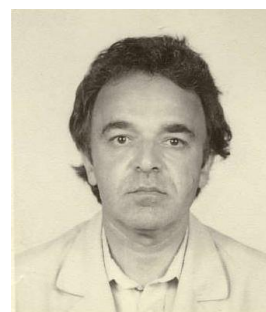


CERCETĂRI TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE ASUPRA POSIBILITĂȚII DE REALIZARE A UNEI CASE SOLARE PARȚIAL AUTONOME TERMOENERGETIC

Dr. fiz. Ioan LUMINOSU

Universitatea „Politehnica” din Timișoara



Este cadru didactic la Universitatea „Politehnica” din Timișoara, cu ore de predare la Facultatea de Calculatoare și Automatică. Domeniile de interes sunt energetica solară și nanomaterialele cu aplicații la ferofluide. A obținut rezultate proprii relativ la climatizarea locuințelor, producerea aerului cald tehnologic, uscarea produselor ceramice, fluidizarea bitumului, simularea numerică a unor procese fizice, optimizarea colectoarelor solare cu ajutorul analizei exergetice, proprietăți optice ale ferofluidelor, cu aplicații în energetica solară, actinometrie. A publicat numeroase articole științifice în reviste internaționale, ca Energy (Elsevier), Exergy (Elsevier), Thermal Science, și în reviste din țară, ca Romanian Reports of Physics, Buletinul Științific al Universității „Politehnica” din Timișoara. A publicat în edituri cu ISBN mai multe manuale și o monografie. Desfășoară activitate de cercetare-dezvoltare în cadrul unor granturi coordonate de AMCSITT – Politehnica și CNCIS.

Prof. dr. ing. Coleta De Sabata

Universitatea „Politehnica” din Timișoara



Absolventă a Facultății de Electrotehnică din Institutul Politehnic din Timișoara, 1957; dr.ing., în 1966, la Institutul Politehnic din Iași. Încadrată la IPT din anul 1957, a predat fizică până în 1990, iar de atunci și până în prezent, energetică nucleară, în calitate de profesor consultant. Domenii de interes în cercetarea științifică: elaborarea și studiul magnetismului peliculelor feromagnetice electrolitice pure și aliate, acoperiri galvanice de mare rezistență, magneți permanenți, sticle magnetice, ferite (48 de lucrări publicate); cercetări teoretice și experimentale cu privire la conversia energiei solare, cu aplicații în special în domeniul industrial (37 lucrări publicate). A publicat (singură sau în colaborare) șapte cursuri, două culegeri de probleme, patru îndrumătoare de laborator, a brevetat șapte invenții la OSIM, a participat la 16 congrese internaționale și patru congrese internaționale din România. A condus, în calitate de director, 52 de contracte de cercetare științifică, patru contracte cu caracter secret și a participat la alte șase contracte. A condus doctorat din 1987, în fizică tehnică (patru dr.ing.), până la dispariția specializării. A publicat volumul monografic *Bazele conversiei energiei solare* (în colab.), 1982, și a participat la volumul *Prezentul și viitorul energiei solare*, Editura Academiei Române, 1982. A publicat șase lucrări monografice despre Universitatea „Politehnica” din Timișoara. Afilieri: Societatea Europeană de Fizică, Asociația Oamenilor de Știință, Uniunea Scriitorilor din România.

Prof. dr. ing. Aldo De Sabata

Universitatea „Politehnica” din Timișoara



Absolvent al Facultății de Electrotehnică, Institutul Politehnic din Timișoara (1985), Secția de electronică aplicată; doctor inginer în electronică, Institutul Politehnic din București (1993); stagii și burse în Franța, Spania, Grecia, Italia și Germania. Profesor universitar la Facultatea de Electronică și Telecomunicații, din 2002. Discipline predate: semnale, circuite și sisteme, microunde, electronică optică, dispozitive electronice și optoelectronice, metode adaptive în tehnica măsurării, reprezentări timp-frecvență, instrumentație cu microunde și optoelectronică, măsurări cu microunde. Cursuri susținute în străinătate, în Franța și Italia. Domenii de interes științific: teoria informației, microunde și electromagnetism, energie solară. Publicații: două monografii, un manual universitar, trei cursuri universitare, un îndrumător de lucrări de laborator, o culegere de probleme, 58 de lucrări științifice în țară și în străinătate (și 9 comunicate). Director sau colaborator la numeroase granturi și contracte de cercetare naționale sau internaționale. Secretar științific al Consiliului Facultății de Electronică și Telecomunicații. Membru IEEE, ACER, Asociația Inginerilor Electroniști din Timișoara.

REZUMAT

Studiile efectuate pe durata mai multor ani asupra condițiilor meteo și de insolație pentru zona de vest a României (paralela 45° N) indică următoarele valori medii statistice:

- numărul anual al zilelor cu cerul senin sau senin și noros este de 274;
- fracția de insolație este 0,481;
- energia solară incidentă anual pe unitatea de arie este: 5,38 GJ/m²an pentru acoperișul orientat spre Sud și înclinat la 45 grd, 3,61 GJ/m²an pentru perețele vertical orientat spre sud, 1,78 GJ/m²an pentru pereții verticali orientați spre est și vest.

Studiem proiectul unei case solare cu autonomie energetică, formată din parter și mansardă. Temperatura aerului interior se menține la 20 °C. Suprafața pierderilor termice este de 429,27 m². Coeficientul pierderilor termice prin pereții exteriori este 0,38 W/m². Căldura consumată anual pentru climatizare este de 79,00 GJ/an. Instalația solară cu colector heat-pipe, cu aria de 25 m², furnizează anual căldura de 34,64 GJ/an și satisface 43,84% din necesarul de căldură pentru climatizare. Încălzirea apei menajere necesită 12,87 GJ/an. Instalația solară cu aria de 5,63 m², echipată cu rezervoare pentru stocarea căldurii, acoperă 62,75 % din căldura necesară pentru încălzirea apei.

ABSTRACT

Studies on meteorological and solar radiation conditions performed during several years in the Western part of Romania (45° N) indicate the following average values:

- Annual number of bright or bright and cloudy sky is 274;
- Solar radiation fraction is 0.481;
- Solar energy incident annually on the unit area is 5.38 GJ/m²year for a south oriented and 45° tilted wall, 3.61 MJ/m²year for a vertical, South oriented wall, and 1.78 MJ/m²year for vertical West and East walls.

We propose a partially energetically autonomous house that consists of two floors. Inside temperature is maintained at 20°C. Thermal losses surface is 429.27 m². Thermal loss coefficient through exterior walls is 0.38 W/m². Annual heat consumption for air conditioning is 79 GJ/year. The solar installation, with a 25 m² heat-pipe collector provides 34.64 GJ/year and satisfies 43.84% of the necessary. Water heating needs 12.87 GJ/year. A 5.63 m² solar installation with heat stocking tanks provides 62.74% of the necessary.

1. INTRODUCERE

În țările U.E., sistemele termosolare se folosesc pentru producerea apei calde în locuințe, hoteluri, piscine, climatizarea locuințelor, desalinizarea apei.

Dinamica procesului de implementare a heliotehniciei rezultă din faptul că, dacă în perioada anilor 1980–1990, suprafața de colectare instalată anual era de 3×10^5 m²/an, în anul 1994 suprafața instalată a fost de 5×10^5 m²/an [1].

Energia solară este, în general, disponibilă chiar în locul în care există cererea de energie. Independența energiei de cerințele transportului generează una dintre calitățile sale importante [2].

Debitul fluxului solar este însă scăzut, extrem de variabil, nu se poate controla și aceasta impune ca instalațiile solare să dispună de câmpuri de captare care se întind pe mari suprafețe.

Lucrarea de față prezintă un studiu de fezabilitate asupra unei case solare cu autonomie energetică parțială, care este proiectată să funcționeze în condițiile de climă și insolație ale României, pentru condițiile din Banat, pe paralela 45°N.

Studiul prezentat are la bază o activitate de 30 de ani în domeniul energiei solare (începuturile se situează în anul 1976), dar, pentru o lungă perioadă, interesul s-a concentrat asupra aplicațiilor industriale din următoarele domenii: construcția de drumuri și autostrăzi, uscarea produselor ceramice, hale de preîncălzire pentru industria ceramicii, unele aplicații în industria textilă ș.a.

Indiferent de domeniul de aplicații, a fost necesară cunoașterea factorilor de mediu, cum sunt insolația, numărul

de ore de strălucire a Soarelui pe boltă, temperaturile medii, maxime și minime, cantitatea de energie disponibilă și perioadele în care se putea utiliza.

Așa cum se știe, energia solară este difuză, în sensul că necesită suprafețe mari pentru captare, este aleatorie, prezentând variații valorice însemnate chiar și pe parcursul unei zile, este intermitentă și, de cele mai multe ori există un decalaj însemnat între momentul în care este necesară și momentul în care este disponibilă. Acestea sunt motivele care au impus un studiu de lungă durată, prin măsurători asupra principalilor factori naturali, dar și prin urmărirea cantitativă a rezultatelor obținute la instalațiile care au fost proiectate de noi și construite de beneficiari.

Pe baza unei experiențe îndelungate a autorilor, lucrarea prezintă, în prima parte, rezultatele studiilor statistice asupra factorilor de insolație, temperatură și climă pentru partea de a vest a României. Menționăm că măsurătorile au fost făcute la Timișoara, municipiu situat în Banat, pe paralela de 45°N, și aduc date conforme care sunt valabile pentru toată zona de șes și colinară situată în România în jurul paralelei 45°N, deoarece nu există diferențe notabile de climă; această poziționare conferă o largă generalitate elementelor măsurate. Trebuie să mai subliniem că, așa cum se poate constata, anii calendaristici diferă mult din punct de vedere climatic; lucrarea noastră ține seama de această situație prin medierea rezultatelor pe câteva decenii. Nu s-a avut însă în vedere contribuția încălzirii globale asupra valorilor factorilor de mediu, dar această încălzire nu poate avea efecte negative, ci, din păcate, pozitive, prin creșterea temperaturilor și reducerea precipitațiilor, deci creșterea numărului de ore de strălucire a Soarelui pe boltă.

La Catedra de fizică a Universității „Politehnica” din Timișoara, măsurătorile de actinometrie au fost începute în 1976 [6–11]. Astfel, au fost realizate aparatele de măsură a intensității radiației solare SOLARIS 1 și SOLARIS 2.

Scopul prezentului studiu este cunoașterea caracteristicilor fizice, geometrice și termotehnice ale unei case considerate ca „obiect energetic”.

În domeniul climatizării locuințelor, realizările anterioare ale Colectivului de Energie Solară se referă atât la metodele și mijloacele pasive [13,14,15] cât și la cele active [16–19]. Astfel, în anul 1987 a fost construită o CASA SOLARĂ (laborator) la Universitatea „Politehnica” din Timișoara și a fost amenajat un perete Trombe, pe fațada sudică a unei clădiri existente. Pe aceste două laboratoare s-au făcut măsurători. Este de remarcat faptul că asupra clădirii-laborator, care avea numai câte o cameră la parter și la etaj, s-au făcut și măsurători cu privire la stocarea de scurtă și medie durată a căldurii obținute prin termoconversia energiei solare. Dotarea de la vremea respectivă nu mai corespunde cu stadiul actual al tehnicilor, tehnologiilor și materialelor folosite în construcții, dar baza de date obținută anterior ne-a putut ajuta la studiul prezentat aici.

În lucrarea de față se prezintă un studiu asupra energiei termice ce se poate obține din sursă solară precum și energia care se propagă prin elementele de construcție, de la aerul din interiorul casei menținut la temperatura de 20°C spre aerul din exterior. Se arată că energiile termică și electrică necesare satisfacerii confortului în locuință pot fi obținute prin aport solar în proporție de 30–40 %, în lunile de iarnă și în totalitate în celelalte luni ale anului.

2. DATE EXPERIMENTALE DE INSOLAȚIE ȘI CLIMĂ PE PARALELA 45°N

2.1. Temperatura ambiantă medie

Temperatura mediului ambiant a fost măsurată în grade Celsius, cu termometre cu mercur plasate în cutii cu caneluri vopsite în alb și așezate la umbră, pe stâlpi cu înălțimea de 1,5 m. Măsurătorile au condus la mediile multianuale ale temperaturilor caracteristice lunilor anului, $\langle t_{amb} \rangle$ [°C].

În figura 1 se arată histograma temperaturii medii ambiante, în funcție de lunile anului. În lunile iunie, iulie și august, temperatura medie ambiantă satisface cerințele nivelului termic de confort. Temperatura medie ambiantă este mai mică decât 4°C doar trei luni pe an: decembrie, ianuarie și februarie.

2.2. Durata medie de strălucire

Durata medie de strălucire a Soarelui pe boltă, $\langle \tau_{str} \rangle$, a cărei valoare lunară este prezentată în figura 2, este utilă în heliotehnică deoarece arată timpul în care colectorul

solar beneficiază atât de radiația directă cât și de radiația difuză. Numărul anual al orelor de strălucire este $\langle \tau_{an, str} \rangle = 2153,7$ ore, iar fracția medie de insolație este $\langle f_{an, ins} \rangle = 0,481$.

Colectoarele solare funcționează optim în zilele cu cerul senin, precum și în zilele cu cerul senin și noros. Anual, numărul zilelor cu cerul senin sau senin și noros este $\langle N_{an, ins} \rangle = 274$. Valoarea ridicată a parametrului $\langle N_{an, ins} \rangle$ este un argument natural al posibilității de a dezvolta instalații heliotehnice pe teritoriul României.

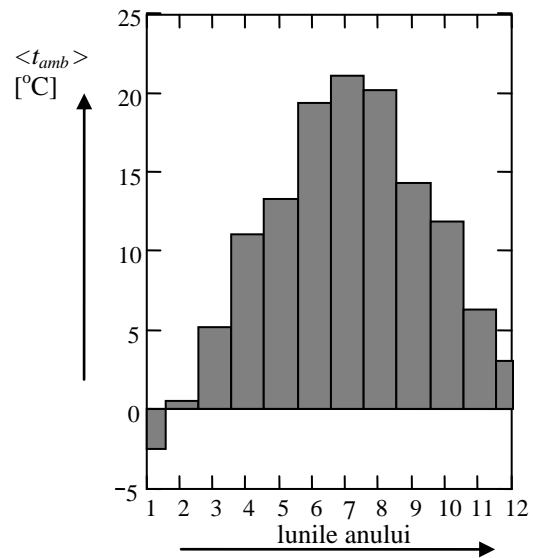


Fig. 1. Temperaturi medii ambiante caracteristice lunilor anului.

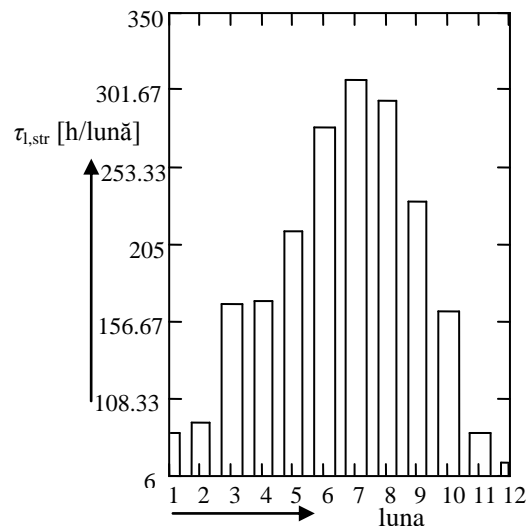


Fig. 2. Durate medii lunare de strălucire.

2.3. Viteza vântului

În tabelul 1 se arată viteza medie a vântului la diverse ore, în diverse anotimpuri. Prezența vântului impune

izolarea eficientă a pereților plasați pe direcția principală a vântului.

Tabelul 1. Viteza medie a vântului, v [m/s] $\pm 0,1$ m/s

Ora zilei	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00
Sezonul					
Primăvară	1,2	2,1	2,3	2,3	2,2
Vară	1,1	1,8	2,4	2,3	2,1
Toamnă	1,0	1,5	2,2	2,2	2,0
Iarnă	1,5	1,8	1,9	1,8	1,8

2.4. Radiația solară

2.4.1. Calculul densității fluxului solar pe suprafețe cu orientări variate

Intensitatea radiației solare globale, G , în planul orizontal a fost măsurată cu solarimetrul în concepția proprie a Catedrei de fizică, numit SOLARIS 2.

Datele experimentale culese pe mai mulți ani au fost prelucrate statistic pentru a obține valorile caracteristice orare ale zilei medii a lunii considerate.

Componentele radiației globale sunt radiația directă, B , și radiația difuză, D . Radiația difuză este izotropă, iar radiația directă este direcțională și poate fi proiectată pe plane cu orientare variată.

În calcule s-a considerat că radiația difuză reprezintă o cincime din radiația globală, iar radiația directă este egală cu diferența dintre radiația globală și cea difuză:

$$D = G/5, \quad B = G - D. \quad (1)$$

Pe o suprafață orizontală, componenta directă a radiației solare, conform figurii 3, a este:

$$B_0 = B \cdot \cos \theta_0 \quad (2)$$

unde: B este densitatea fluxului solar pe suprafața normală la direcția propagării; B_0 – densitatea fluxului solar pe suprafața orizontală; θ_0 – unghiul de incidență al radiației pe suprafața orizontală (fig. 3, a). Unghiul de incidență al radiației pe suprafața orizontală se calculează cu relația:

$$\cos \theta_0 = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega. \quad (3)$$

Unghiul de incidență al radiației pe suprafața orizontală este complementar unghiului de înălțare a Soarelui pe boltă, α , adică $\sin \alpha = \cos \theta_0$.

Mărimea δ este declinația Soarelui pe boltă:

$$\delta[\text{rad}] = \pi \frac{23,45}{180} \sin \left(2\pi \frac{284+n}{365} \right) \quad (4)$$

unde, n este numărul zilei din an și se calculează cu relația:

$$n = 30,416(\ell - 1) + \chi, \quad (5)$$

în care: ℓ este luna din an $\ell \in (1...12)$; χ – numărul zilei din luna respectivă.

Mărimea φ este latitudinea; pentru Timișoara, $\varphi = 45,73^\circ \text{N}$.

Unghiul orar, ω , este dat de relația:

$$\omega = \frac{\pi}{12} (\tau_s - \tau_0), \quad (6)$$

în care τ_s este timpul solar (ora solară); τ_0 – amiaza solară: $\tau_0 = 12$.

Unghiul de incidență, θ , al radiației pe o suprafață înclinată (fig. 3b), este:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \sin \varphi \cos s - \\ & - \sin \delta \cos \varphi \sin s \cos \gamma + \\ & + \cos \delta \cos \varphi \cos s \cos \omega + \\ & + \cos \delta \sin \varphi \sin s \cos \gamma \cos \omega + \\ & + \cos \delta \sin s \sin \gamma \sin \omega. \end{aligned} \quad (7)$$

unde: γ este unghiul azimutal al suprafeței; s – unghiul de înclinare al planului față de planul orizontal.

Intensitatea radiației solare directe pe o suprafață înclinată, B_s , este:

$$B_s = B \cdot \cos \theta. \quad (8)$$

Densitatea globală a fluxului pe o suprafață înclinată este:

$$G = B_s + D_s + A_s \quad (9)$$

unde: A_s este intensitatea radiației solare reflectate de sol și interceptate de suprafața înclinată:

$$A_s = \frac{b(1 - \cos s)}{2} B_0, \quad (10)$$

unde b este un factor adimensional care ține seama de locul în care este plasat colectorul, de exemplu pentru cazul ciment-beton, $b = 0,55$.

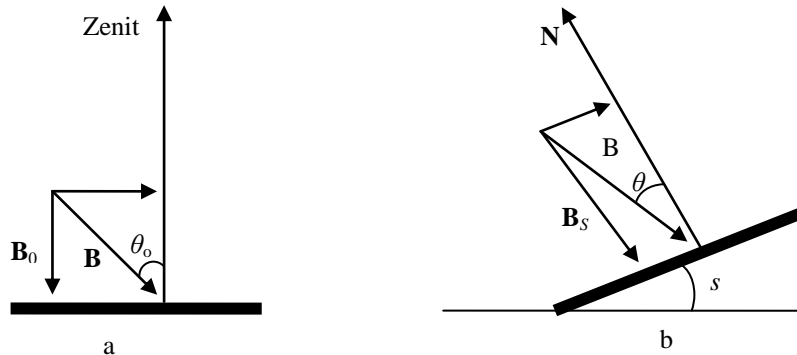


Fig. 3. Radiația solară pe suprafața orizontală 3(a) și înclinată 3(b).

2.4.2. Densitatea fluxului solar pe elementele de construcție ale unei case

Datele experimentale obținute cu aparatul Solaris 2 au fost prelucrate cu ajutorul relațiilor (1–10), folosindu-se următoarele ipoteze simplificatoare:

- densitatea fluxului solar este constantă în decurs de o oră, este notată cu G_h și este egală cu intensitatea determinată la mijlocul intervalului;
- energia solară orară pe suprafața unitară cu orientare oarecare este $q_h = 3600 \cdot G_h$;
- energia diurnă pe suprafața unitară este $q_d = n \cdot q_h$, unde n este numărul intervalelor de o oră; în cazul dat, $n = 9$;
- în timp de o lună, energia pe suprafața unitară este $q_l = N_{ins} \cdot q_d$; N_{ins} este numărul zilelor cu cerul senin sau senin și noros dintr-o lună;
- lunile calendaristice au același număr de zile, $m = 30,4$;
- energia anuală pe unitatea de suprafață este:

$$q_{am} = \sum_1^{12} q_l ;$$

- în aplicațiile tehnologice ale radiației solare se consideră numai intervalele pentru care densitatea fluxului solar este mai mare de 200 W/m^2 .

A. Intensitatea medie orară a radiației solare directe

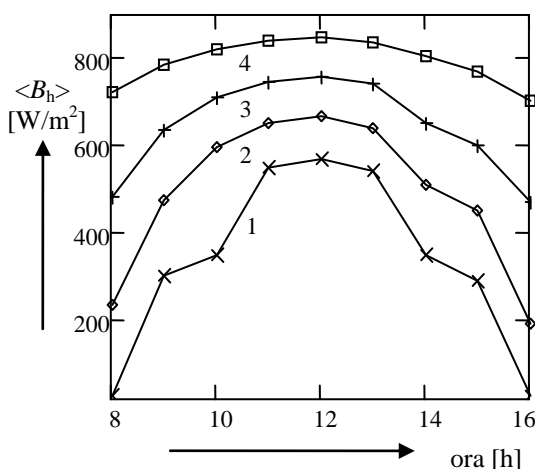


Fig. 4. Intensitatea radiației solare pentru ziua medie a lunilor: ianuarie – 1, februarie – 2, martie – 3, iunie – 4.

Numărul intervalelor orare pentru care s-a măsurat radiația solară, în zile senine sau senine și noroase, în planul orizontal este i ; $i = (1-9)$.

Valorile măsurate ale densității fluxului radiant s-au notat cu $G_{h,i}$. Media valorilor măsurate pentru o oră dată, de la o zi la alta, în decursul unei luni, $\langle G_h \rangle$, este media orară. Mulțimea mediilor orare determină ziua medie a lunii respective este:

$$\langle G_h \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n G_{h,i} \quad (11)$$

unde n este numărul de zile cu măsurători în luna respectivă.

Intensitatea radiației solare directe s-a calculat cu formulele (1–4).

În figura 4 se arată variația intensității medii a radiației solare directe pentru zilele medii ale lunilor: ianuarie – curba 1, februarie – curba 2, martie – curba 3, iunie – curba 4. Cele mai mici valori ale intensității medii orare sunt în luna decembrie, și anume, $2,27 \text{ W/m}^2$ (ora 8). Cele mai mari valori ale intensității medii orare sunt în luna iunie, și anume, $846,4 \text{ W/m}^2$ (ora 12). Totuși, și în lunile de iarnă, la amiază, intensitatea atinge valoarea de 571 W/m^2 .

B. Densitatea fluxului solar global pe peretele de sud al casei

Cunoscând intensitatea medie a radiației solare, cu formulele (5–9) s-a calculat densitatea fluxului solar global pe peretele de sud al casei, $\langle G_{h,s} \rangle$ [W/m^2].

Radiația globală pe peretele de sud pentru ziua medie a lunilor: ianuarie, februarie, aprilie, iunie este arătată pe figura 5.

În lunile noiembrie, decembrie, ianuarie și februarie, densitatea fluxului depășește pragul de 200 W/m^2 numai în intervalul orar 9,00 – 15,00. La amiază, densitatea fluxului este maximă în lunile februarie, $693,1 \text{ W/m}^2$, și octombrie, $717,3 \text{ W/m}^2$. Densitatea scade în lunile de vară, iar în luna iunie, la amiază, ajunge la $503,8 \text{ W/m}^2$.

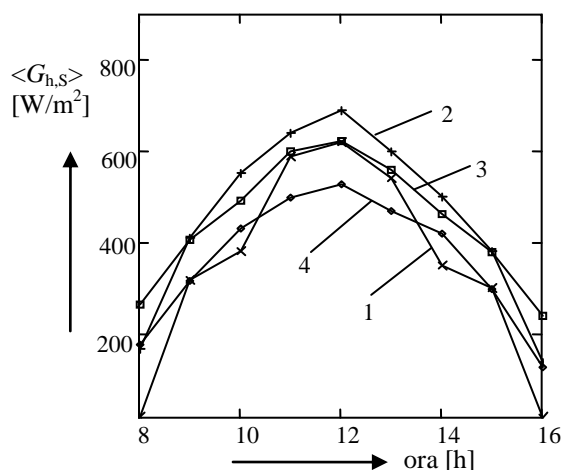


Fig. 5. Radiatia globală pe peretele de sud, pentru ziua medie a lunilor: ianuarie – 1, februarie – 2, aprilie – 3, iunie – 4.

C. Densitatea fluxului solar global pe pereții est și vest ai casei

Variația densității fluxului radiant solar pe peretele de est al clădirii, $\langle G_{h,E} \rangle$ [W/m^2], determinată pe baza măsurătorilor cu formulele (1–9), este arătată în figura 6 pentru lunile: ianuarie, martie, mai, iulie.

Dimineața, fluxul solar mediu are valorile cele mai mari: $714 W/m^2$, în iulie, mai mult de $650 W/m^2$ în lunile aprilie, mai iunie, august. Radiația scade spre orele 11, dar, și la această oră, pentru toate lunile anului, densitatea medie este mai mare de $200 W/m^2$.

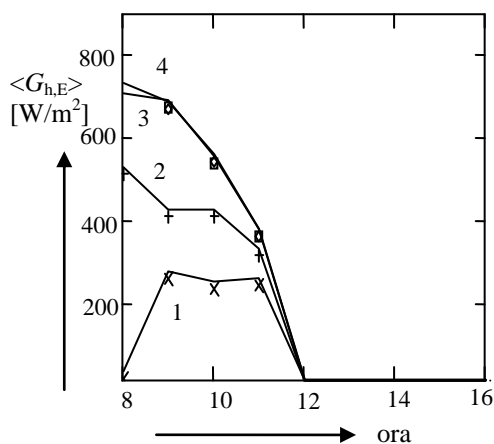


Fig. 6. Radiatia globală pe peretele estic al casei, pentru ziua medie a lunilor: ianuarie – 1, martie – 2, mai – 3, iulie – 4.

Pentru peretele vestic, radiația solară este nulă până la amiază, apoi crește și scade până la anulare, la asfințit. La orele 16, densitatea medie orară a fluxului depășește $600 W/m^2$ pentru lunile aprilie, mai, iunie, iulie, august. Densitatea medie orară este maximă în iulie, $711,3 W/m^2$, la ora 16.

D. Densitatea fluxului solar global pe o suprafață orientată spre sud și înclinată cu 45 grade (acoperișul casei)

Captatorii solari sunt orientați spre sud și înclinați la 45° , pentru ca energia solară incidentă pe aceștia în decursul unui an să fie maximă.

În figura 7 se arată variația medie orară a densității fluxului radiant solar pentru lunile: august, curba 1; septembrie, curba 2; octombrie, curba 3 și noiembrie, curba 4.

Valorile cele mai mari ale densității radiante medii orare sunt în lunile aprilie și august, mai mult de $950 W/m^2$, la amiază.

E. Energia solară medie incidentă diurn pe unitatea de arie a elementelor de construcție

Energia solară incidentă pe suprafața unitară a elementelor de construcție în decursul zilelor medii ale lunilor calendaristice s-a calculat cu relația:

$$\langle q_{d,i} \rangle = 3600 \sum_{h=1}^{h=k} \langle G_{h,i} \rangle \quad (12)$$

în care: k este numărul de ore din ziua medie a lunii precizate, pentru care densitatea medie a fluxului radiant pe elementul de construcție luat în calcul depășește pragul limită de $200 W/m^2$; i – numărul de ordine al lunii anului: $i = (1-12)$.

Variația energiei medii diurne, de la o lună la alta, pe elementele de construcție, este arătată în figura 8.

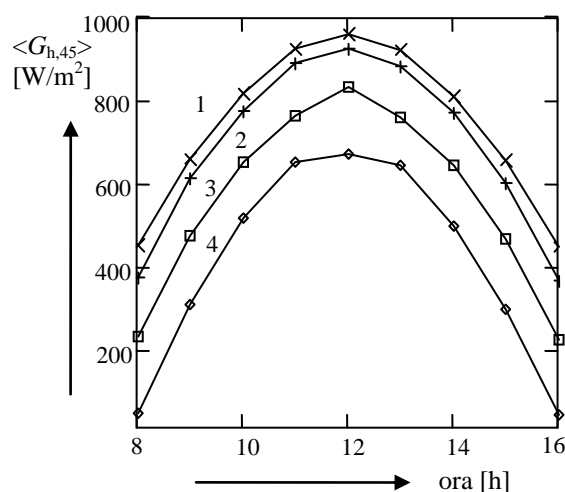


Fig. 7. Radiatia solară pe o suprafață orientată spre sud, înclinată cu 45 grad pentru ziua medie a lunilor: august – 1; septembrie – 2; octombrie – 3; noiembrie – 4.

Pe peretele de sud, energia incidentă este maximă în lunile: martie, septembrie, octombrie și atinge $16,55 MJ/m^2$ -zi în septembrie. În lunile de vară este în scădere și este

minimă în iulie: 10,27 MJ/m²·zi. Pe pereții de est și de vest, energia incidentă este în creștere din lunile de iarnă spre cele de vară. Maximul este atins în luna iunie: 8,26 MJ/m²·zi. Minimul energiei incidente este atins în decembrie: 1,75 MJ/m²·zi. Pe suprafața înclinată la 45 grd și orientată spre sud, energia incidentă crește începând din ianuarie și este maximă în lunile de vară. Maximul este atins în luna iulie: 24,09 MJ/m²·zi. În luna decembrie, energia incidentă este minimă: 9,86 MJ/m²·zi.

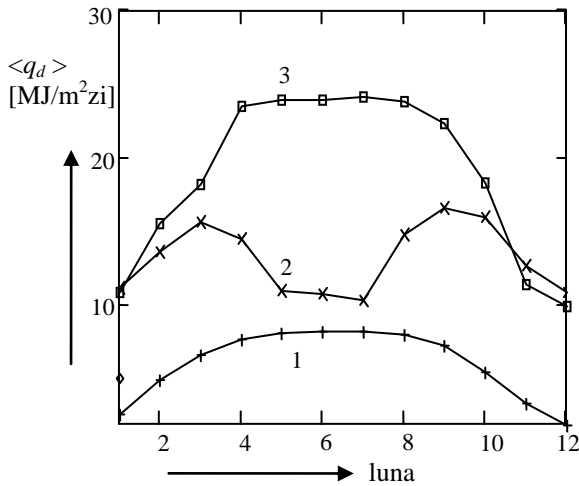


Fig. 8. Energia medie incidentă diurnă, în funcție de lunile anului, pe elementele de construcție: pereți est și vest - 1; perete sud - 2; suprafață sud, 45 grd - 3.

F. Energia solară medie incidentă lunar pe elementele de construcție

Energia solară medie incidentă lunar pe unitatea de suprafață a elementelor de construcție, $\langle q_l \rangle$ [MJ/m²·lună], s-a calculat cu formula:

$$\langle q_{l,i} \rangle = N_i \langle q_{d,i} \rangle \quad (13)$$

în care: i indică numărul de ordine al lunii anului; valorile pentru $q_{d,i}$ au fost calculate în paragraful precedent; N_i - numărul de zile cu cerul senin sau senin și noros din luna respectivă.

În figura 9 se arată variația energiei medii incidente pe suprafața unitară a elementelor de construcție de la o lună la alta.

Pe peretele de sud, energia are valorile mai mari în lunile de primăvară și toamnă, și anume, 413,75 MJ/m²·lună. În luna de vară, energia incidentă are cea mai mică valoare în luna iunie, 267,25 MJ/m²·lună. Pe peretele sudic, energia incidentă are valori semnificative și în lunile de iarnă, ca de exemplu 241,49 MJ/m²·lună, în luna noiembrie.

Pe pereții de est și vest, energia medie incidentă pe unitatea de arie are valorile cele mai mari vara, ca de

exemplu, 231,00 MJ/m²·lună în luna iulie. În lunile de iarnă, energia incidentă este mai mică decât 95 MJ/m²·lună.

Pe suprafața orientată spre sud și înclinată cu 45°, energia incidentă pe unitatea de arie are valorile cele mai mari. Aceasta crește din lunile de iarnă spre cele de vară, apoi scade. Valoarea maximă este atinsă în luna iulie și este de 674,52 MJ/m²·lună. În lunile de iarnă, energia se menține la valori apropiate de 200 MJ/m²·lună.

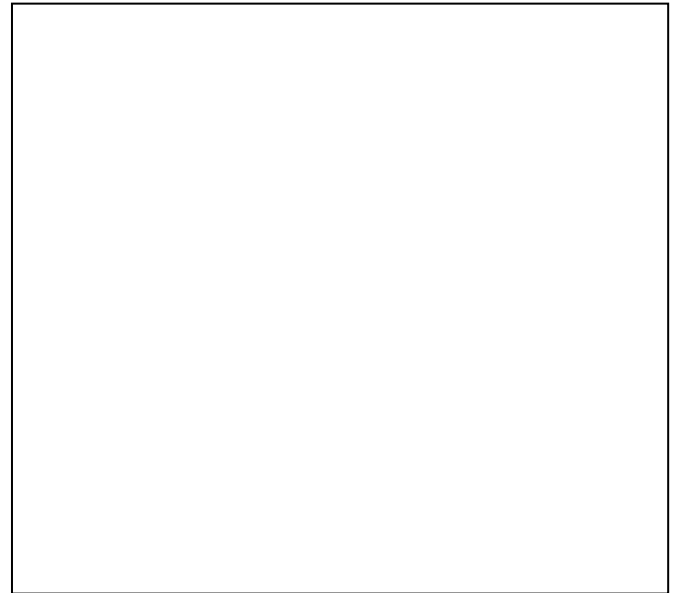


Fig. 9. Energia solară medie incidentă lunar pe elementele de construcție: pereții est și vest - 1; peretele sud: - 2; suprafața de sud, 45 grd - 3.

G. Energia solară medie incidentă anual pe elementele de construcție

Energia solară medie incidentă lunar pe unitatea de arie a elementelor de construcție s-a calculat prin sumarea energiilor medii lunare pe suprafața unitară a elementelor de construcție:

$$\langle q_{anual,element} \rangle = \sum_{i=1}^{12} \langle q_{l,element} \rangle \quad (14)$$

În figura 10 se arată histograma energiei medii anuale pe suprafața unitară a elementelor de construcție, în funcție de unghiul azimutal al planului: $\gamma = 0^\circ$ pentru peretele orientat spre sud; $\gamma = -90^\circ$ pentru peretele orientat pe direcția est; $\gamma = 90^\circ$ pentru peretele orientat pe direcția vest.

Dacă se consideră energia primită de peretele de vest ca unitate, atunci peretele sud primește de aprox. 2,1 ori mai multă energie, iar suprafața sud, înclinată cu 45°, primește de aprox. 3,9 ori mai multă energie.

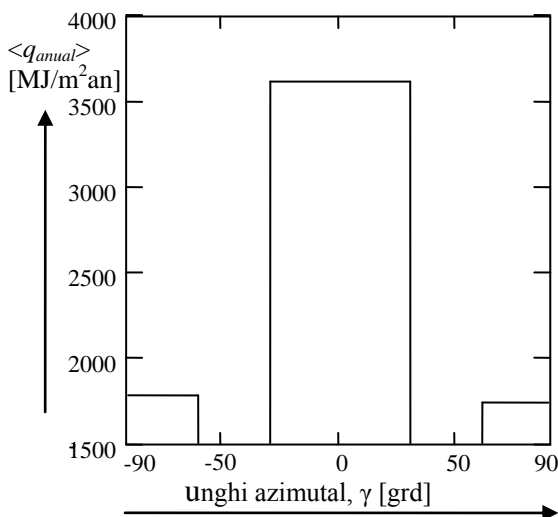


Fig. 10. Energia anuală incidentă pe elementele de construcție, în funcție de unghiul azimutal: $\gamma = -90^\circ$, perete est; $\gamma = 90^\circ$, perete vest; $\gamma = 0^\circ$, perete sud.

3. CASA PARȚIAL AUTONOMĂ ENERGETIC

3.1. Caracteristici constructive ale casei

Planul casei care face obiectul studiului este prezentat în Anexă. Figura A1 prezintă schița parterului, iar figura A2 prezintă schița mansardei. Casa este destinată unei familii de șase persoane [23].

Spațiile de la parter cuprind: cameră de zi, bucatărie, baie, depozit, spațiu tehnic, seră, precum și garajul. Peretele sudic este protejat la acțiunea factorilor de mediu cu o incintă cu pereți de glasvand. Spațiile de la mansardă cuprind: 3 dormitoare, 2 băi, hol, 2 depozite. Ferestrele și ușa de acces în clădire sunt etanșe la infiltrarea aerului și termoizolate la permeabilitatea căldurii, fiind realizate din sticlă termopan și tâmplărie PVC. Pereții sunt căptușiți cu polistiren celular, iar îmbinările pereților sunt căptușite cu vată minerală.

Caracteristicile constructive ale casei sunt:

- suprafața construită a parterului (pardoseala), $A_{\text{co,parter}} = A_1 = 112,60 \text{ m}^2$;
- suprafața construită a mansardei, $A_{\text{co,mansardă}} = A_2 = 97,27 \text{ m}^2$;
- înălțimea camerelor, $h = 3 \text{ m}$;
- volumul $V_{\text{co}} = V = 629,61 \text{ m}^3$;
- suprafața pereților exteriori, fără uși și ferestre, $A_{\text{pereți,ext}} = A_3 = 229 \text{ m}^2$;
- aria ferestrelor și ușii, $A_{\text{fer,ușă}} = A_4 = 23,60 \text{ m}^2$;
- aria benzii perimetrale cu lățimea de 1 m, $A_{\text{bandă,perimetrală}} = A_5 = 46,1 \text{ m}^2$;
- aria pardoselii și a pereților exteriori sub nivelul solului, $A_6 = 131,04 \text{ m}^2$;
- acoperișul este în coamă, cu două fețe, aria unei fețe este $A_7 = 90,66 \text{ m}^2$.

Pânza de apă freatică este la adâncimea mai mică de 4 m și are temperatura constantă, $t_{\text{freatic}} = t^* = 10^\circ \text{C}$.

3.2. Căldura necesară pentru asigurarea confortului termic al casei

În acest studiu, considerăm că senzația de confort termic este asigurată dacă temperatura aerului interior este menținută la $t_{\text{int.}} = t_1 = 20^\circ \text{C}$. Căldura cheltuită pentru menținerea acestei temperaturi în casă reprezintă căldura necesară Q_{necesar} . Diferența medie dintre temperatura interioară de 20°C și cea exterioară este:

$$\langle \Delta t \rangle = \langle \Delta T \rangle = \langle t_{\text{int}} \rangle - \langle t_{\text{ambient}} \rangle.$$

Pentru diminuarea intensității schimbului termic, la construcția clădirii se folosesc materiale clasice, pentru a asigura și rezistența mecanică, dar și materiale noi, cu proprietăți izolante sporite.

În tabelul 2 se arată proprietățile fizice ale materialelor folosite: grosimea stratului, δ , [δ] = 1 m și conductivitatea termică, λ , [λ] = 1 W/mK.

Tabelul 2. Proprietăți fizice de material

Parametrul / Materialul	δ [m]	λ [W/mK]
Cărămidă cu găuri verticale	0,40	0,58
Mortar de var	0,05	0,70
Bitum	0,10	0,17
Beton armat	0,30	1,62
Polistiren celular	0,05	0,035

Căldura pierdută, în unitatea de timp, dQ/dt [W], numai printr-un perete care delimitează încăperea este [20,21,22]:

$$\langle \dot{Q} \rangle = \sum A \cdot \frac{m_i}{R_i} (\langle T_{\text{int}} \rangle - \langle T_{\text{ext}} \rangle) \quad (15)$$

unde: m este coeficient de masivitate termică; A – arie; R – rezistență termică.

Mărimile din formula (15) pot fi grupate astfel:

$$- U = \sum \frac{m_i}{R_i}, \quad U \text{ [W/m}^2\text{K]} - \text{coeficientul pierderilor termice};$$

- $w = A \cdot U$, w [W/K] – un coeficient specific elementului de construcție cu aria A și coeficientul pierderilor termice U ;

- $\langle \Delta T \rangle = \langle T_{\text{int}} \rangle - \langle T_{\text{ext}} \rangle$.

Astfel, puterea pierdută de cameră, $\langle \dot{Q} \rangle$ [W], se calculează ușor cu formula:

$$\langle \dot{Q} \rangle = w \cdot \langle \Delta T \rangle \quad (16)$$

Rezistența termică, R , [R] = m^2K/W , a unui perete plan, compus din mai multe straturi cu conductivități diferite și grosimi diferite, se calculează cu formula:

$$R = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{1}{\alpha_{ext}} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (17)$$

în care: α_{int} este coeficientul schimbului superficial de căldură între aerul interior și fața interioară a peretelui, $\alpha_{int} = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$; α_{ext} – coeficientul schimbului superficial de căldură între aerul exterior și fața exterioară a peretelui, $\alpha_{ext} = 24 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Mărimea w specifică fiecărui element de construcție din componența unei case s-a calculat cu formula:

$$w = A \cdot U \quad (18)$$

Valorile mărimii w sunt date în tabelul 3.

Tabelul 3. Valorile mărimii w [W/K]

Elementul de construcție	Pereți exteriori	Tavan	Banda de contur	Ferestre, ușă	Pardo-seală
Simbol	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5
w [W/K]	87.02	41.83	54.86	14.16	35.37

De la aerul interior menținut la temperatura de 20°C , căldura se propagă spre mediul ambiant prin pereții exteriori, tavan, ușă, ferestre, banda perimetrală de contur și spre pânza de apă freatică prin pardoseală și sol.

Alte consumuri de căldură sunt:

- pentru încălzirea aerului infiltrat pe la rosturile ușii și ferestrelor;

- pentru încălzirea aerului pătruns în camere la deschiderea ușii exterioare;

- pentru încălzirea aerului care pătrunde în clădire prin ventilație.

Căldura transmisă, în unitatea de timp, prin tavan, pereți exteriori, ușă și ferestre este dată de formula:

$$\langle \dot{Q}_A \rangle = w \cdot \langle \Delta T \rangle \quad (19)$$

în care:

$$w = w_1 + w_2 + w_3 + w_4 \quad (20)$$

Densitatea fluxului transmis spre pânza freatică este

$$\langle \dot{Q}_B \rangle = w_5 \cdot (\langle T_{int} \rangle - T_{freatic}) \quad (21)$$

În condițiile date se obține:

$$\dot{Q}_B = 353,7 \text{ W} \quad (22)$$

Căldura pentru încălzirea aerului care pătrunde în cameră la deschiderea ușii exterioare este:

$$\langle Q_C \rangle = K \cdot A_{usa} \cdot n \cdot \langle \Delta T \rangle \quad (23)$$

unde: $K = 0,36 \text{ J/m}^2\text{K}$ este un coeficient; n – numărul de deschideri ale ușii exterioare, într-o zi; în condițiile date, considerând $n = 20$ deschideri/zi, se obține căldura consumată zilnic pentru încălzirea aerului care intră în clădire la deschiderea ușii:

$$\langle Q_C \rangle = 16,92 \cdot \langle \Delta T \rangle \text{ [J/zi]} \quad (24)$$

Ca urmare, puterea pentru încălzirea aerului care pătrunde în cameră la deschiderea ușii exterioare este

$$\langle \dot{Q}_C \rangle = 1,96 \cdot 10^{-4} \cdot \langle \Delta T \rangle \quad (25)$$

Pentru ventilare, se consideră că aerul interior este înlocuit o dată pe zi. Căldura consumată, într-o zi, pentru încălzirea aerului ventilat este:

$$\langle Q_D \rangle = V \cdot \rho \cdot c \cdot \langle \Delta T \rangle \quad (26)$$

unde: $V = 629,61 \text{ m}^3$ este volumul de aer; $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$ – densitatea aerului; $c = 1030 \text{ J/kgK}$ – căldura specifică a aerului.

În condițiile date, puterea pentru încălzirea aerului ventilat este:

$$\langle \dot{Q}_D \rangle = 32,52 \cdot \langle \Delta T \rangle \quad (27)$$

Deoarece ușa exterioară și ferestrele sunt din sticlă termopan cu tâmplărie PVC, considerăm că aerul din exterior nu se infiltrează pe la rosturile ușii și ferestrelor. În aceste condiții, puterea totală cheltuită, $\langle \dot{Q}_T \rangle$, pentru menținerea temperaturii interioare la 20°C este:

$$\langle \dot{Q}_T \rangle = \langle \dot{Q}_A \rangle + \langle \dot{Q}_B \rangle + \langle \dot{Q}_C \rangle + \langle \dot{Q}_D \rangle \quad (28)$$

Căldura cheltuită orar este:

$$\langle Q_{h,necesar} \rangle = 3600 \cdot \langle \dot{Q}_T \rangle \quad (29)$$

Căldura cheltuită diurn este:

$$\langle Q_{d,necesar} \rangle = 24 \cdot \langle Q_h \rangle \quad (30)$$

Căldura cheltuită lunar este:

$$\langle Q_{l,necesar} \rangle = 30,4 \cdot \langle Q_d \rangle \quad (31)$$

Căldura cheltuită anual este:

$$\langle Q_{anual,necesar} \rangle = \sum \langle Q_l \rangle \quad (32)$$

În figura 11 se arată variația lunară a cantităților medii de căldură necesare pentru menținerea confortului termic în casă. Cele mai mari cantități de căldură sunt necesare în lunile decembrie, ianuarie și februarie, și anume, mai mult de 11 GJ/lună . Cantitățile de căldură necesare în lunile mai și septembrie sunt mai mici de 5 GJ și, prin educația populației, pot fi eliminate.

4. INSTALAȚIA SOLARĂ PENTRU ÎNCĂLZIREA CASEI

Pentru asigurarea autonomiei energetice a casei relativ la încălzire, se propune realizarea unei instalații solare cu colectori tipul SOL58/1800/24, cu aria unui modul $A_{modul} = 3,6 \text{ m}^2$, disponibil pe piață. Colectorii vor fi instalați pe acoperișul înclinat cu 45° . Aria de colectare va fi de 25 m^2 . Numărul modulelor este 7. Pentru stocarea căldurii se vor folosi 6 rezervoare sub presiune, cu capacitatea fiecăruia de 200 l. Boilerele vor fi instalate în spațiile tehnice de la mansardă – 3 bucăți, și de la parter – 3 bucăți. Încălzirea se face prin podea sau cu calorifere sub ferestre.

Diagrama instalației solare de încălzire este prezentată în figura 12. Elementele din figură sunt: colectorul solar – 1; vasul cu lichid la suprapresiune – 2; boilerulele cu apă fierbinte – 3; caloriferele – 4; circuitul primar al agentului de lucru – 5; circuitul secundar al apei calde – 6.

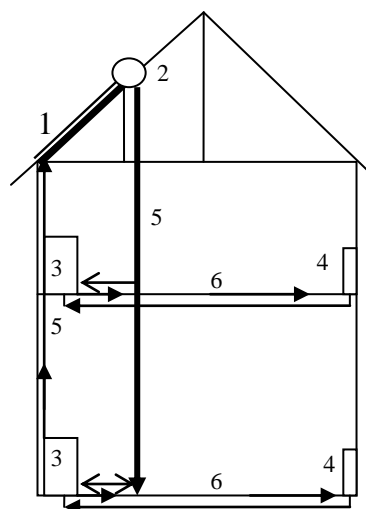


Fig. 12. Instalația solară de încălzire:
1 – colector; 2 – vas; 3 – boilerule; 4 – calorifere;
5 – circuit primar; 6 – circuit secundar.

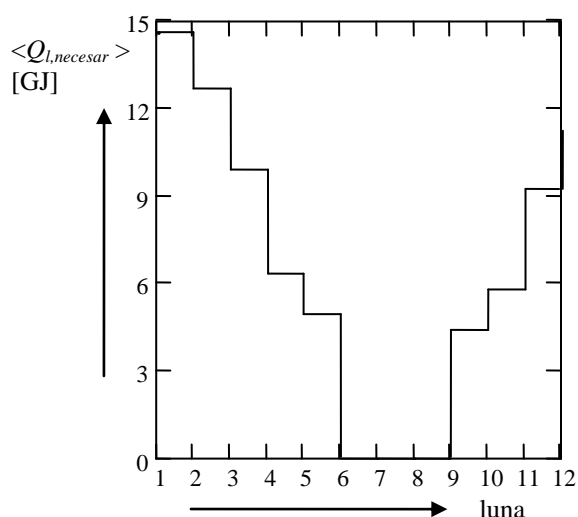


Fig. 11. Variația lunară a cantităților de căldură pentru asigurarea confortului termic al casei.

Căldura utilă medie a câmpului de colectare în fiecare lună se calculează cu relația:

$$\langle Q_{l,util} \rangle = \eta_C \cdot \eta_R A_{1,colectare} \cdot \langle q_{l,45} \rangle \quad (33)$$

în care: $\eta_C = 0,50$ este randamentul captatorilor; $\eta_R = 0,80$ – randamentul rezervorului; $A_{1,colectare} = 25 \text{ m}^2$; $\langle q_{l,45} \rangle$ – energia solară medie primită în decurs de o lună de suprafața unitară de acoperiș.

Fracțiunea de acoperire, $\langle f'_{l,termal} \rangle$, din necesarul energetic cu energie de proveniență solară este:

$$\langle f'_{l,termal} \rangle = \langle Q_{l,util} \rangle / \langle Q_{l,necesar} \rangle \quad (34)$$

Mărimea $\langle f'_{l,termal} \rangle$ caracterizează gradul de autonomie calorică al casei.

În figura 13 este arătată variația lunară a mărimii f . Anual, ponderea energiei de proveniență solară relativ la energia necesară pentru climatizarea clădirii este de aprox. 44 %.

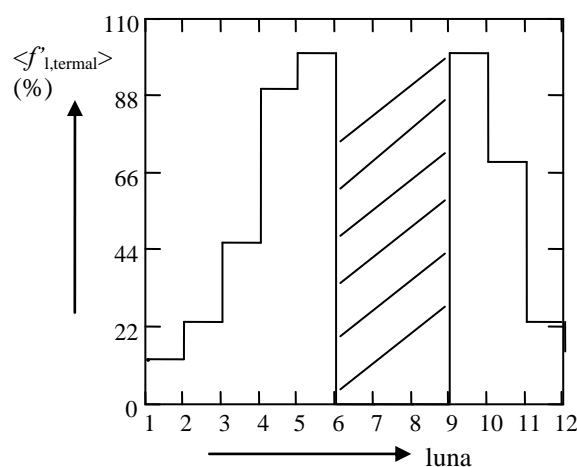


Fig. 13. Variația lunară a mărimii $\langle f'_{l,termal} \rangle$.

5. ENERGIA TERMICĂ NECESARĂ PENTRU PREPARAREA APEI CALDE MENAJERE

Cantitatea de căldură necesară pentru încălzirea apei a fost calculată utilizând următoarele ipoteze simplificatoare:

- numărul persoanelor beneficiare este șase;
- o persoană cheltuiește zilnic cantitatea de apă caldă de 40 l, la temperatura de 50°C ;
- temperatura apei care intră în instalație variază cu anotimpul, astfel: $t_{intr,iarna} = t' = 10^\circ \text{C}$, în lunile de iarnă (noiembrie, decembrie, ianuarie, februarie); $t_{intr,primavara} =$

$= t'' = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, în lunile de primăvară și toamnă (septembrie, octombrie, martie și aprilie); $t_{\text{intr.vara}} = t''' = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, în lunile de vară (mai, iunie, iulie și august).

Căldura necesară zilnic pentru încălzirea apei este:

$$\langle Q'_{d,necesar} \rangle = m \cdot c \cdot \langle \Delta T \rangle \quad (35)$$

unde: $m = 240\text{ kg}$; $c = 4200\text{ J/kgK}$; $\langle \Delta T \rangle = 40\text{ K}$, iarna; $\langle \Delta T \rangle = 35\text{ K}$, primăvara și toamna; $\langle \Delta T \rangle = 30\text{ K}$, vara.

Căldura necesară lunar pentru încălzirea apei este:

$$\langle Q'_{l,necesar} \rangle = 30,4 \cdot \langle Q'_{d,necesar} \rangle \quad (36)$$

Căldura necesară anual pentru încălzirea apei este:

$$\langle Q'_{an,necesar} \rangle = \sum \langle Q'_{l,necesar} \rangle \quad (37)$$

Cantitățile de căldură pentru încălzirea lunară a apei menajere sunt indicate în figura 14.

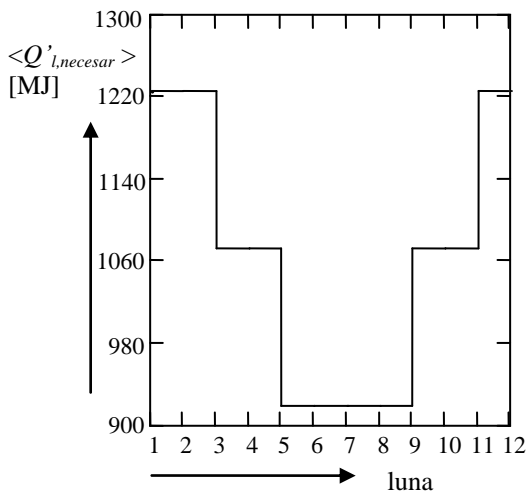


Fig. 14. Variația lunară a căldurii pentru încălzirea apei menajere.

Vara, cantitățile de căldură necesare lunar pentru încălzirea apei sunt cele mai mici, și anume, 919,3 MJ. Iarna, cantitățile de căldură necesare lunar pentru încălzirea apei sunt cele mai mari, și anume, 1225,7 MJ.

6. INSTALAȚIA SOLARĂ PENTRU PREPARAREA APEI CALDE MENAJERE

Instalația solară pentru prepararea apei calde menajere cuprinde:

- colectori SOL 58/1800, cu aria de $5,63\text{ m}^2$; tipul SOL58/1800/12; numărul modulelor este 4;
- două rezervoare cu volumul de 200 l;
- două distribuitoare;
- conducte.

Colectoarele sunt montate pe acoperișul casei.

Căldura utilă a câmpului de colectare, în fiecare lună, $Q'_{l,util}$, se calculează cu relația:

$$\langle Q'_{l,util} \rangle = \eta_C \cdot \eta_R A_{2,colectare} \cdot \langle q_{l,45} \rangle \quad (38)$$

în care: $\eta_C = 0,50$ este randamentul captatorilor; $\eta_R = 0,80$ – randamentul rezervorului; $A_{2,colectare} = 5,63\text{ m}^2$; $q_{l,45}$ – energia solară medie primită în decurs de o lună de suprafața unitară de acoperiș.

Fracțiunea de acoperire, f'' , din necesarul energetic cu energie de proveniență solară este:

$$f''_l = Q'_{l,util} / Q'_{l,necesar} \quad (39)$$

În figura 15 este arătată variația lunară a fracțiunii de acoperire a necesarului energetic cu energie de proveniență solară. În anotimpul verii, instalația solară compensează complet necesarul de energie termică pentru încălzirea apei. Se constată un aport solar ceva mai mic de 100 % în luna iunie. În timpul toamnei și primăverii, aprox. 60 % din necesarul energetic pentru prepararea apei este satisfăcut prin aport solar. În timpul iernii, ponderea energiei solare în energia necesară pentru prepararea apei calde depășește 20 %.

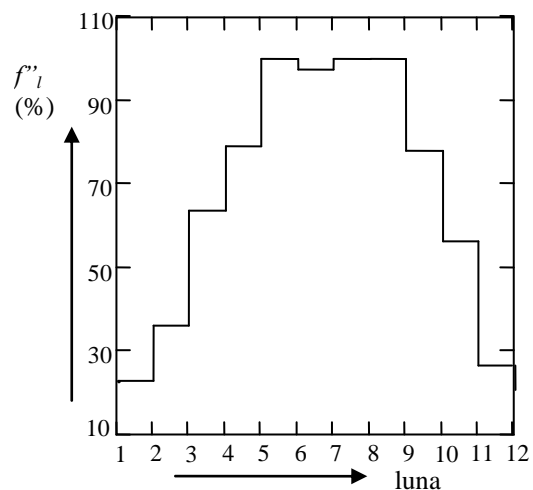


Fig. 15. Variația lunară a mărimii f''_l .

7. CONCLUZII

Valorile medii lunare ale temperaturii mediului ambiant acoperă plaja de la $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ianuarie) până la $21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (iulie). Valori medii negative ale temperaturii ambiante se înregistrează numai în luna ianuarie. Durata medie de strălucire a Soarelui este de 2153,7 ore. Frația medie de insolație este 0,481. Numărul mediu anual al zilelor cu cerul senin și senin/noros este 274.

Instalațiile solare cu acumulatori termici au posibilitatea de a furniza energie termică atât în zilele cu insolație cât și în zilele cu cerul acoperit.

Viteza medie a vântului este cuprinsă între 1 și 2,4 m/s. Prezența vântului impune ca pereții clădirilor să fie protejați cu spații vitrate (mici sere).

Maximul radiației solare directe este de 846,3 W/m² – iunie, ora 12.

În lunile de iarnă, radiația solară este utilizabilă în intervalul orar 09 a.m. – 03 p.m.

Pe elementele constructive ale unei case, energia solară incidentă este maximă pentru acoperișul orientat spre sud și înclinat la 45 grd.

Astfel, în ziua medie a lunii iulie, energia incidentă, pe unitatea de arie a acoperișului, este de 24,04 MJ/m²zi; în luna iulie energia incidentă pe aria unitară este 674,52 MJ/m²lună, iar energia incidentă anual pe unitatea de arie a acoperișului este de 5,38 GJ/m²an.

Casa solară studiată are suprafața de pierderi a căldurii egală cu 429,74 m².

Rezistența termică la permeabilitatea căldurii variază de la un element de construcție la altul, între 0,834 și 3,72 m²K/W.

Coefficienții de pierderi termice variază între 0,38 și 1,19 W/m²K.

Căldura medie consumată anual pentru încălzirea casei este de 79,00 GJ/an.

Instalația solară SOL 58/1800, echipată cu colector cu heat – pipe, cu tuburi vidate și cu rezervoare pentru stocarea căldurii, de suprafață de 25 m², furnizează 34,64 GJ/an, care reprezintă 43,84 % din căldura necesară. Energia termică medie necesară pentru producerea apei calde este 12,87 GJ/an. Instalația solară SOL 58/1800, cu aria de 5,63 m², furnizează 8,07 GJ/an. Aceasta reprezintă 62,75 % din energia termică necesară pentru producerea apei menajere.

BIBLIOGRAFIE

1. *** *Manual de Energia Solar Térmica*, IDEA, Madrid (1996).
2. Luminosu, I., Proiecte, sisteme și instalații în unele țări ale UE, *Instalații în construcții*, IV. 2/2004, pp. 24-28 (2004).
3. Stahl, W., Voss, K., Goetzberger, A., The self-sufficient solar house in Freiburg, *Solar Energy* 52 (1994)1, pp. 111-127 (1994).
4. Pedersen, P. V., Experience with a large solar DHW system in Denmark- The Nordic Solar Heating Demonstration Project, *Solar Energy* 50(1993)3, pp.259—267 (1993).
5. Lo, N.G., Deal, C.R., Norton, B., A school building reclad with thermosyphoning air panels, *Solar Energy* 52 (1994)1, pp. 49—59 (1994).
6. De Sabata, C., Mihalca, I., Marcu, C., Damian, I., Ercuța, A., Proprietăți optice ale cupolei de sticlă utilizată în construcția unui piranometru, *Sem.Mat.Fiz. IPT.* p.95-98, (1983).
7. De Sabata, C., Baea, R., Mihailovici, M., Boldan, M., Sur quelques mesurage experimentaux du rayonnement, *Sem. Mat. Fiz. IPT.*, p.83-87, (1982).
8. De Sabata, C., Marcu, C., et al., Asupra sensibilității spectrale a piranometrului Solaris – 2, *Sem. Mat. Fiz. IPT.*, p. 85-88 (1984).
9. De Sabata, C., Tămășdan, C., Terniceanu, C., An analytical Evaluation of the maximum incident Solar Energy on Earth, *Bul. St. Tehn. IPT.* T 35(49) I-II p. 131-133. (1990).
10. De Sabata, C., Marcu, C., Luminosu, I., Tămășdan, C., Sayti, L., On the spectral sensitivity of the „Solaris 2 ” pyranometer, *Buletinul Științific al Universității Politehnica din Timișoara*, Noiembrie, pp. 85-88 (1984).
11. De Sabata, C., Marcu, C., Rothenstein, B., Luminosu, I., Tămășdan, C., Schrech, I., Actinometru portabil pentru măsurarea intensității radiației solare- Solaris 2, Certificat de inovator Nr. 100 (1984).
12. De Sabata, C., Marcu, C., Luminosu, I., Solar energetics at the “Politehnica” University Timișoara, *RSEE '98, Second Intern. Conf on Renewable Sources and Environmental Electrotechnologies*, pp. 45-49, Oradea (1998).
13. De Sabata, C., Luminosu, I., Mihalca, I., Ercuța, A., Fenomene termice în partea activă a unor modele de pereți T-M, *Buletinul Științific al Universității Politehnica din Timișoara*, Mai pp. 81-84, (1986).
14. De Sabata, C., Luminosu, I., Ercuța, A., Baea, R., Experimental study on Trombe wall efficiency concerning dwelling climatization, *Buletinul Științific al Universității Politehnica din Timișoara*, Mai, pp. 117-120 (1986).
15. De Sabata, C., Luminosu, I., Upon possibilities of partial air-conditioning of dwellings in the temperature area using passive techniques, *Simp. En. Solara*, Timisoara, pp. 25 – 28 (1989).
16. De Sabata, C., Luminosu, I., Complex Experimental Base for the Study of Heat Conversion and Solar Energy Storage, *Solar Energy in Romania 2* (1-2), pp.115 – 116 (1993).
17. De Sabata, C., Nagy, M., Majogan, V., “Contributions at studying of the house-heating by use of solar energy in Banat-Crișana (Ro and YU) “*International Conference, RSEE '96*, Oradea (1996).
18. De Sabata C., Marcu C., Luminosu I., Some industrial utilization of solar energy in south west Romania, *Renewable Energy*, 5, pp. 387-389 (1994).
19. De Sabata, C., Majogan, V., Asupra posibilităților de climatizare a locuințelor în sezoanele de trecere folosind energia termosolară stocată în bazine de piatră, *Vol. Simp.Internațional pt Construcții și confort ambiental* , AIIR + UPT, Timișoara 2-3. 04. (1992).
20. Savulescu, T. D., *Instalații de încălzire și ventilare*, Ed. Tehnică, București (1984).
21. Leonachescu, N., *Termotehnica* , Ed. Did. și Ped. București (1981).
22. Iliina, M., Bandrabur, C., Oancea, N., *Energii neconvenționale utilizate în construcții*, Ed. Tehnică, București (1987).
23. De Sabata, C., Luminosu, I., De Sabata, A., Palea, A., On the design of a solar, partially energetically independent house in the region of Banat, *Scientific Bulletin of the „Politehnica” University of Timișoara, România, Transactions on Mechanics* (in press) (2007).

ANEXĂ

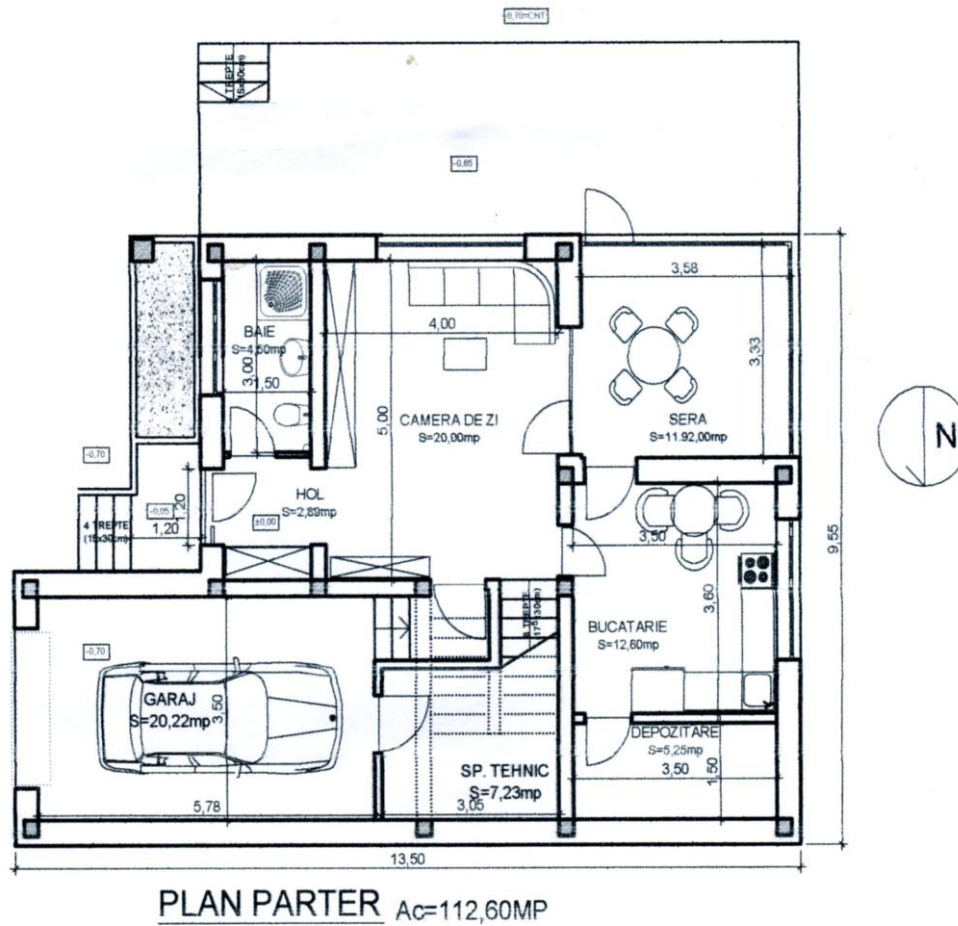


Fig. A.1. Planul parterului casei studiate.

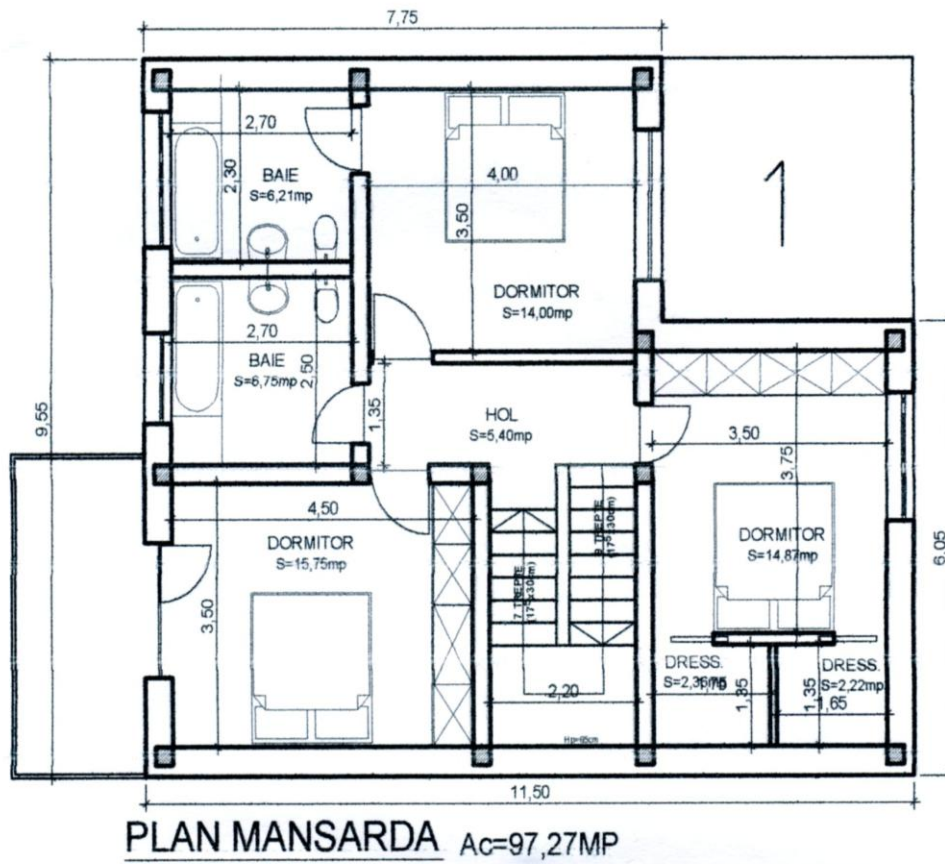


Fig. A.2. Planul etajului casei studiate.