

1.3. ANALIZA TERMOENERGETICĂ A LOCUINTELOR UNIFAMILIALE

Capitol realizat în colaborare cu:
Ș.I. dr. ing. Lorentz JÄNTSCHI și ing. Margareta Emilia PODAR

1.3.1. Noțiuni introductive

În continuare este prezentată o aplicație software interactive, destinată calculului necesarului de căldură al locuințelor unifamiliare, bazată pe tendințele actuale existente pe plan mondial în acest domeniu. Sunt prezentate de asemenea și câteva rezultate ale unor studii care au fost realizate cu ajutorul acestui program.

Calculul și analizele care pot fi efectuate cu ajutorul programului menționat, sunt deosebit de utile în contextul interesului actual asupra subiectului, corelat și cu posibilitatea de utilizare a energiilor regenerabile, ca sursă de energie termică pentru încălzire și prepararea apei calde menajere.

Analiza prezentată, este realizată în contextul internațional în care conceptele de conservare a energiei, de reducere a emisiilor de noxe și substanțe poluante, de independență energetică, de impact asupra mediului și altele, capătă o semnificație tot mai importantă.

În România, cea mai mare parte a clădirilor pentru locuit, au fost realizate fără preocupări semnificative pentru calitatea energetică a acestora, dar în ultimii ani au fost introduse reglementări precise în acest domeniu și se observă o preocupare tot mai atentă pentru aspectele legate de izolarea termică și de soluțiile eficiente pentru producerea energiei termice.

În vederea atingerii obiectivelor acestui studiu de analiză termoeenergetică a locuințelor unifamiliale, necesarul de căldură a fost parametrizat, pentru a putea fi identificată influența fiecărui factor asupra necesarului de căldură și chiar asupra costurilor.

Elaborarea modelului matematic, a fost realizată cu scopul de a permite minimizarea necesarului de sarcină termică a locuințelor, parametru care dacă este corect determinat, permite și selectarea corectă a echipamentului de încălzire.

Algoritmul de calcul, a fost implementat cu ajutorul limbajului PHP, într-o aplicație client-server și a fost testat într-un studiu de caz, cu scopul obținerii unor concluzii relevante, privind influența unor parametri asupra necesarului de căldură.

1.3.2. Modelul matematic

Necesarul de căldură al locuințelor \dot{Q} , poate fi determinat prin însumarea celor trei componente majore ale acestuia:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 \quad (1)$$

unde:

- \dot{Q}_1 este sarcina sau puterea termică transmisă prin anvelopa clădirii;
- \dot{Q}_2 este sarcina sau puterea termică datorată ventilării sau aerisirii;
- \dot{Q}_3 este sarcina sau puterea termică pentru prepararea apei calde menajere.

Sarcina sau puterea termică transmisă prin anvelopă, prezintă la rândul ei mai multe componente, care pot fi însumate:

$$\dot{Q}_1 = \dot{Q}_{1.1} + \dot{Q}_{1.2} + \dot{Q}_{1.3} + \dot{Q}_{1.4} + \dot{Q}_{1.5} \quad (2)$$

unde:

- $\dot{Q}_{1.1}$ este sarcina sau puterea termică transmisă prin pereți;
- $\dot{Q}_{1.2}$ este sarcina sau puterea termică transmisă prin tavan;
- $\dot{Q}_{1.3}$ este sarcina sau puterea termică transmisă prin ferestre;
- $\dot{Q}_{1.4}$ este sarcina sau puterea termică transmisă prin podea;
- $\dot{Q}_{1.5}$ este sarcina sau puterea termică transmisă prin podeaua pivniței.

Sarcinile termice transmise prin elementele anvelopei clădirii $\dot{Q}_{1.i}$, se determină cu relații de calcul de tipul:

$$\dot{Q}_{1.i} = k_i \cdot S_i (t_i - t_e) \quad (3)$$

unde:

- k_i reprezintă coeficientul global de transfer termic prin elementul i al anvelopei
- S_i reprezintă suprafața elementului i al anvelopei;
- t_i reprezintă temperatura în interiorul locuinței;
- t_e reprezintă temperatura exterioară.

Coeficientul global de transfer termic, se determină cu relații de tipul:

$$k_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (4)$$

unde:

- α_i este coeficientul global de convecție între elementul de construcție și aerul din interiorul clădirii, iar pentru această mărime s-a considerat valoarea $8\text{W/m}^2\text{K}$, ceea ce corespunde convecției naturale;
- α_e este coeficientul global de convecție între elementul de construcție și aerul din exteriorul clădirii, iar pentru această mărime s-a considerat valoarea $25\text{W/m}^2\text{K}$, ceea ce corespunde celor mai nefavorabile condiții;
- δ [m] este grosimea fiecărui strat component al elementului i al anvelopei;
- λ [W/mK] este conductivitatea fiecărui material component al elementului i al anvelopei.

În tabelele alăturate, sunt prezentate valorile conductivității termice pentru câteva materiale uzuale, precum și valori ale coeficientului global de transfer termic, pentru câteva tipuri de ferestre, valori care au fost implementate și în programul de calcul:

Valori ale conductivității termice, pentru câteva materiale de construcție uzuale

Material	Conductivitate [W/mK]
Beton	1,45
Cărămidă	0,90
BCA	0,40
Lemn placat	0,10
Lemn de stejar	0,37
Lemn de pin	0,28
Piatră	2,90

Valori ale conductivității termice, pentru câteva materiale izolatoare uzuale

Material	Conductivitate [W/mK]
Poliuretan	0,018
Polistiren extrudat	0,035
Polistiren expandat	0,040
Vată minerală	0,041
Plută	0,045
BCA	0,400

Valori ale coeficientului global de transfer termic, pentru câteva tipuri de ferestre

Tip de fereastră	Coeficient global [W/m ² K]
Fereastră tip termopan cu 3 sticle și Kr	0,5
Fereastră tip termopan cu 3 sticle	0,8
Fereastră tip termopan Low E	1,1
Fereastră tip termopan Float-Float	1,4
Fereastră cu geam dublu*	2,0
Fereastră cu geam simplu*	2,5

* Datorită neetanșeităților, pentru aceste tipuri de ferestre, în practică valorile coeficientului global de transfer termic, sunt și mai ridicate.

Sarcina sau puterea termică datorată ventilării sau aerisirii, poate fi calculată în funcție de Sarcina termică transmisă prin anvelopă, cu relația:

$$\dot{Q}_2 = \varepsilon \cdot \dot{Q}_1 \quad (5)$$

unde ε , reprezintă un coeficient de proporționalitate, ale cărui valori pot fi considerate:

- $\varepsilon = 0,7$ pentru clădiri fără izolație termică;
- $\varepsilon = 0,8$ pentru clădiri cu izolație minimă;
- $\varepsilon = 0,9$ pentru clădiri cu izolație bună;
- $\varepsilon = 1$ pentru clădiri cu izolație foarte performantă (case cu consum, energetic redus, sau case pasive);

Sarcina sau puterea termică pentru prepararea apei calde menajere, depinde de numărul de persoane care utilizează locuința:

$$\dot{Q}_3 = n \cdot \rho \cdot V \cdot c_p (t_{we} - t_{wi}) / \tau \quad (6)$$

unde:

- n este numărul de persoane;
- ρ [kg/m³] este densitatea apei;
- V [m³] este consumul zilnic normat de apă, pentru o persoană;
- c_p [kJ/kgK] este căldura specifică a apei;
- t_{we} [°C] este temperatura până la care trebuie încălzită apa;
- t_{wi} [°C] este temperatura apei reci;
- τ [s] este durata perioadei în care este încălzită apa.

1.3.3. Condiții de testare

Algoritmul de calcul prezentat, poate fi utilizat în condițiile oricărei construcții de locuință unifamilială, însă a fost testat pe o clădire pentru 4 persoane, având perimetrul de 58m și următoarele caracteristici:

Caracteristici ale clădirii considerate

Spațiul	suprafața [m ²]
Bucătărie	27.5
Sufragerie	36
Baie 1	9
Baie 2	7
Dormitor 1	21.25
Dormitor 2	10.5
Dormitor 3	10.5
Hol	10

1.3.4. Programul de calcul

Aplicația software care poate să asiste eficient utilizatorii, în activitatea de analiză termoeenergetică a locuințelor unifamiliale, respectiv în alegerea celor mai bune soluții și materiale pentru izolare termică, este disponibil pe internet, la adresa:

http://vl.academicdirect.org/molecular_dynamics/heating_buildings/

Pentru realizarea aplicației, au fost concepute și realizate patru programe originale, implementate în limbajul PHP.

Componenta *form.php*, prezentată în figura 1.32, permite utilizatorului, introducerea parametrilor, referitori la mediul ambiant și la spațiul interior, referitori la elementele constructive ale anvelopei clădirii, etc.

The screenshot shows a web browser window with the URL http://vl.academicdirect.org/molecular_dynamics/heating_buildings/form.php. The page contains several sections for data entry:

- The environment:** The temperature inside of the house: 20 °C; The temperature outside of the house: 5 °C; The temperature of the soil: 5 °C; The temperature in the cellar: 15 °C; The temperature of the external water: 5 °C; The temperature of the hot water: 50 °C; How many hours per day the domestic hot water is necessary?: 24 h/day; The necessary volume of hot water per person: 50 liters.
- The house:** The number of persons: 5; The perimeter: 30 m; The tallness of the rooms: 3 m; The floor surface: 234 m²; The cellar surface: 6 m²; The roof: Terrace (dropdown).
- The walls:** The type of the main structure: Concrete (dropdown); The thickness of the main structure layer: 20 cm; The thickness of the insulation layer: 20 cm; The type of insulation material: Polyurethane (dropdown).
- The ceiling:** The type of main structure: Concrete (dropdown); The thickness of the main structure layer: 22 cm; The thickness of the insulation layer: 20 cm; The type of insulation material: Polyurethane (dropdown).
- The floor:** The material of main structure: Concrete (dropdown); The thickness of the main structure layer: 22 cm; The thickness of the insulation layer: 20 cm; The type of insulation material: Polyurethane (dropdown).
- The windows:** The total surface of the windows: 50 m²; Window frame: Aluminium (dropdown); Window type: Triple-pane Kr insulated glass (dropdown).

A "Submit Query" button is located at the bottom left of the form.

Fig. 1.32. Interfața principală a programului

Componenta *func.php*, conține 25 de funcții de calcul, cu ajutorul cărora a fost implementat algoritmul de calcul prezentat. Aceste funcții permit atât calculul componentelor sarcinii sau puterii termice corespunzătoare fiecărui element al anvelopei, în parte, cât și sarcina termică, sau puterea termică totală.

Rezultatele programului, permit atât evidențierea influențelor unui singur parametru, asupra componentelor sarcinilor termice, cât și influența combinată a câte doi parametri, asupra acestor componente.

În figura 1.33, sunt prezentate pierderile de sarcină termică, corespunzătoare unor diferite tipuri de ferestre.

Window type	Global transfer coefficient($W/m^2 \cdot K$)	Theat losses through window (W)	The relative heat losses through transmission (%)
Triple-pane Kr insulated glass	0.5	375	36
Triple-pane insulated glass	0.8	600	47
Low-E insulated glass	1.1	825	55
Single-pane insulated glass	1.4	1050	61
Double Glass	2	1500	69
Simple Glass	2.5	1875	74

Fig. 1.33. Pierderile de sarcină termică, corespunzătoare unor diferite tipuri de ferestre

În figura 1.34, sunt prezentate pierderile de sarcină termică prin pereți în funcție de combinația de parametri reprezentată de natura materialelor utilizate în structura de rezistență și în izolație, precum și de grosimea straturilor respective

R_Ct	R_Gs	I_Ct	I_Gs	Q_p
1.45	0	0.018	0	4286
1.45	0	0.018	5	206
1.45	0	0.018	10	105
1.45	0	0.018	15	71
1.45	0	0.018	20	53
1.45	0	0.018	25	43
1.45	0	0.018	30	36
1.45	0	0.018	35	31

Fig. 1.34. Pierderile de sarcină termică prin pereți, în funcție de natura și grosimea materialelor

Rezultatele calculelor efectuate de către program, permit și prelucrarea grafică a rezultatelor, cu ajutorul a două tipuri de diagrame, pentru fiecare din acestea fiind realizat câte un program de calcul independent.

În figura 1.35, este prezentată o diagramă, care evidențiază influența unui singur parametru, asupra pierderilor de sarcină termică și anume, influența tipului de fereastră.

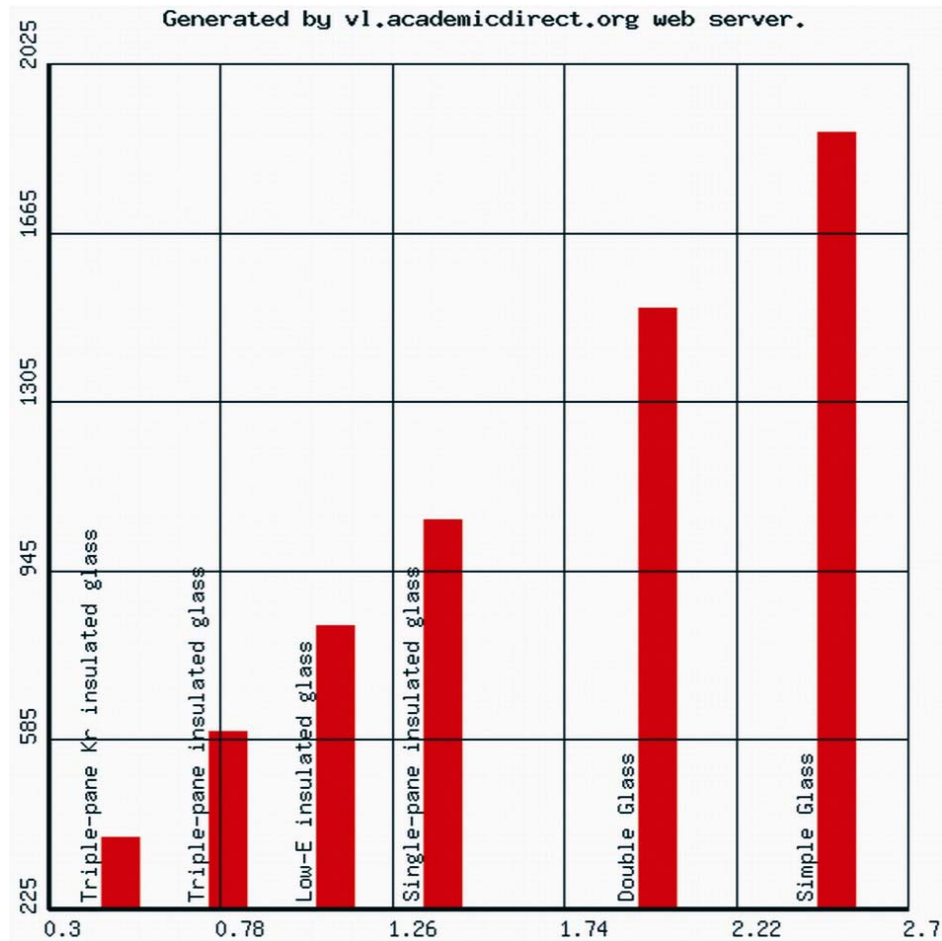


Fig. 1.35. Influența tipului de fereastră, asupra sarcinii termice

În figurile 1.36, și 1.37, sunt prezentate grafic, influențele combinate a câte doi parametri, asupra unor diverse componente ale sarcinii termice.

Figura 1.36, prezintă influența combinată a grosimii structurii de rezistență și a conductivității termice a acestuia, asupra pierderii de sarcina termică prin pereți.

Generated by vl.academicdirect.org web server.

	735	735	735	735	735	735
	269	419	461	473	581	629
	188	315	356	368	490	555
	150	260	297	308	430	501
	126	225	259	269	385	458
	110	200	232	241	352	424
	98	181	211	219	325	397
	89	166	194	202	303	373
	82	154	180	188	285	353
Main structure layer						
	Main structure thermal conductivity					

Fig. 1.36. Influența combinată a grosimii structurii de rezistență și a conductivității termice a acestuia, asupra pierderii de sarcina termică prin pereți

Figura 1.37, prezintă influența combinată a numărului de persoane și a cantității de apă caldă necesară pe persoană, asupra puterii termice necesare preparării apei calde menajere.

Generated by vl.academicdirect.org web server.

	4	8	11	14	17	20	23	25	27
	4	8	12	15	18	21	23	26	28
	4	8	12	16	19	22	24	27	29
	5	9	13	16	19	22	25	28	30
	5	9	13	17	20	23	26	29	31
	5	9	14	17	21	24	27	29	32
	5	10	14	18	21	25	28	30	33
	5	10	14	18	22	25	28	31	34
	6	10	15	19	23	26	29	32	34
	6	11	15	20	23	27	30	33	35
	6	11	16	20	24	27	30	33	36

Fig. 1.37. Influența combinată a numărului de persoane și a cantității de apă caldă necesară pe persoană

În figura 1.38 sunt reprezentate ponderile comparative ale componentelor sarcinii termice, pentru cazul utilizării a unei izolații de 2cm de polistiren expandat și a unor ferestre duble.

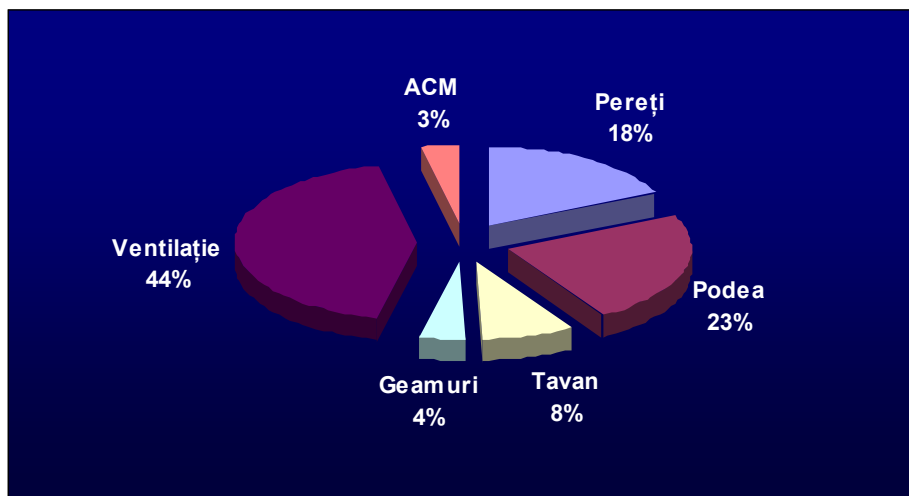


Fig. 1.38. Ponderile comparative ale componentelor sarcinii termice, pentru o anvelopă a clădirii, neperformantă

În figura 1.39 sunt reprezentate ponderile comparative ale componentelor sarcinii termice, pentru cazul utilizării a unei izolații de 17cm de polistiren expandat și a unor ferestre de tip termopan Low E.

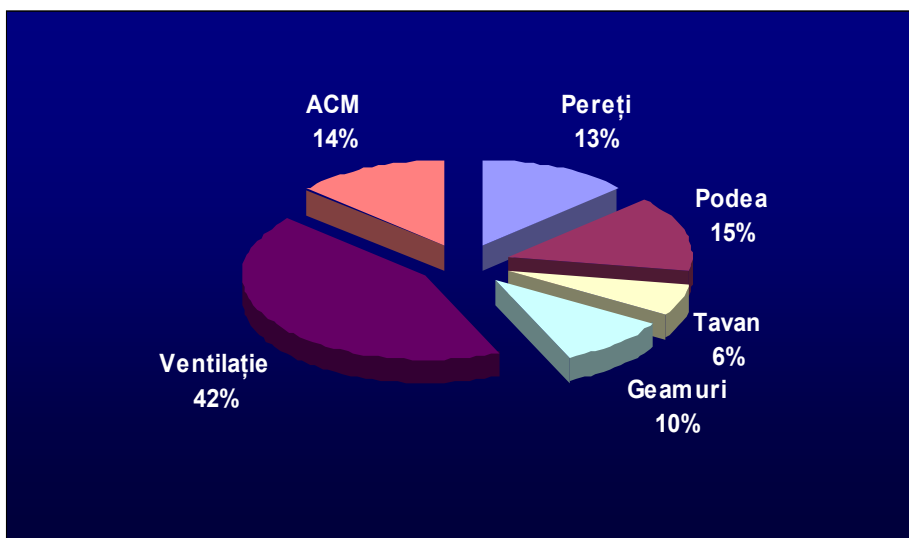


Fig. 1.39. Ponderile comparative ale componentelor sarcinii termice, pentru o anvelopă a clădirii, performantă

Comparând figurile 1.37 și 1.39, se observă că aceeași componentă a necesarului de căldură, și anume cea pentru prepararea apei calde menajere, notată pe cele două figuri cu ACM, prezintă ponderi diferite, în funcție de calitatea anvelopei termice a clădirii.

În figurile 1.40 și 1.41, sunt prezentate influențele materialului și grosimii izolației termice, respectiv structurii de rezistență, asupra sarcinii termice pierdute prin pereți.

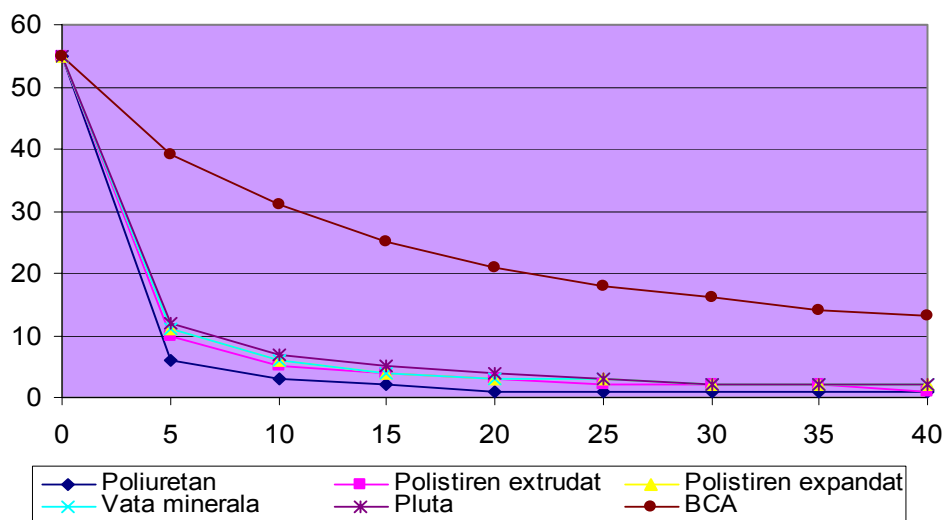


Fig. 1.40. Influența materialului și grosimii izolației, asupra sarcinii termice pierdute prin pereți

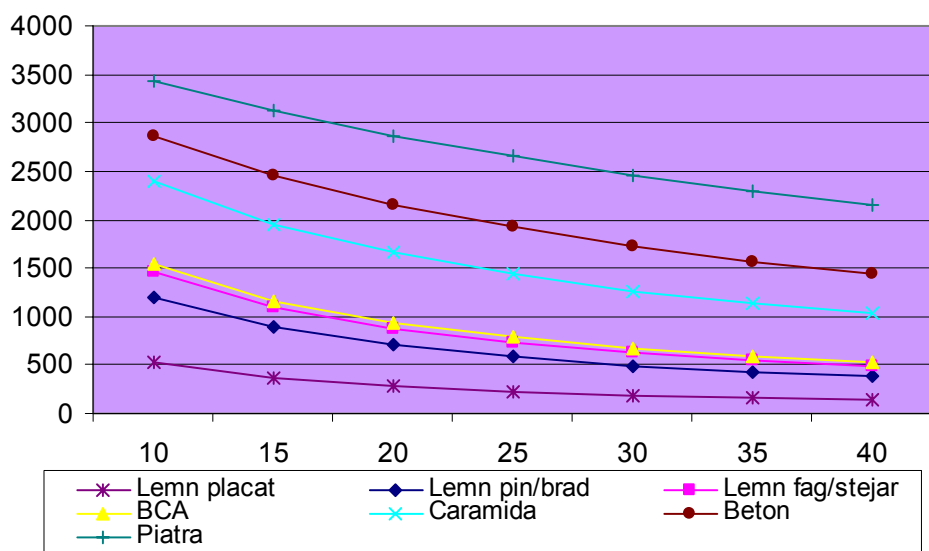


Fig. 1.41. Influența materialului și grosimii materialului de rezistență, asupra sarcinii termice pierdute prin pereți

În figura 1.42, este prezentată influența tipului de acoperiș și a temperaturii exterioare, asupra pierderii de sarcină termică prin acoperiș.

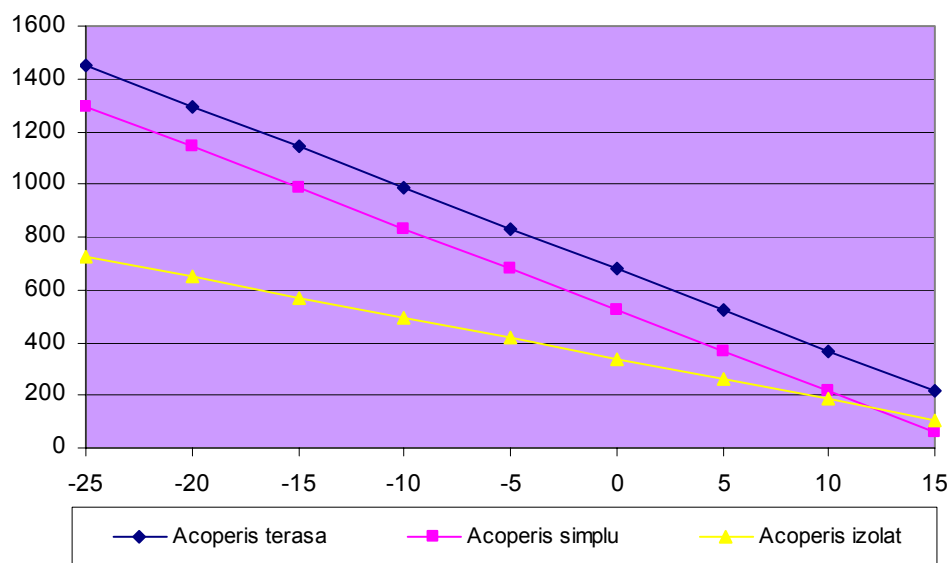


Fig. 1.42. Influența tipului de acoperiș și a temperaturii exterioare, asupra pierderii de sarcină termică prin acoperiș

1.3.5. Discuții și concluzii

Programul de calcul prezentat, cu ajutorul unei interfețe simple, destinate utilizatorilor fără experiență în domeniul calculelor termice, permite acestora să efectueze studii utile, în vederea alegerii elementelor componente ale anvelopei clădirii, astfel încât aceasta să satisfacă criteriile dorite.

Câteva dintre cele mai importante avantaje ale programului, sunt următoarele:

- interactivitate ridicată cu utilizatorul, care poate să aleagă orice parametru;
- realizarea automată a calculelor, pentru un număr de 24 parametri;
- influența parametrilor poate să fie reprezentată grafic, în vederea interpretării mai ușoare a influenței parametrilor considerați;
- accesul la utilizarea programului este nelimitat 24 ore pe zi, 7 zile pe săptămână;
- aplicația poate fi utilizată simultan de mai mulți utilizatori;

Câteva dezavantaje ale programului sunt:

- utilizarea acestuia necesită câteva noțiuni de bază de utilizarea calculatorului: (deschiderea unui browser, navigare pe internet);
- aplicația nu include estimări financiare, legate de costuri;
- utilizarea aplicației necesită existența unei conexiuni la internet.

Aplicația software prezentată, poate fi utilizată pentru efectuarea cu succes a unor analize termoenergetice a locuințelor unifamiliale, prin calcularea sarcinii termice sau a puterii termice necesare pentru încălzire și prepararea apei calde menajere, precum și prin evidențierea influenței unor parametri importanți, asupra necesarului de căldură.