar collector, solar thermal systems, energy efficiency, sizing

1. Introducere

Analizând consumul total anual de energie al omenirii de $1,32 \times 10^{14}$ kWh/an în raport cu potențialul de energia solară de $4,4 \times 10^{14}$ kWh/an ce se poate exploata în industria energetică solară putem

considera că energia solară este o sursă de energie demnă de luat în considerare [5].

Energia solară se poate converti în energie termică și energie electrică. Energia termică utilizată în scopul obținerii apei menajere se poate obține prin intermediul sistemelor termice solare [2].

O mare provocare în exploatarea eficientă a sistemelor solare de încălzire a apei o reprezintă dimensionarea acestora în funcție de necesarul de apă caldă și disponibilul de energie solară periodică pentru locația în cauză.

Un sistem termo solar pentru încălzirea apei calde are în componență două componente principale care trebuie dimensionate: acumulatorul (rezervor) de apă caldă și captatoarele solare (suprafața de captare). La dimensionarea rezervorului se ține cont de numărul de persoane al locuinței și necesarul de apă caldă pentru o persoană, care în situația dată este de 45 l/zi la 45 °C, care se înmulțește cu un factor de siguranță (1,5 - 2,0) pentru cazul în care este înnorat mai multe zile la rând [1, 3].

Pentru cazul de față necesarul de apă caldă pentru patru persoane este de 270 l/zi pentru care energia zilnică necesară încălzirii de la 10 °C la 45 °C este în medie de 11 kWh/zi. La dimensionarea captatoarelor solare se va lua în considerare energia zilnică necesară și energia solară zilnică disponibilă pentru locația dată.

2. Stabilirea datelor de intrare

Dimensionarea optimă a suprafeței de captare este necesară pentru a asigura producția de energie termică cu o eficiență cât mai ridicată în timpul exploatării sistemului termic solar.

Pentru analiza eficienței sistemului se fac următoarele ipoteze:

- necesarul de energie pentru încălzirea apei calde zilnice este constant pe tot parcursul anului și anume 11 kWh/zi, stabilit anterior pentru cazul particular de mai sus;

- pentru captatoarele solare se consideră un randament mediu anual de 0,45;

- energia solară zilnică disponibilă luat în calcul (figura 1) este radiația solară medie zilnică pentru fiecare lună stabilită pe parcursul a zece ani pentru Cluj-Napoca [6].

Analizând variația energiei solare disponibile din figura 1 reiese că pentru asigurarea energiei necesare pe timp de vară avem nevoie de o suprafață minimă de captare iar pe timp de iarnă pentru acoperirea deficitului de energie suprafața de captare trebuie mărită pentru a compensa scăderea energiei solare disponibile.

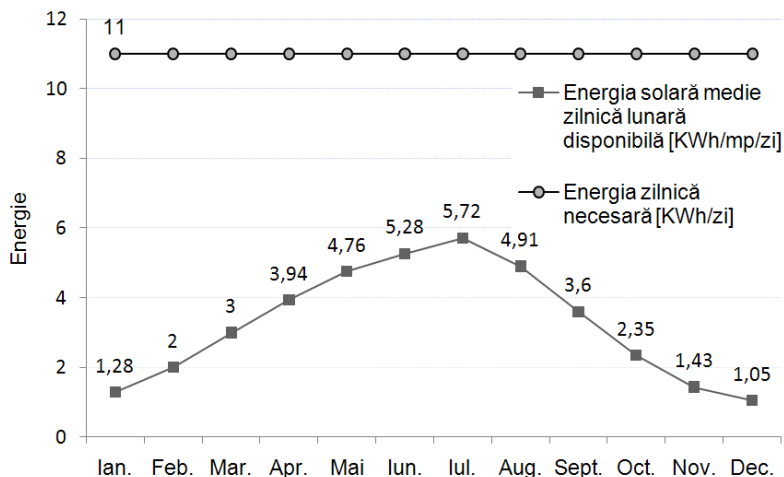


Fig. 1 Variația energiei solare medii zilnică lunară disponibilă raportată la un metru pătrat comparativ cu necesarul zilnic de energie

Dacă se consideră că instalația solară termică trebuie să acopere necesarul termic pe perioada aprilie - septembrie graficul din figura 1 se va modifica conform graficului din figura 2. Conform relației (1) prin împărțirea valorii energiei necesare pe o zi, E_n , cu energia solară medie zilnică lunară disponibilă, E_d , din septembrie și ținând cont de randamentul mediu, η_m , al captatorului solar va rezulta o suprafață de captare, A_c , de $6,8 \text{ m}^2$, relația (1).

$$A_c = \frac{E_n}{E_d \cdot \eta_m} \quad (1)$$

Această suprafață de captare, ținând cont de variația energiei solare și de randamentul de conversie, va produce o energie termică medie zilnică lunară conform graficului din figura 2.

Din analiza graficului reiese că o dimensionare a suprafeței de captare pentru o acoperire energetică pe perioada aprilie - septembrie duce implicit la o producere în surplus de energie termică, zona 1 din figura 2, care se va pierde deoarece sistemul a fost dimensionat pentru un necesar energetic mai mic. Zona 2 reprezintă gradul de acoperire al sistemului și reprezintă energia termică utilă iar zonele 3 reprezintă deficitul de energie termică care va trebui compensat de un sistem auxiliar de încălzire.

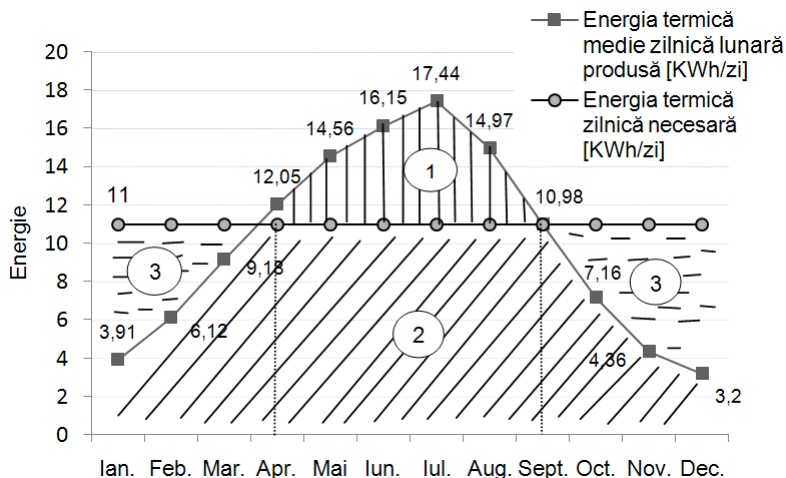


Fig. 2 Variația energiei termice medie zilnică lunară produsă de suprafața de captare dimensionată pentru perioada aprilie-septembrie comparativ cu necesarul zilnic de energie

Din grafic se mai poate observa că din punct de vedere tehnic este imposibil evitarea supradimensionării sau subdimensionării suprafeței de captare, o dimensionare optimă pentru lunile de iarnă implică o supradimensionare pentru lunile de vară și invers.

3. Formularea matematică și determinarea mărimilor de calcul

Pentru găsirea perioadei în raport cu care se va obține dimensionarea cea mai eficientă pe tot parcursul anului s-a procedat în felul următor:

- s-a dimensionat cu relația (2) suprafața de captare, A_c^i , funcție de energia solară medie zilnică lunară, E_d^i , disponibilă pentru fiecare lună și necesarul zilnic de energie, E_n ,

$$A_c^i = \frac{E_n}{E_d^i \cdot \eta_m}, \quad [\text{m}^2] \quad (2)$$

în care $i = 1...12$ reprezintă luna pentru care s-a dimensionat suprafața de captare iar A_c^i reprezintă suprafața optimă de captare, determinată pentru luna i , care să asigure necesarul energetic stabilit în funcție de energia solară medie zilnică disponibilă pentru luna respectivă, E_d^i . Această suprafață este maximă pentru lunile de iarnă și minimă pentru lunile de vară;

- s-a determinat cu relația (3) energia termică medie zilnică lunară produsă, E_{pj}^i , în fiecare lună funcție de suprafața de captare dimensionată separat pentru fiecare lună,

$$E_{pj}^i = \frac{E_n \cdot E_{dj}}{E_d^i}, \quad [\text{KWh/zi}] \quad (3)$$

în care $j = 1...12$ reprezintă luna pentru care se calculează energia termică produsă, iar E_{pj}^i reprezintă energia medie zilnică lunară produsă în luna j de suprafața de captare dimensionată pentru luna i ;

- concomitent s-a determinat cu relația (4) și valoarea energiei termice deficitare respectiv energiei termice produse în surplus, E_{dsj}^i .

$$E_{dsj}^i = E_{pj}^i - E_n \quad [\text{KWh/zi}] \quad (4)$$

Dacă E_{dsj}^i are valoare pozitivă atunci vorbim de surplus de energie termică produsă iar dacă are valoare negativă este vorba de un deficit energetic. În cazul în care E_{dsj}^i este egal cu E_n sistemul este eficient dimensionat pentru perioada respectivă.

Pentru determinarea energiei termice deficitare anuale, E_{di} și a energiei termice anuale produse în surplus, E_{si} , se însumează valorile obținute pentru E_{dsj}^i determinate pentru fiecare lună i . Valorile obținute pentru cazul particular prezentat în capitolul 1 sunt sistematizate în tabelul 1.

Analizând tabelul 1 se constată că pentru $i = 7$, adică luna iulie, deficitul energetic este maxim și surplusul energetic este minim. O supradimensionare a suprafeței de captare ar acoperi o parte din deficitul de energie și ar produce un surplus inutil.

Tabelul 1

j \ i		Deficitul respectiv surplusul de energie termică medie zilnică lunară, $E_{d\bar{s}j}^i$, [KWh/zil]												$E_{d\bar{s}}$, [KWh/an]	E_{st} , [KWh/an]
		Ian.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai	Iun.	Iul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.		
Ian.	0	6,18	14,8	22,9	40,9	34,4	38,2	31,2	19,9	9,19	1,28	-1,97	-59,1	6565	
Feb.	-3,96	0	5,5	10,7	15,2	18	20,5	16	8,8	1,92	-3,1	-5,22	-396	2896	
Mar.	-6,3	-3,7	0	3,44	6,45	8,36	9,97	7	2,2	-2,38	-5,8	-7,15	-762	1122	
Apr.	-7,42	-5,4	-2,6	0	2,29	3,74	4,97	2,71	-1	-4,43	-7	-8,06	-1076	411	
Mai	-8,04	-6,4	-4,1	-1,9	0	1,2	2,21	0,34	-2,7	-5,57	-7,7	-8,57	-1346	112	
Iun.	-8,33	-6,8	-4,8	-2,8	-1,08	0	0,9	-0,8	-3,5	-6,1	-8	-8,81	-1502	27	
Iul.	-8,53	-7,2	-5,2	-3,4	-1,84	-0,84	0	-1,6	-4,1	-6,48	-8,3	-8,98	-1990	0	
Aug.	-8,13	-6,5	-4,3	-2,2	-0,33	0,82	1,81	0	-2,9	-5,73	-7,8	-8,64	-1395	79	
Sept.	-7,08	-4,9	-1,8	1,03	3,54	5,13	6,47	4	0	-3,81	-6,6	-7,79	-960	605	
Oct.	-5	-1,6	3,04	7,44	11,3	13,7	15,8	12	5,85	0	-4,3	-6,08	-510	2072	
Nov.	-1,15	4,38	12,1	19,3	25,6	29,6	33	26,8	16,7	7,07	0	-2,92	-122	5234	
Dec.	2,4	9,95	20,4	30,3	38,9	44,3	48,9	40,4	26,7	13,6	3,98	0	0	8395	

Dimensionarea se consideră optimă, din punct de vedere energetic, pentru o anumită lună i din an dacă raportul dintre deficitul de energie acoperit și surplusul de energie produs este supraunitar, adică energia care se câștigă prin supradimensionare este mai mare decât energia care se pierde, conform relației (5).

$$F_{ei} = \frac{|E_{di}^{\max} - E_{di}|}{E_{si}} \geq 1, \quad E_{si} > 0 \quad (5)$$

În care F_{ei} se numește factorul de eficiență energetică a suprafeței de captare pentru luna i iar E_{di}^{\max} este deficitul de energie cu valoare absolută cea mai mare dintre toate valorile calculate ale lui E_{di} .

În urma determinării factorului de eficiență pentru fiecare lună (tabelul 2) a rezultat că sistemul solar termic dimensionat pentru acoperirea necesarului termic pentru perioada martie - septembrie este eficient din punct de vedere energetic. Dimensionarea sistemului pentru acoperirea deficitului energetic pentru lunile ianuarie, februarie, octombrie, noiembrie și decembrie nu este eficientă.

Tabelul 2

Luna	Ian.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai	Iun.	Iul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
F_{ei}	0,29	0,55	1,09	2,22	5,75	18,07	1	7,53	1,7	0,71	0,35	0,23

Pentru luna iulie s-a trecut valoarea unu pentru că s-a folosit ca valoare de comparație în relația (5) respectiv $E_{di}^{\max} = E_{d7}$, s-a folosit ca bază de calcul, fiind luna în care nu se produce surplus de energie și deficitul termic determinat are valoarea absolută maximă.

4. Concluzii

- S-a demonstrat că din punct de vedere energetic un sistem termo solar folosit pentru încălzirea apei menajere într-o locuință poate fi dimensionat în funcție de energia solară medie zilnică lunară disponibilă pentru lunile de primăvară respectiv toamnă.

- Supradimensionarea pentru această perioadă asigură acoperirea deficitului de energie termică dar duce la o producție inutilă

de energie termică în lunile de vară, ce poate provoca supraîncălzirea panourilor solare.

■ Un alt aspect important de studiat este eficiența economică privind supradimensionarea captatoarelor solare în raport cu energia termică utilă rezultată.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Bălan, M., *Energii Regenerabile*, Editura UT Pres, Cluj Napoca, 2007, ISBN: 978-973-662-350-9.
- [2] Burnete, N., Rus, I., Victor, R., Coldea, C., Cordoș, N., Teodora Chira, *Surse de energie pentru agricultură*, Editura Alma Mater, Cluj Napoca, 2004,
- [3] Dănescu, Al., Bucurenciu, S., Petrescu, Șt., *Utilizarea energiei solare*, Editura tehnică, București, 1980.
- [4] Duffie, J., *Solar Engineering of Thermal Processes*, Second Edition, A Wiley-Interscience Publication, New York, 1980.
- [5] * * * http://en.wikipedia.org/wiki/World_energy_consumption.
- [6] * * * http://www.sisteme-solare.ro/130/promo/poze/Energia_Solara.pdf.
- [7] Bejan, M., *În lumea unităților de măsură*, ediția a doua revăzută și adăugită. Editura Academiei Române și Editura AGIR, București, 2005.

Drd.Ing. Ferenc GÁSPÁR

Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Facultatea de Mecanică
e-mail: ferigaspar@yahoo.com

Prof.Dr.Ing. Victor ROȘ

Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Facultatea de Mecanică
e-mail: vctros@yahoo.com

NOTĂ: Această lucrare a beneficiat de suport financiar prin proiectul "Studii doctorale în științe inginerești în scopul dezvoltării societății bazate pe cunoaștere - SIDOC", contract: POSDRU/88/1.5/S/60078, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013.