GHID PENTRU CALCULUL CONSUMULUI DE CĂLDURĂ AL CLĂDIRILOR DOTATE CU SISTEME PASIVE DE ÎNCĂLZIRE SOLARĂ

Indicativ GP 017-1996

Cuprins

1. ELEMENTE GENERALE PRIVIND ÎNCĂLZIREA SOLARĂ CU SISTEME PASIVE DE CAPTARE A RADIAȚIEI SOLARE

Sistemele pasive de captare a radiației solare conțin elemente specializate care captează radiația solară, realizează conversia acesteia în căldură şi asigură transferul căldurii în spațiul locuit prin mijloace naturale bazate pe procesele fundamentale de transfer de căldură şi masa (conducție, convecție, radiație, difuzie) fără intervenția unor mijloace artificiale (pompe, ventilatoare, etc.). Procesul de captare şi conversie a radiației solare în căldură se bazează pe utilizarea efectului de seră specific unor materiale transparente (sticlă, policarbonat, plexiglas, etc.).

Casele solare indiferent de sitemul de captare a radiației solare care intră în componența acestora, fac parte din categoria construcțiilor cu caracteristici energetice conservative. Față de construcțiile conservative realizate în sistem constructiv convențional, casele solare se disting printr-o caracteristică geometrică specifică reprezentată de raportul dintre suprafața de captare a radiației solare A_{ps} şi volumul spațiului încălzit V. Pentru ca o construcție să fie construcție solară este necesar să se îndeplinească condiția:

(1)

În consecință performanța energetică a unei case solare se va considera reprezentativă dacă soluția constructivă se încadrează între limitele sus menționate.

Se disting, funcție de soluțiile tehnologice elaborate până în prezent, trei tipuri de sisteme pasive de captare a radiației solare utilizate pentru încălzirea unor spații locuite, după cum urmează:

- sistem indirect cu circulația controlată a aerului în sera captatoare (ex. sistem Trombe-Michel, sistem INCERC)

- sistem indirect fără circulația controlată a aerului în sera captatoare (ex. sistem "SPAȚIU SOLAR")

- sistem aport direct (ex. sistem ET- element transparent).

Cercetările efectuate au condus la concluzia că primele două tipuri de sisteme pot fi aplicate la construcția unor case noi de tip unifamilial conducând la reducerea importantă a consumului energetic pentru încălzire.

Sistemul aport direct, eficient în varianta ET, implică rezolvări arhitecturale speciale precum şi intervenții ale instalației de încălzire care necesită un foarte ridicat grad de automatizare.

Sistemul de încălzire solară pasivă INCERC şi SPAȚIUL SOLAR care fac obiectul prezentului ghid, beneficiază de analiza funcțională atât din punct de vedere teoretic cât şi din punct de vedere experimental pe suportul caselor solare româneşti construite în perioada 1974-1982. Practic relațiile de calcul care sunt cuprinse în actualul ghid reprezintă o prelucrare a modelelor matematice de simulare a funcționării sistemelor (SINCERC, INVAR, SPASOL, SIMULAT 3,4) elaborate în INCERC – Secția Instalații şi a datelor furnizate de experimentele de lungă durată desfăşurate pe suportul caselor solare CSI Câmpina şi CS3 Bucureşti.

Soluțiile de calcul termotehnic şi de proiectare a instalațiilor interioare de încălzire clasică cuprinse în ghidul de față permit şi efectuarea analizei economice a soluțiilor de case solare şi prin urmare dimensionarea optică a elementelor structurale componente şi a instalațiilor aferente caselor solare.

Instalația de încălzire se poate realiza atât în varianta clasică cu agent termic lichid cât şi în varianta utilizării sobelor electrice cu acumulare a căldurii, în cazul în care se dispune de tarif diferențiat a energiei electrice asociat cu o putere instalată proprie adoptării acestui tarif.

În general, casele solare reprezintă construcții cu confort sporit care implică investiții superioare față de construcțiile de locuit clasice. Pe de altă parte costurile de exploatare caracteristice caselor solare sunt sensibil reduse față de cele specifice construcțiilor clasice. Caracterul conservativ energetic a acestor construcții asociat soluției de utilizare eficientă a energiei mediului ambiant conduce la reduceri importante ale consumului de căldură pentru încălzire în raport cu construcții similare realizate conform tehnologiilor clasice. De asemenea dotarea caselor solare cu elemente de construcție cu funcțiuni inteligente fixe sau/şi mobile conduce şi la eliminarea disconfortului din sezonul cald, frecvent întâlnit în cazul caselor convenționale construite în zona de şes. Promovarea unor astfel de construcții moderne şi ecologice, în special în zona de deal, care reclamă un sezon de încălzire prelungit, poate conduce la reduceri spectaculoase ale consumului de combustibil pentru încălzire şi la promovarea unor tehnologii în domeniul instalațiilor termice.

[top]

2. DOMENIUL DE APLICARE ŞI CONDIȚII DE UTILIZARE

2.1. Sistemele pasive de încălzire solară care fac obiectul prezentului ghid sunt destinate încălzirii spațiului de locuit în sezonul rece.

2.2. Amplasarea locuințelor prevăzute cu sisteme pasive de încălzire solară se poate face pe teritoriul României fără restricții de ordin geografic. Ținând seama de eficiența sistemelor pasive de încălzire solară în harta din fig. 1 se prezintă zonarea energetică a României în care zona 0 este caracterizată de performanțe energetice maxime urmate în ordinea descrescătoare zonele I şi II.

2.3. Sistemele pasive de încălzire solară vor fi prevăzute la clădiri nou proiectate.

2.4. Clădirile de locuit dotate cu sisteme pasive de încălzire solară se vor încadra în regimul de înălțime parter sau parter şi etaj.

2.5. Sistemele pasive de încălzire solară vor fi incluse în fațadele verticale ale clădirilor orientate preferențial către sud.

2.6. Se va evita pe cât posibil amplasarea balcoanelor pe fațada sud a clădirilor dotate cu sisteme pasive de încălzire solară.

În cazul în care soluția de arhitectură impune amplasarea unor balcoane pe fațade care constituie suprafața de captare a radiației solare, se vor practica retrageri ale elementelor de fațadă astfel încât balcoanele să nu constituie obstacole în calea radiației solare (un exemplu de rezolvare în proiectul ataşat prezentului ghid).

2.7. Se recomandă amplasarea încăperilor cu funcțiuni anexate (bucătării, băi, WC, etc.) la fațada nord a clădirilor dotate cu sisteme pasive de încălzire solară.

2.8. Amplasarea clădirilor dotate cu sisteme pasive de încălzire solară trebuie să respecte condiția de a nu se umbri reciproc şi nici să nu fie afectate de umbre din partea unor obstacole naturale cu excepția arborilor (care-şi pierd frunzele în timpul iernii) – sau artificiale din zonă, pe întreaga perioadă de funcționare. Determinarea distanțelor minime de amplasare se face conform prevederilor anexei 1 din prezentul ghid.

2.9. Nu se recomandă amplasarea clădirilor de locuit dotate cu sisteme pasive de încălzire solară în zone de degajări mari de praf, fum etc.

[top]

3. CLASIFICAREA SISTEMELOR PASIVE DE ÎNCĂLZIRE SOLARĂ

3.1. Sistemele pasive de încălzire solară care fac obiectul prezentului ghid, se clasifică după cum urmează:

a. sisteme pasive de tip INCERC (indirect cu circulația controlată a aerului în sera captatoare)

b. sisteme pasive de tip "spațiu solar" (indirect fără circulația controlată a aerului în sera captatoare).

3.2. Sistemele pasive prevăzute la art. 3.1. se amplasează pe fața de sud a clădirii. Se admite amplasarea acestor sisteme şi pe fațade a căror proiecție în plan orizontal a normalei la suprafață se abate cu ± 15° față de direcția sud; pentru sistemele prevăzute la pct. 3.1.b se admite amplasarea acestora şi pe fațadele E şi V.

[top]

4. ALCĂTUIREA SISTEMELOR

4.1. Sistem pasiv de tip INCERC

Sistemul pasiv de tip INCERC are următoarea alcătuire:

a. perete captator format din două straturi:

- un strat adiacent spațiului din cărămidă sau cărămidă cu goluri cu grosimea de 0,30 m;
- un strat adiacent serei captatoare constituit din BCA tip GBN – 35 cu grosimea de 0,15 m a cărui suprafață exterioară este acoperită cu vopsea absorbantă mată.

Valorile coeficienților de absorbtivitate a radiației solare de undă scurtă "a", pentru câteva culori, sunt prezentate în tab. 1.

Tabel 1

Culoare	bej	gri, roşu	maron	albastru	verde	negru
a	0,47	0,67	0,71	0,75	0,77	0,92

b. sera captatoare constituită dintr-un vitraj dublu, foarte bine etanşat în raport cu exteriorul şi amplasată la distanță de 0,15 m față de peretele captator.
Vitrajul dublu poate fi constituit după cum urmează:

- geam termopan (2 foi);
- două foi de geam (sticlă) una cu grosimea de 0,003 m către spațiul serei şi cealaltă cu grosimea de maxim 0,005 m către exterior, distanța dintre geamuri fiind cca. 0,02 m;
- două folii transparente din materiale plastice care îşi păstrează transparența nealterată în timp (policarbonat, polimetilmetacrilat – plexiglas);
- folie de geam (către exterior) şi una transparentă din material plastic (către interior).

Sera captatoare se realizează sub formă de ochiuri (module) fixe şi mobile, respectându-se condiția ca suprafața umbrită datorată ramei de fixare a vitrajului să nu depăşească 5% din suprafața de captare. Ochiurile mobile sunt necesare pentru îndepărtarea prafului din spațiul serei şi curățirii feței interioare a geamului dinspre seră (Anexa 3).
La alegerea materialelor din care se realizează sera captatoare se va ține seama de proprietățile termofizice ale acestora în scopul înlăturării pericolului de deteriorare datorită dilatărilor şi contractărilor care se produc în timpul funcționării sistemului. Principalele proprietăți ale unor materiale folosite la realizarea serelor captatoare sunt prezentate în tab. 2 şi 3.
Tabel 2

Material / Proprietate	Sticlă	Policarbonat	Polimetacrilat
Temperatura maximă °C	204	110-132	82-88

Coeficient de dilatare [cm/cm K 10^{-6}]	72,4	67,5	73,8
Grosime [mm]	3,00	3,00	3,00
Greutate corespunzătoare grosimii [kg/m^2]	8,00	3,80	3,70
Coeficient de transmisivitate la incidența normală (-)	0,83-0,85	0,82-0,89	0,89

Tabel 3

Material / Proprietate	Oțel	Aluminiu	Lemn esență tare	Lemn esență moale
Densitate [kg/m^3]	7210	2740	370-1120	350-740
Coeficient de dilatare [cm/cm K 10^{-6}]	12,10	25,00	2,00-9,60	2,00-9,60

c. fante – de formă dreptunghiulară – pentru circulația aerului între spațiul de locuit şi sera captatoare prevăzute cu clapete mobile (fig. 2). Fantele de circulație a aerului se vor amplasa după cum urmează:

- fanta inferioară (de admisie a aerului din încăpere în spațiul serei) este amplasată într-un plan perpendicular pe suprafața peretelui captator, la cca. 0,05 m de planul pardoselei;
- fanta superioară (de refulare a aerului cald în spațiul de locuit este amplasată în planul peretelui captator, la minim 0,15 m şi maxim 0,5 m de planul tavanului, distanța fiind măsurată de la latura superioară a fantei la planul tavanului.
- dimensiunile recomandate ale fantelor pentru circulația aerului sunt următoarele:
- fanta inferioară are înălțimea de 0,3 şi lățimea de 0,12 m;
- fanta superioară are înălțimea de 0,2 m şi lățimea de 0,30 m.

Soluția tehnică de realizare a fantei inferioare va fi astfel concepută încât să asigure pierderi de sarcină minime pe traseul de circulație a aerului.
Peretele captator se realizează sub forma modulară, suprafața maximă a unui modul fiind de 6 m^2. Prin modul se înțelege elementul de captare a radiației solare care are în componență sa două fante de circulație a aerului (fanta inferioară, respectiv fanta superioară).
Pereții captatori sunt de tip opac. Între două module succesive se poate amplasa o fereastră dublă sau triplă având parapetul executat din material termoizolant.

4.2. Sistem pasiv de tip "SPAȚIU SOLAR"

Sistemul pasiv de tip "SPAȚIU SOLAR" (fig. 3) are următoarea alcătuite:
a. perete captator alcătuit din parte transparentă (ferestre, uşi). Partea opusă a peretelui captator este caracterizată de rezistența termică specifică corectată minimă R' = 1,2 m^2 K/W. R' se determină conform Normativului privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor.
Suprafața peretelui captator adiacentă spațiului serei este acoperit cu vopsea absorbantă mată (vezi pct. 4.1. a).
Partea transparentă a peretelui captator este reprezentată de ferestre (uşi) duble mobile.
b. sera captatoare construită dintr-un vitraj simplu realizat din sticlă cu grosimea de 0,005 m.
Sera captatoare se amplasează la o distanță minimă de 1 m față de peretele captator.
Sera captatoare se realizează din ochiuri (module) fixe şi mobile astfel încât suprafața celor mobile să reprezinte minim 60% din suprafața totală a vitrajului.
Soluția tehnologică de realizare a serei captatoare va asigura etanşarea la precipitații a acesteia (ploaie, zăpadă, etc.). De asemenea, soluția tehnologică trebuie să țină seamă de încărcarea cu zăpadă sau/şi de efectele datorate unor prescripții abundente (grindină) care să nu pericliteze integritatea serei.
Introducerea aerului proaspăt necesar realizării confortului fiziologic se asigură prin deschiderea ochiurilor mobile (vezi şi pct. 5.2.).
Se recomandă ca în perioada caldă a anului să se asigure deschiderea tuturor ochiurilor mobile în scopul ventilării spațiului serei.
4.3. Sera captatoare din structura ambelor sisteme se va proiecta şi executa astfel încât să se asigure securitatea atât a locatarilor cât şi a zonei din imediata vecinătate a construcției dotate cu sisteme pasive de încălzire solară.

4.4. Se recomandă ca la proiectarea clădirilor de locuit prevăzute cu sisteme pasive de încălzire solară, valorile rezistențelor termice specifice ale elementelor de construcție (opace sau transparente) altele decât cele solare, să fie cel puțin egale cu cele prevăzute în Normativul C 107/I-1994.
4.5. Se recomandă ca elementele mobile de închidere (uşi, ferester), să fie prevăzute cu garnituri de etanşare.
4.6. În cazul ambelor sisteme se recomandă ca elementele de construcție interioară să asigure o capacitate termică specifică minimă de 800 KJ/m^2 K cu referire la suprafața de captare a radiației solare.
4.7. Asigurarea microclimatului interior se realizează în principal cu ajutorul sursei clasice de încălzire, sistemul pasiv contribuind la reducerea consumului de combustibil necesar încălzirii clădirii.
În perioada de introducere a aerului proaspăt, se va întrerupe alimentarea cu căldură de la sistemul clasic.
În perioada în care în spațiul de locuit se introduce aer cald datorat sistemelor pasive, cu temperatură superioară temperaturii aerului interior, elementele de control şi reglaj reduc fluxul termic al sursei clasice de încălzire.
[top]

5. FUNCȚIONAREA SISTEMELOR PASIVE DE ÎNCĂLZIRE SOLARĂ

5.1. Funcționarea sistemului INCERC

În orele cu soare din sezonul de încălzire se deschid ambele clapete punându-se în legătură spațiul încălzit cu spațiul serei captatoare. Aerul din spațiul locuit pătrunde în spațiul serei captatoare şi capătă mişcare ascensională. Aerul cald rezultat este refulat în spațiul locuit. Amplasarea fantelor de absorbție şi refulare a aerului în planuri perpendiculare reciproc conduce la realizarea unei mişcări turbulente a aerului în sera captatoare. În orele fără soare clapetele cu care sunt prevăzute fantele de circulație a aerului se închid pentru a se evita aşa numitul efect de termosifon invers, care ar conduce la pătrunderea unui debit de aer cu temperatura inferioară aerului din spațiul încălzit.
Prin asigurarea închiderii şi deschiderii automate a fantelor de circulație a aerului se obține eficiența energetică maximă a sistemului.
Condiția de deschidere a fantelor este dată de inegalitatea:

Condiția de închidere a fantelor este dată de inegalitatea:

în care:
t_p – temperatura suprafeței absorbante a peretelui captator măsurată într-un punct situat la înălțimea de 0,50 m deaspra laturii superioare a fantei interioare în zona centrală a peretelui captator;
t_a – temperatura într-un punct amplasat pe suprafața interioară a peretelui captator corespunzător punctului care măsoară temperatura t_p.
În perioada caldă a anului ambele clapete vor fi închise etanş indiferent de valorile temperaturilor t_p şi t_a.

5.2. Funcționarea sistemului SPAȚIU SOLAR

În sezonul de încălzire se asigură închiderea completă a vitrajului serei în scopul realizării efectului de seră în orele cu soare. În spațiul închis cuprins între peretele captator şi vitraj se realizează la orice moment o temperatură a aerului superioară temperaturii exterioare. În orele cu soare, dacă tempeatura aerului din seră este superioară tempeaturii aerului din spațiul locuit, se deschid ferestrele sau/şi uşile care corespund cu spațiul serei, asigurându-se un flux termic de natură convectivă care reduce (sau anulează) fluxul termic cedat de instalația de încălzire clasică.
Pentru asigurarea confortului fiziologic, indiferent de valoarea temperaturii aerului din seră se deschid concomitent ochiurile mobile din componența vitrajului şi ferestrele sau/şi uşile încăperilor adiacente spațiului solar.
În sezon cald, prin îndepărtarea ochiurilor mobile ale vitrajului serei se va evita supraîncălzirea spațiului locuit.
Funcționarea sistemului nu necesită dotarea cu elemente de comandă automatizate.
În scopul facilitării pătrunderii aerului cald din spațiul serei captatoare în spațiul de locuit pe de o parte şi pentru evitarea pătrunderii aerului viciat din bucătării, băi, WC-uri, etc., se asigură evacuarea aerului viciat din aceste spații prin sisteme de ventilare naturală organizată sau sisteme de ventilare mecanică.
[top]

6. DETERMINAREA PERFORMANȚELOR ENERGETICE ALE SISTEMELOR PASIVE DE ÎNCĂLZIRE SOLARĂ

6.1. Elemente de calcul

Construcțiile dotate cu sisteme pasive de încălzire solară fac parte din categoria construcțiilor cu caracteristicile conservative din punct de vedere energetic. Construcțiile cu caracteristici conservative sunt caracterizate de consumuri energetice pentru încălzirea spațiului de locuit reduse, față de construcții similare în varianta convențională.
În general construcțiile cu caracteristicile energetice conservative se disting de cele convenționale prin următoarele elemente:

- protecția termică superioară;

- control îmbunătățit al ventilării spațiului încălzit;
- funcționarea automatizată a sursei de căldură şi contorizarea consumului de căldură;
- utilizarea rațională şi eficientă a energiei mediului înconjurător.

Construcțiile dotate cu sisteme pasive de încălzire solară sau în componența lor elemente specializate de captare şi conversie a radiației solare în căldură, acestea contribuind la reducerea consumului de căldură pentru încălzire propriu construcțiilor.
Funcția de soluție constructivă, elementele de captare a radiației solare reprezintă fie bariere termice, fie surse de flux termic care se adaugă celui cedat de sursa clasică în scopul realizării condițiilor de confort termic impus.
Cele două funcțiuni susmenționate sunt puse în valoare de soluția constructivă cât şi de condițiile climatice exterioare proprii zonei geografice în care se amplasează construcția. Rezultă că dotarea unor construcții cu sisteme pasive de captare a radiației solare conduce la reducerea consumului de căldură pentru încălzire în raport cu o construcție conservativă similară.
Performanța energetică a sistemelor pasive de încălzire solară este definită de următoarele mărimi:
- Eficiența energetică care reflectă reducerea pierderilor energetice anuale ale unei construcții dotate cu sisteme pasive de încălzire solară în raport cu o construcție similară (cu aceeaşi conformare şi rezistență termică a elementelor de închidere perimetrală) dar lipsită de dotări solare;
- Indicele specific de economie de combustibil care reprezintă economia de combustibil pentru încălzire reportată la suprafața de captare a radiației solare.
Determinarea mărimilor susmenționate permit proiectantului să decidă dacă adoptarea soluției de casă solară se justifică din punct de vedere economic. Criteriul de decizie îl constituie durata de amortizare a investiției suplimentare datorată sistemelor pasive de încălzire solară pe seama economiei de combustibil pentru încălzire.
Prezentul ghid are ca obiect determinarea economiei anuale de combustibil prin utilizarea sistemelor pasive de încălzire solară.
În cap. 6.2. se prezintă succesiunea calculelor necesare determinării economiei anuale de combustibil funcție de mărimea suprafeței de captare a radiației solare.

6.2. Etape de calcul

6.2.1. Pe baza soluției termice de proiect se determină fluxul termic specific volumic disipat către exterior al construcției nesolare similară cu construcția solară cu relația:

(2)

în care:
V – volumul spațiului locuit (m^3)
A_T – suprafața anvelopei construcției inclusiv pardoseala peste subsol sau sol (m^2).

– rezistența termică specifică medie a elementelor de construcție perimetrale (m^2K/W)

– numărul mediu de schimburi de aer cu exteriorul care asigură condițiile de confort fiziologic (s^{-1})

ρ – densitatea aerului la temperatura interioară Θ_i (kg/m^3)
c_p – căldura specifică a aerului la presiune constantă (J/l_gK)

Valoarea recomandată este $2 \cdot 10^{-4}$ s^{-1}.

Valoarea se determină cu relația:

(3)

în care:

(4)

i, j, n – indici de însumare
A_{FS} – suprafața ferestrelor amplasate pe fațada sud a construcției [m^2]
A^N_{ps} – suprafața pereților opaci care constituie fațada sud a construcției [m^2]
A_{pd} – suprafața pardoselii parterului [m^2]
A_{Fi} – suprafața ferestrelor amplasate pe oricare altă fațadă decât cea cu orientare sud [m^2]
A_{pn} – suprafața peretelui amplasat pe oricare altă fațadă decât cea cu orientarea sud (inclusiv fereastra) [m^2]
e_n – factor de corecție a temperaturii exterioare; $e_n = 1$ pentru elemente de construcție exterioare; $e_n = 0,4$ pentru elemente de construcție care separă spațiul de locuit de spații cu temperaturi interioare inferioare
R'_{ps} – rezistența termică specifică corectată (conform Normativului privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor) a pereților opaci care constituie fațade sud ale construcției (m^2K/W)

R_{Fs} – rezistența termică specifică a ferestrelor amplasate pe fațade sud (m^2K/W)
R'_{pd} – rezistența termică specifică corectată a pardoselii peste sol (subsol) (m^2K/W)
R_{Fi} – rezistența termică specifică a ferestrelor amplasate pe oricare altă fațadă decât cea cu orientare sud (m^2K/W)
R'_{pn} – rezistența termică specifică corectată a pereților amplasați pe oricare altă fațadă decât cea cu orientarea sud (m^2K/W)
b, c, d – coeficienți numerici care se aleg din tabelul 4, funcție de localitatea în care este amplasată construcția şi de tipul de fereastră prevăzută pe fațada sud a clădirii.
6.2.2. Funcție de soluția de proiect se propun câteva valori tehnic posibile pentru suprafața de captare a radiației solare A_{ps} (care verifică dubla inegalitate din relația (1) şi se determină valorile corespunzătoare ale coeficientului adimensional "x" cu relația:

(5)

în care:
a – coeficient numeric care ține seama de localitatea în care este amplasată construcția, prezentat în tabelul 4 [m^2 K/W]
În cazul în care valoarea maxim posibilă a suprafeței de captare a radiației solare nu conduce la o valoare a coeficientului adimensional "x" apropiată de 1,1 se recomandă reducerea fluxului termic specific

volumic prin izolarea termică suplimentară a elementelor de construcție exterioară, altele decât cele solare, respectându-se condiția:

W/m^3 K
6.2.3. Din diagramele din fig. 4 sau fig. 5 corespunzător sistemului pasiv ales se determină funcție de valorile "x" rezultate, valorile eficienței energetice teoretice E_S utilizându-se curba de calcul "C".
În fig. 4 curba "C" este caracteristica unei suprafețe absorbante neumbrite, acoperită cu vopsea negru mat şi a unei suprafețe vitrate formate din două foi transparente a căror transmisivitate este afectată de depunerile normale de praf sau alte impurități.
În fig. 5 curba "C" este caracteristica unei suprafețe absorbante neumbrite acoperită cu vopsea negru mat şi unei suprafețe vitrate formată dintr-o foaie de geam a cărei transmisivitate este afectată de depunerile normale de praf sau alte impurități.
Pentru alte culori decât cea neagră din aceleaşi diagrame se pot determina eficiențele energetice teoretice corespunzătoare.
6.2.4. Se determină eficiența energetică a sistemului E_u, cu relația:
$E_u = u \cdot E_S$
în care:
u = 1 pentru sistemul INCERC
Pentru sistemul SPAȚIU SOLAR valoarea "u" se determină după cum urmează:
a. Se determină raportul dintre suprafața umbrită A_u şi suprafața totală de captare A_{ps} conform metodei prezentate în anexa 2 sau cu oricare altă metodă grafică cunoscută care permite determinarea acestui raport.
Tabel 4

Nr. crt.	Localitate	a [W/m^2K]	b [-]		c [-]	d [-]
			fer.duble	fer.simple		
1	Alexandria	5,181	0,621	0,554	0,866	0,585
2	Bacău	4,379	0,680	0,623	0,887	0,543
3	Bârlad	4,631	0,661	0,602	0,880	0,559
4	Botoşani	4,449	0,675	0,617	0,885	0,534
5	Bucureşti	5,305	0,612	0,544	0,863	0,591
6	Calafat	5,517	0,597	0,525	0,858	0,621
7	Caransebeş	5,043	0,631	0,566	0,870	0,613
8	Călăraşi	5,684	0,584	0,511	0,853	0,621
9	Câmpina	5,348	0,609	0,540	0,862	0,565

10	Cluj	4,556	0,667	0,608	0,882	0,543
11	Constanța	6,329	0,537	0,455	0,837	0,662
12	Craiova	5,312	0,612	0,543	0,863	0,591
13	Curtea de Argeş	5,294	0,613	0,545	0,863	0,559
14	Dorohoi	4,162	0,696	0,642	0,893	0,526
15	Drăgăşani	5,800	0,576	0,501	0,850	0,610
16	Galați	5,202	0,620	0,553	0,866	0,585
17	Iaşi	4,369	0,681	0,624	0,887	0,552
18	Oradea	5,020	0,633	0,568	0,870	0,599
19	Predeal	4,179	0,694	0,640	0,892	0,472
20	Râmnicu Sărat	4,786	0,577	0,502	0,851	0,599
21	Roşiorii de Vede	5,478	0,599	0,529	0,858	0,602
22	Satu Mare	4,717	0,655	0,594	0,878	0,568
23	Sibiu	4,524	0,669	0,611	0,883	0,546
24	Sighet	4,915	0,641	0,577	0,873	0,581
25	Timişoara	5,074	0,629	0,563	0,869	0,617
26	Târgu Jiu	5,246	0,616	0,546	0,865	0,588
27	Târgu Mureş	4,442	0,675	0,618	0,885	0,546
28	Târgu Secuiesc	4,386	0,679	0,623	0,887	0,495
29	Turnu Măgurele	5,369	0,607	0,538	0,861	0,606
30	Turnu Severin	5,799	0,576	0,501	0,805	0,637

b. Funcție de raportul celor două suprafețe (A_u/A_{ps}) din diagrama din fig. 6 se citeşte în ordonanță valoarea "u".

6.2.5. Se determină fluxul termic specific volumic disipat către exterior de casa solară G_s cu relația:

V (7)

6.2.6. Se determină pierderea exergetică a casei solare cu relația:

(8)

în care:

- numărul anual de grade-zile de calcul corespunzător temperaturii interioare medii a casei solare 0i, determinat conform "Ghid pentru determinarea necesarului de căldură de calcul şi al necesarului de căldură al construcțiilor" – Partea a II-a – Numărul anual de grade-zile.

6.2.7. Se determină indicele specific de economie de combustibil "i" cu relațiile:

- pentru cazul utilizării combustibililor lichizi, solizi sau gazoşi:

(9)

- pentru cazul combustibilului convenţional:

(10)

6.2.8. Se determină economia anuală de combustibil realizată de casa solară faţă de casa similară lipsită de dotări solare cu relaţia:

$C = i \cdot A_{ps}$ [kg/an]; [Nm^3/an]; [kgcc/an] (11)

[top]

7. PRINCIPII DE DIMENSIONARE ŞI CONFORMARE A INSTALAŢIEI INTERIOARE DE ÎNCĂLZIRE

7.1. Casele solare sunt dotate cu instalaţii de încălzire clasice care împreună cu elementele de captare a radiaţiei solare asigură confortul termic în spaţiul locuit.

7.2. Instalaţiile de încălzire clasice pot fi instalaţii care utilizează agent termic apă caldă sau instalaţii de încălzire electrice utilizând sobele electrice cu acumulare.

7.3. Instalaţii de încălzire cu agent termic apă caldă.

7.3.1. Necesarul de căldură de calcul se determină conform "Ghid pentru calculul necesarului şi al consumului de căldură al construcţiilor", partea I.

7.3.2. Corpurile de încălzire din încăperile dotate cu sistem pasiv INCERC sunt corpuri statice. Nu se vor utiliza sisteme de joasă temperatură (încălzire de pardoseală), ventilaconvectoare şi încălzire cu aer cald.

7.3.3. Amplasarea corpurilor de încălzire în camerele dotate cu sistem pasiv de tip INCERC se face după cum urmează:

- între două module de perete captator sub fereastra orientată către sud, astfel încât distanţa minimă dintre planul în care sunt amplasate fantele inferioare de circulaţie a aerului prin sera captatoare şi suprafaţa laterală a ultimului element de radiator să fie de 0,25 m;
- pe oricare dintre pereţii exteriori adiacenţi peretelui captator.

7.3.4. În cazul utilizării "SPAŢIULUI SOLAR", corpurile de încălzire se amplasează ca şi în cazul camerelor încălzite clasic fără restricţii de poziţionare a acestora. Se interzice amplasarea corpurilor de încălzire în spaţiul serei captatoare.
7.3.5. Dimensionarea hidraulică a instalaţiei de încălzire se efectuează în conformitate cu prescripţiile în vigoare.
7.3.6. Instalaţia interioară de încălzire se poate racorda la un sistem centralizat de distribuţie a căldurii (ex. termoficare sau centrală termică de cartier), sau poate avea în componenţă cazan propriu alimentat cu combustibil lichid sau gazos.
7.3.7. Instalaţia de încălzire va cuprinde elemente de control automat a debitului de agent termic, precum şi elemente de control a temperaturii interioare din spaţiul locuit. Exemplu de soluţii de instalaţii sunt prezentate în Anexa 3 a prezentului ghid.
7.4. Instalaţii de încălzire cu sobe electrice cu acumulare.
7.4.1. Puterea electrică necesară a fi instalată în cazul încălzirii cu sobe electrice cu acumulare a căldurii se determină cu relaţia:
$P_{nec} = 2{,}25\ Q_0$ (W) (12)
în care:
Q_0 – necesarul de căldură de calcul al casei solare determinat conform "Ghid pentru determinarea necesarului de căldură de calcul şi a necesarului anual de căldură" partea I.

EXEMPLU DE CALCUL
Să se determine performanțele energetice ale caselor solare prezentate sub forma de proiect tehnic în Anexa 3 a ghidului de față:
- a : casa solară dotată cu sistem pasiv de tip INCERC
- b : casa solară dotată cu sistem "SPAȚIU SOLAR"
Casele sunt amplasate în oraşul Bucureşti
ETAPELE CALCULULUI:
a. Casa solară dotată cu sistem INCERC
a.1. Conform cap. 1 al prezentului ghid se verifică condiția de încadrare a construcției în categoria caselor solare. Din proiect rezultă
A_{ps} = 20 m^2; V = 471,4 m^3.
Deci A_{ps} / V = 0,042 (m^2/m^3)
valoarea care o include la limita în categoria caselor solare dotate cu sistem pasiv de tip INCERC.
Detalierea etapelor de calcul conform cap. 6.2. urmează să pună în evidență performanța energetică slabă a acestei case, fapt care întăreşte concluzia susmenționată.
a.2. Se determină fluxul termic specific volumic al construcției în următoarea succesiune:

- se determină valoarea conform relației (4) în care coeficienții b, c, d se citesc în tabelul 4 pentru oraşul Bucureşti, după cum urmează:
- b (ferestre duble) = 0,612
- c = 0,863
- d = 0,591

Rezultă

- se determină valoarea cu relația (3) în care A_T = 407,17 m^2.

Rezultă = 2,67 m^2K/W
- se calculează fluxul termic specific volumic cu relația (22).
Rezultă G_{NS} = 0,564 W/m^3 K.
a.3. Pe baza soluției de proiect se determină factorul adimensional "x" cu relația (5), în care pentru Bucureşti a = 5,305 W/m^3K. Rezultă x = 0,4.
a.4. Din fig. 4 se determină valoarea E_S pentru suprafața absorbantă acoperită cu vopsea negru mat. Rezultă E_S = 0,088 şi E_u = 0,088.

a.5. Se determină fluxul termic specific volumic pentru casa solară, cu relația (7). Rezultă: = 0,514 W/m^3K.
a.6. Se determină pierderea exergetică a casei solare în următoarea succesiune:

- se calculează temperatura medie a construcției. Rezultă = 19,6°C;

- se calculează numărul anual de grade – zile de calcul corespunzător temperaturii = 19,60°C. Rezultă

= 3094 grade-zile;
- se calculează pierderea energetică a construcției cu relația (8). Rezultă: $Q_S = 64,78 \cdot 10^6$ kJ/an.
a.7. Se determină indicele specific de economie de combustibil convențional cu relația (10). Rezultă i = 15,62 kgcc/m^2 an.
b. Casa solară dotată cu sistem "SPAȚIU SOLAR"
b.1. Conform cap. 1 al prezentului ghid se verifică condiția de încadrare a construcției în categoria caselor solare. Din proiect rezultă A_{ps} = 51,8 m^2; V = 471,4 m^3.
Deci: A_{ps} / V = 0,11 m^2/m^3, valoare care încadrează casa în domeniul caselor solare dotate cu sistem "SPAȚIU SOLAR".
b.2. Se determină fluxul termic specific volumic al construcției în următoarea succesiune:

- se determină valoarea conform relației (7), în care coeficienții b, c, d, sunt cei de la pct. a.2.

din exemplul de calcul anterior. Rezultă = 178,31 W/m^2K;

- se determină valoarea cu relația (3). Rezultă = 2,74 m^2 K/W;

- se calculează fluxul termic specific volumic cu relația (2). Rezultă = 0,556 W/m^2K.
b.3. Pe baza soluției de proiect se determină factorul adimensional "x" cu relația (5). Rezultă: x = 1,05

b.4. Din fig. 5 se determină valoarea E_S, pentru suprafața absobantă acoperită cu vopsea negru mat. Rezultă $E_S = 0,2$.
b.5. Conform soluției de proiect a serei captatoare se determină factorul de umbrire $A_u / A_{ps} = 0,2$. Corespunzător acestei valori din fig. 5 rezultă u = 0,98 şi deci $E_u = 0,196$.

b.6. Se determină fluxul termic specific volumic al casei solare, = 0,447 W/m^3K
b.7. Se determină pierderea energetică anuală a casei solare cu relația (10). Rezultă:
$Q_S = 56,13 \cdot 10^6$ kJ/an
b.8. Se determină indicele specific de economie de combustibil convențional cu relația (12). Rezultă:
I = 12,87 $kgcc/m^2$ an
Comentariu: Valoarea Eu = 0,196 atestă o performanță energetică acceptabilă casei solare.
[top]

ANEXA 1
DETERMINAREA DISTANȚEI MINIME A CLĂDIRII DOTATE CU SISTEM PASIV FAȚĂ DE OBSTACOLE

Distanța dintre clădirea cu sistem pasiv de încălzire solară şi un eventual obstacol pe latura SUD se calculează cu relația:

[m] [1]

în care:

γ – unghiul dintre planul terenului şi planul orizontal [°]
H – înălțimea obstacolului [m]

Pentru $\gamma = 0$, relația (1) devine:
d = 2,45 H [m] (2)

EXEMPLU DE CALCUL
Să se determine distanța minimă de amplasare a unei clădiri dotate cu sistem pasiv față de un bloc cu înălțimea de 11 m aşezată pe un teren cu pantă de:
a. 10^0
b. 0^0

a. Conform relației (1) în care $\gamma = 10^0$
H = 11 M
rezultă: d = 18,85 m
b. Conform relației (2) în care: H = 11 m
rezultă: d = 26,95 m.
[top]

ANEXA 2
DETERMINAREA FACTORULUI MEDIU DE UMBRIRE "A_u / A_{PS}" CARACTERISTIC SISTEMULUI "SPAȚIU SOLAR"

Metodologia de calcul prezentată se referă la suprafața verticală de captare a radiației solare având proiecția în plan orizontal sub formă de poligon convex deschis cu una din laturi orientată pe axa E-V, reprezentând proiecția în plan orizontal a fațadei orientate spre sud.

Schema de calcul care permite determinarea suprafeței umbrite în fiecare moment "τ " este prezentată în figura A.2.1. S-au făcut următoarele notații cu privire la mişcarea aparentă a discului solar pe bolta cerească:
h_Z – unghiul de înălțime deasupra orizontului, care reprezintă unghiul făcut de dreapta care uneşte un punct P de pe suprafața verticală orientată spre sud şi discul solar (considerat sub forma unui punct geometric concentrat în centrul discului solar) şi normală la suprafața verticală orientată spre sud dusă din punctul P.

ω_S – unghiul de deplasare a poziției soarelui măsurat în raport cu normala la suprafața verticală orientată spre sud, după cum urmează:

$\omega^+_S > 0$ de al sud spre est;

$\omega^-_S < 0$ de la sud spre vest

Astfel ora 10^{00} are valoarea $\omega^-_S = 30^0$ şi ora 15^{00} are valoarea $\omega^-_S = -45^0$
Se prezintă metoda de determinare a suprafeței umbrite.
Metoda conduce al determinarea suprafeței medii sezoniere afectate de umbra fără a fi necesar să se efectueze calculul exact al suprafeței umbrite funcție de poziție relativă a soarelui pe bolta cerească.
Notațiile utilizate sunt cele din fig. A.2.1.
Se disting următoarele cazuri:

A.a.1. $\psi_3 > 60^0$; $\omega_S = \omega^+_S > 0$

Suprafața afectată de umbră se determină cu relația:

A.a.2. $\psi_1 - \psi_3 < 60^0$; $\omega_S = \omega^+_S > 0$

A.a.3. $\psi_1 < 60^0$; $\omega_S = \omega^+_S < 0$

A.b.1. $\psi_4 > 60^0$; $\omega_S = \omega^-_S < 0$

A.b.2. $\psi_2 - \psi_4 < 60^0$; $\omega_S = \omega_S^- < 0$

A.b.3. $\psi_2 < 60^0$; $\omega_S = \omega_S^- < 0$

Factorul mediu de umbrire se determină cu relația:

în care şi pot avea oricare din valorile determinate anterior funcție de soluția de arhitectură adoptată la proiectarea serei captatoare, cu condiția de a se respecta simultan inegalitățile de la punctele A.a.1. ... A.b.3.

EXEMPLU DE CALCUL

Se consideră o casă dotată cu sistem "SPAȚIU SOLAR" având proiecția în plan orizontal sub forma unui poligon deschis cu următoarele dimensiuni: (vezi fig. A.2.1.)

$L_1 = 4,7$ m
$L_2 = 9,0$ m
$L_3 = 3,7$ m
$L_4 = 15,6$ m
$L_5 = 12,7$ m
Înălțimea fațadei sud este H = 5,4 m
Funcție de dimensiunile sus menționate rezultă unghiurile:

$\psi_1 = 68^0$

$\psi_2 = 42^0$

$\psi_3 = 23^0$

$\psi_4 = 11^0$

Suprafața de captare $A_{PS} = 93,96$ m^2. De asemenea rezultă segmentele: = 6,5 m; = 2,5 m
Se verifică îndeplinirea simultană a inegalităților de la punctele A.a.1 ... A.b.3.

A.a.1. = $23^0 < 60^0$ nu se reține

A.a.2. $\psi_1 - \psi_3 = 45^0 < 60^0$ se reține

Se verifică condiția: 0 < < 9

= -1,1547·4,7cos(30 + 68) = 0,755 < 9 se reține

A.a.3. $\psi_1 = 68^0 > 60^0$ nu se reține

Pentru calculul raportului se reții relațiile de la punctul A.a.2.

= 0,755 m

= 5,4 - 0,4203·4,7·sin 68 = 3,57 m

$A_u^{(+)}$= 0,5 (3,57 + 5,4) 0,755 + 4,7 = 28,78 m^2

= 28,78 / 93,96 = 0,306

A.b.1. $\psi_4 = 11^0 < 60^0$ nu se reține

A.b.2. $\psi_2 - \psi_4 = 31^0 < 60^0$ se reține

= -1,1547·3,7·cos(30 + 23) = -2,57 < 0

Deci A.b.2. nu se reține.

A.b.3. $\psi_2 = 42^0 < 60^0$ se reține

Pentru calculul raportului se reții relațiile de la punctul A.b.3., respectiv = 0

Se determină factorul mediu de umbrire:

A_u / A_{PS} = 0,5·(0,306 + 0) = 0,153

[top]

ANEXA 3

Proiect IPCT SA nr. 1192

CLADIRE DE LOCUIT DOTATA CU SISTEME PASIVE DE INCALZIRE SOLARA

Plan parter - VARIANTA SPATIU SOLAR SI SERA
Plan etaj - VARIANTA SPATIU SOLAR SI SERA CAPTATOARE
Plan subsol
SECTIUNE VARIANTA SERA CAPTATOARE
SCHEMA INCHIDERE VARIANTA SPATIU SOLAR SI DETALII
SCHEMA INCHIDERE VARIANTA SERA CAPTATOARE SI DETALII ETANSARE OCHIURI MOBILE
INSTALATIE DE INCALZIRE. Plan subsol. CENTRALA TERMICA
INSTALATII DE INCALZIRE. Plan parter. VARIANTA a SI b
INSTALATII DE INCALZIRE. Plan etaj. VARIANTA a SI b
INSTALATIE DE INCALZIRE. SCHEME DE PRINCIPIU DE RACORDARE A INSTALATIEI DE INCALZIRE
SCHEMA TEHNOLOGICA SI APARATURA DE AUTOMATIZARE
GURA DE AER SUPERIOARA. ANSAMBLU SI DETALII
GURA DE AER INFERIOARA. ANSAMBLU SI DETALII

[top]

V