

EVALUAREA NECESARULUI DE CĂLDURĂ PENTRU ÎNCĂLZIRE ȘI PREPARARE APĂ CALDĂ DE CONSUM

Necesarul de căldură pentru asigurarea parametrilor de confort termic în cadrul unui obiectiv (clădire) cuprinde, în general, necesarul de căldură pentru: încălzire, preparare apă caldă de consum (acc), ventilație, tehnologie și pierderi în rețelele de transport și distribuție.

$$Q_T = Q_{inc} + Q_{acc} + Q_v + Q_{th} + \Delta Q_{rt,d} \text{ [kW]} \quad (6.1)$$

6.1. Calculul necesarului de căldură pentru încălzire conform normativului SR 1907-1/2000

Necesarul de căldură pentru încălzire poate fi determinat prin patru metode:

- Metoda caracteristicii termice a clădirii;
- Metoda de calcul pe conturul exterior al clădirii;
- Metoda de calcul bazată pe coeficienții globali de izolare termică „G”;
- Metoda conform Normativului SR1907-1/1997.

Dintre aceste metode, primele două sunt metode rapide de calcul care permit evaluarea necesarului de căldură pentru întreaga construcție, cea de a treia permite evaluarea necesarului total anual de căldură pentru întreaga construcție ținând seama și de aporturile de căldură pasive și din interiorul construcției, iar cea de a patra metodă, este o metodă exactă de calcul, care permite evaluarea necesarului de căldură pentru fiecare încăpere și dimensionarea corpurilor de încălzire.

Algoritmul de calcul a necesarului de căldură pentru încălzire prin metoda SR 1907/2001 presupune parcurgerea următorului algoritm de calcul:

1. Se notează pe planul clădirii, într-un cerc desenat în fiecare încăpere, numărul încăperii și temperatura interioară de calcul, conform SR 1907-2/2000;
2. Se înscriu în formularul de calcul caracteristicile geometrice și termotehnice ale elementelor de construcție prin care încăperea pierde căldură: dimensiuni, rezistențe termice, diferențe de temperatură;
3. Se calculează pierderea de căldură prin transmisie, Q_T , în funcție de care se calculează rezistența termică specifică medie:

$$Q_T = \sum C_M \cdot m \cdot A \cdot \frac{\theta_i - \theta_e}{R'} + Q_s \quad \text{[W]} \quad (6.2)$$

unde: C_M – coeficient de corecție al necesarului de căldură de calcul funcție de masa specifică a construcției (m_{pi})¹;

m – coeficient de masivitate termică a elementelor de construcție exterioare, determinat conform relației 6.3:

$$m = 1,225 - 0,05 \cdot D \quad (6.3)$$

în care: D – indicele inerției termice a elementului de construcție, calculat cu relația²:

¹ pentru clădiri de locuit și similare lor și pentru clădiri social-culturale cu pereți interiori realizați din beton celular autoclavizat, cărămidă cu grosime mai mică de 0,125 m, având planșee despărțitoare din beton armat cu grosime $\leq 0,10$ m, sau din alte materiale de construcție ușoară ($m_{pi} \leq 400 \text{ kg/m}^2$) $C_M = 1$, iar pentru celelalte construcții ($m_{pi} \geq 400 \text{ kg/m}^2$) $C_M = 0,94$.

$$D = \sum_{j=1}^n R_{stj} \cdot s_{mj} \quad (6.4)$$

unde : R_{stj} - rezistența specifică la permeabilitate termică a stratului j , [(m²·°C)/W];
 s_{mj} - coeficient de asimilare termică al materialului stratului j , [W/(m²·°C)], conform SR1907-1/2000.

A – aria suprafeței fiecărui element de construcție, determinată conform STAS 6472/3, [m²];

R' - rezistența termică specifică corectată a elementului de construcție considerat, determinată prin calcul termotehnic întocmit în conformitate cu prevederile reglementărilor tehnice în vigoare (STAS 6472/3), [(m²·°C)/W] cu relația 6.5. Aceasta rezistență termică pe care trebuie să o aibă un element de conducție exterior pentru a permite obținerea pe suprafața interioară a unei temperaturi θ_i (de confort) și care să fie mai mare decât temperatura punctului de rouă θ_{ti} .

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \sum_{j=1}^n \frac{\Psi_j \cdot l_j}{A} \quad [(m^2 \cdot ^\circ C)/W] \quad (6.5)$$

în care: R - rezistența termică unidirecțională, [(m²·°C)/W], determinată în funcție de elementul de anvelopă cu una din relațiile:

- pentru elemente exterioare:

$$R = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e} \quad [(m^2 \cdot ^\circ C)/W] \quad (6.6)$$

- pentru elemente interioare:

$$R = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_i} \quad [(m^2 \cdot ^\circ C)/W] \quad (6.7)$$

- pentru pardoseli în contact cu solul:

$$R = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta}{\lambda} \quad [(m^2 \cdot ^\circ C)/W] \quad (6.8)$$

unde: α_i – coeficientul de convecție termică de la aerul din interiorul încăperii la suprafața elementului de anvelopă cu care acesta vine în contact, [W/(m²·°C)];

α_e – coeficientul de convecție termică de la suprafața exterioară a elementului de anvelopă la aerul din mediul înconjurător, [W/(m²·°C)];

$\sum \frac{\delta}{\lambda}$ - rezistența termică la transmiterea căldurii prin conducție prin straturile elementelor de anvelopă caracterizate de grosimea δ în [m] și coeficientul de conductivitate termică specific materialelor utilizate λ [W/(m·°C)].

Ψ_j – coeficientul liniar de transfer termic, pentru puntea termică de tip j (colțuri clădiri, intersecții pereți, boiandrugii, plăci pe sol, centuri în ziduri, grinzi de rezistență, soclu subsol, tâmplărie etc.), [W/(m·°C)];

l_j – lungimea punții termice de tip j , [m];

Q_s – flux termic cedat prin sol, [W], determinat cu relația:

$$Q_s = A_p \cdot \frac{\theta_i - \theta_p}{R_p} + C_M \cdot \frac{m_s}{n_s} \cdot \frac{\theta_i - \theta_e}{R_{bc}} \cdot A_{bc} + \frac{1}{n_s} \cdot \frac{\theta_i - \theta_{ej}}{R_{bc}} \cdot A_{bcj} \quad (6.9)$$

unde: A_p – aria cumulată a pardoselii și a pereților aflați sub nivelul terenului (relația 6.10), [m²];

$$A_p = A_{pl} + p \cdot h \quad (6.10)$$

² pentru elementele de construcție cu $D \geq 4,5$, se consideră $m=1$; pentru tâmplăria exterioară se consideră $D=0,5$; pentru elementele de construcție în contact cu solul precum și planșeele pentru subsolurile neîncălzite se consideră $m=1$.

în care: A_{pl} – aria plăcii pe sol sau a plăcii inferioare a subsolului încălzit, [m²];

p – lungimea conturului pereților în contact cu solul, [m];

h – cota pardoselii sub nivelul terenului, [m].

R_p – rezistența termică specifică cumulată a pardoselii și a stratului de pământ cuprins între pardoseală și adâncimea de 7 m de la cota terenului sistematizat, sau a stratului de apă freatică, (relația 6.8), [(m²·°C)/W];

m_s – coeficient de masivitate termică a solului, (figura 6.1), determinat în funcție de adâncimea stratului de apă freatică, H și, de adâncimea de îngropare a pardoselii, h ;

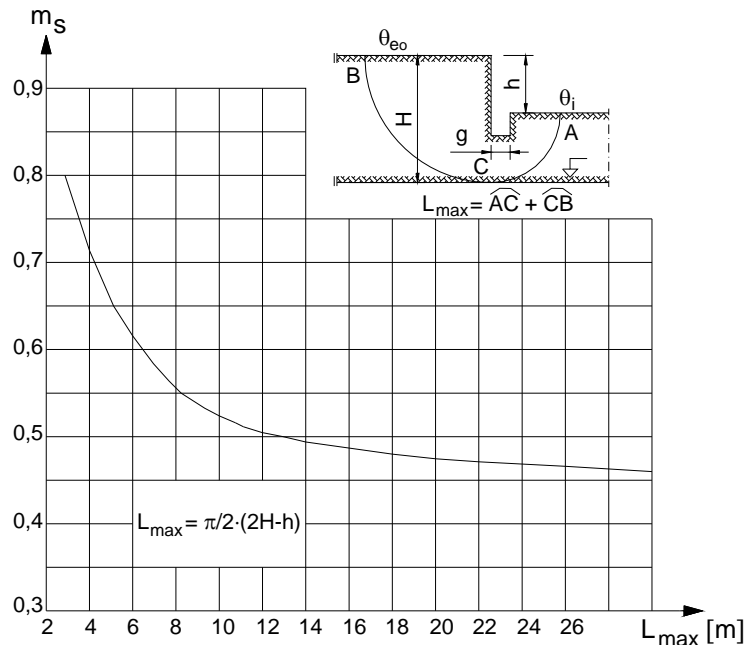


Figura 6.1. Variația coeficientului de masivitate termică, m_s , cu grosimea solului

n_s – coeficient de corecție care ține seama de conductivitatea termică a solului (figura 6.2), determinat în funcție de adâncimea de îngropare a pardoselii față de cota zero a solului, h și, de conductivitatea termică a materialului din care este alcătuit stratul de pământ luat în considerare;

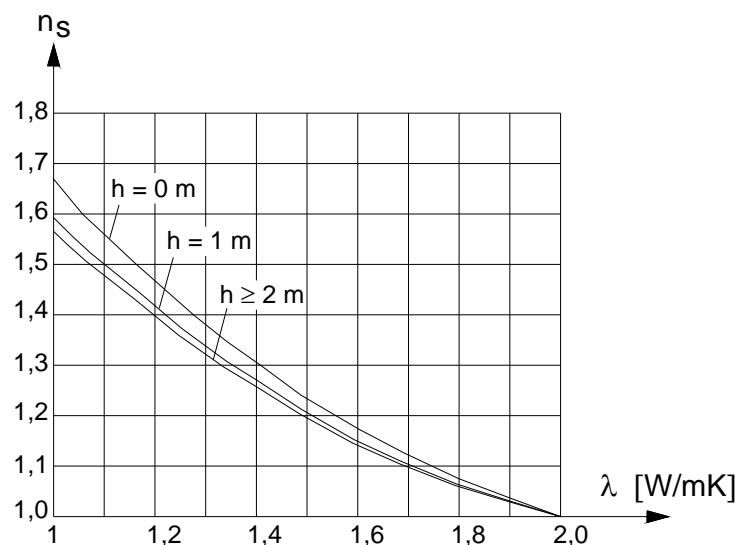


Figura 6.2. Diagrama de determinare a coeficientului de corecție n_s

A_{bc} – aria unei benzi cu lățimea de 1 m situată de-a lungul conturului exterior al suprafeței A_p , [m²];

R_{bc} – rezistența termică specifică a benzii de contur la trecerea căldurii prin pardoseală și sol către aerul exterior, $[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$;

θ_{ej} – temperatura interioară convențională de calcul pentru încăperile alăturate, $[^\circ C]$;

A_{bcj} – aria unei benzi cu lățimea de 1 m situată de-a lungul conturului care corespunde spațiului învecinat care are temperatura θ_i , $[m^2]$;

θ_p – temperatura, fie în sol la adâncimea de 7 m de la cota terenului sistematizat, în cazul inexistenței stratului de apă freatică, fie a stratului de apă freatică.

Valorile temperaturii θ_p funcție de zona în care este amplasată construcția sunt:

Zona	Temperatura θ_p , [$^\circ C$]
I	11
II	10
III	9
IV	8

4. Se determină adaosul A_o și A_c și se calculează valoarea $Q_T \cdot \left(1 + \frac{\sum A}{100}\right)$,

unde: A_o - adaosul pentru orientare (tabelul 6.1) folosit în scopul diferențierii necesarului de căldură al încăperilor diferit expuse radiației solare, afectând numai pierderile de căldură ale încăperilor cu pereți exteriori;

Tabelul 6.1. Adaosul pentru orientare

Orientare	N	NE	E	SE	S	SV	V	NV
A_o , [%]	+5	+5	0	-5	-5	-5	0	+5

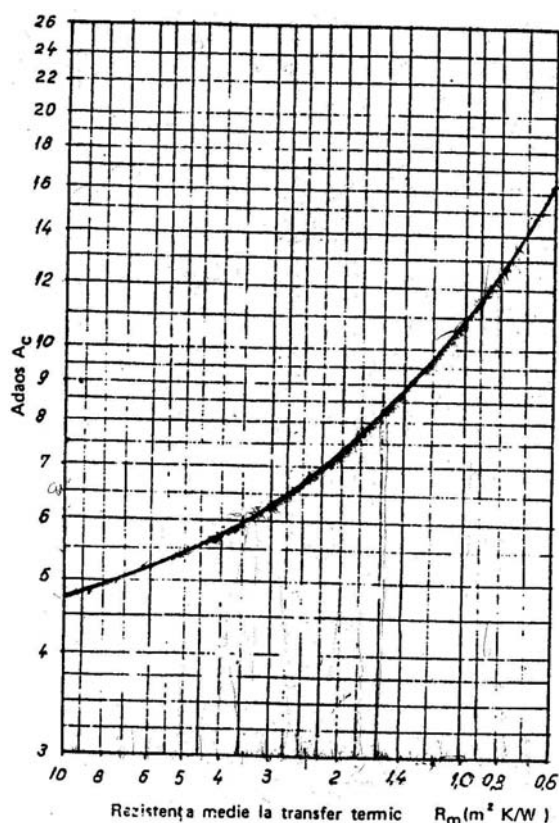


Figura 6.3. Diagrama de determinare a adaosului pentru compensarea efectului suprafețelor reci

A_c – adaosul pentru compensarea efectului suprafețelor reci, în scopul corectării bilanțului termic al corpului omenesc în încăperea în care, elementul de construcție cu rezistență termică redusă, favorizează intensificarea cedării căldurii, prin radiație, a corpului. Valoarea acestui coeficient de adaos afectează numai pierderile de căldură ale încăperilor a căror rezistență termică specifică medie, R_m , nu depășește 10 $[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$ (figura 6.3):

$$A_c = f(R_m)$$

$$R_m = \frac{A_T (\theta_i - \theta_e) \cdot C_M}{Q_T} \quad (6.11)$$

în care: A_T – aria suprafeței totale a încăperii (reprezentând suma tuturor suprafețelor delimitatoare), $[m^2]$;

5. Se determină sarcina termică pentru încălzire, de la temperatura exterioară la temperatura interioară, a aerului infiltrat prin neetanșeitățile ușilor și ferestrelor și a aerului pătruns

la deschiderea acestora Q_i , ca valoare maximă între sarcinile termice Q_{i1} și Q_{i2} :

Q_{i1} – sarcina termică pentru încălzirea, de la temperatura exterioară convențională de calcul la temperatura interioară convențională de calcul, aerului infiltrat prin neetanșeitățile ușilor și ferestrelor și a aerului pătruns la deschiderea acestora determinată, ținând seama de numărul de schimburi de aer necesar în încăperea din condițiile de confort fiziologic (relația 6.12):

$$Q_{i1} = \left[n_{ao} \cdot C_M \cdot V \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\theta_i - \theta_e) + Q_u \right] \cdot \left(1 + \frac{A_c}{100} \right) \quad [W] \quad (6.12)$$

Q_{i2} – sarcina termică pentru încălzirea de la temperatura exterioară convențională de calcul la temperatura interioară convențională de calcul, aerului infiltrat prin neetanșeitățile ușilor și ferestrelor și a aerului pătruns la deschiderea acestora, determinată funcție de viteza convențională a vântului (relația 6.13):

$$Q_{i2} = \left\{ C_M \cdot \left[E \cdot \sum i \cdot L \cdot v^{4/3} \cdot (\theta_i - \theta_e) \right] + Q_u \right\} \cdot \left(1 + \frac{A_c}{100} \right) \quad [W] \quad (6.13)$$

unde: n_{ao} – numărul de schimburi de aer necesar în încăperea din condiții de confort fiziologic, tabelul 6.2.

Tabelul 6.2. Numărul de schimburi de aer în încăperea pentru diferite clădiri

Nr. crt.	Tipul clădirii	Tipul camerei	$n_{ao}, \left[\frac{m^3/s}{m^3} \right]$	$n_{ao}, \left[\frac{m^3/h}{m^3} \right]$
1.	Clădiri de locuit și similare lor	Camere de locuit	$0,22 \times 10^{-3}$	0,792
		Bucătării	$0,33 \times 10^{-3}$	1,190
		Băi	$0,33 \times 10^{-3}$	1,000
2.	Școli	-	$\frac{7 \times 10^{-3} \cdot N_p}{V}$	-
3.	Grădinițe	-	$\frac{7 \times 10^{-3} \cdot N_p}{V}$	-
4.	Creșe	-	$\frac{7 \times 10^{-3} \cdot N_p}{V}$	-
5.	Spitale	-	$\frac{7 \times 10^{-3} \cdot N_p}{V}$	-

N_p – numărul de persoane; V – volumul încăperii, $[m^3]$;

c_p – căldura specifică la presiune constantă a aerului la temperatura θ_i , $[J/(kg \cdot ^\circ C)]$;

ρ - densitatea aerului la temperatura θ_i , $[kg/m^3]$;

Q_u – necesarul de căldură pentru încălzirea aerului pătruns la deschiderea ușilor exterioare (relația 6.14), $[W]$:

$$Q_u = U \cdot A_u \cdot n \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot c_M \quad [W] \quad (6.14)$$

în care: $U=0,36$ – pierderea specifică de căldură la deschiderea unei uși exterioare, $[J/(m^2 \cdot ^\circ C)]$;

A_u – aria ușilor exterioare care se deschid, $[m^2]$;

n – numărul deschiderilor ușilor exterioare într-o oră, în funcție de specificul clădirii;

E - factor de corecție cu înălțimea (pentru încăperi din clădiri cu mai puțin de 12 nivele $E=1$, iar pentru clădiri cu mai mult de 12 nivele, valoarea coeficientului E se alege din tabelul 6.3);

i – coeficient de infiltrație a aerului prin rosturi, $[(s/m)^{4/3}]$;

$v^{4/3}$ - viteza convențională a vântului de calcul, în funcție de zona eoliană în care se încadrează localitatea unde este amplasată clădirea (tabelul 6.4).

Tabelul 6.3. Valorile factorului de corecție cu înălțimea

Etajul	Numărul de nivele ale clădirii				
	12	15	18	20	21
P1	1,180	1,230	1,265	1,295	1,340
1	1,140	1,200	1,230	1,265	1,315
2	1,120	1,170	1,200	1,230	1,285
3	1,090	1,150	1,175	1,200	1,285
4	1,070	1,130	1,155	1,180	1,230
5	1,040	1,110	1,135	1,160	1,210
6	1,020	1,080	1,120	1,150	1,200
7	1,000	1,060	1,110	1,130	1,185
8	1,000	1,040	1,090	1,110	1,190
9	1,000	1,010	1,065	1,090	1,150
10	1,000	1,000	1,030	1,060	1,130
11	1,000	1,000	1,010	1,030	1,110
12	1,000	1,000	1,000	1,000	1,080
13	1,000	1,000	1,000	1,000	1,050
14	1,000	1,000	1,000	1,000	1,020
peste 14	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabelul 6.4. Viteza convențională a vântului de calcul

Zona eoliană	Amplasamentul clădirii			
	În localitate		În afara localității	
	v	$v^{4/3}$	v	$v^{4/3}$
I	8,0	16,00	10,0	21,54
II	5,0	8,55	7,0	13,59
III	4,5	7,45	6,0	10,90
IV	4,0	6,35	4,0	6,35

OBS: Pentru toate nivelele situate deasupra etajului 12 al clădirilor din interiorul orașelor, vitezele vântului de calcul corespund clădirilor amplasate în afara localităților.

6. După determinarea necesarului de căldură pentru încălzirea aerului infiltrat prin rosturile ușilor și ferestrelor exterioare sau la deschiderea acestora, se calculează fluxul total de căldură necesar pentru încălzirea încăperii considerate cu relația 6.15, după care se reiau pașii algoritmului, calculându-se necesarul de căldură pentru încălzirea fiecărei încăperi a clădirii considerate, necesarul total de căldură pentru încălzire determinându-se cu relația 6.16.

$$Q = Q_T \cdot \left(1 + \frac{\sum A}{100}\right) + Q_i \quad [W] \quad (6.15)$$

$$Q_{inc} = \sum_{j=1}^n Q_j \quad (6.16)$$

unde: j – numărul de încăperi ale locuinței.

7. După determinarea necesarului de căldură conform metodologiei prezentate anterior, se verifică temperaturile pe suprafața interioară a elementelor de construcție. Temperatura pe suprafața interioară a elementelor de construcție fără punți termice, în câmp curent, se determină cu relația:

$$T_{st} = \theta_i - \frac{\theta_i - \theta_e}{\alpha_i \cdot R'} \quad (6.17)$$

Pentru evitarea producerii condensului pe suprafața interioară a unui element de construcție (pereți, plafon) este necesar ca temperatura θ_i pe suprafața interioară a elementului de construcție să fie mai mare cu (1...1,5)°C decât temperatura punctului de rouă θ_r a stării aerului din încăperea (t_i, φ_i):

$$\theta_i \geq \theta_r + 1 \dots 1,5^\circ \text{C} \quad (6.18)$$

În ceea ce privește rezistențele termice, condiția de evitare a fenomenului de condens pe suprafața interioară a elementelor de construcții este ca rezistența termică să fie mai mare sau egală cu rezistența termică de evitare a fenomenului de condensare R_{cd} .

6.2. Calculul necesarului de căldură pentru prepararea apei calde de consum

Necesarul de căldură pentru scopuri igienico-sanitare se determină în funcție de natura consumatorului cu relația:

$$Q_{ac} = \frac{1}{3,6} \cdot G_{ac} \cdot c \cdot (t_{ac} - t_{ar}) \quad [\text{W}] \quad (6.19)$$

unde: G_{ac} – debitul de apă caldă de consum³, [kg/h];
 $c=4,18$ – căldura specifică a apei, [kJ/(kg·°C)];
 $t_{ac}=60$ – temperatura apei calde, [°C];
 $t_{ar}=(10 \dots 15)$ – temperatura apei reci, [°C].

Indicii de consum pentru necesarul de căldură pentru prepararea apei calde menajere sunt dependenți de numărul de persoane N (relația 6.20) și de căldura consumată pentru prepararea apei calde menajere Q_{ac}^c (tabelul 6.5).

$$Q_{ac} = \frac{Q_{ac}^c \cdot N}{2 \dots 2,5} \quad (6.20)$$

Tabelul 6.5. Căldura consumată pentru prepararea apei calde menajere

Nr.crt.	Tipul clădirii	Q_{ac}^c	
		[W/loc]	[kcal/h·loc]
1.	Case de locuit	290...320	250...275
2.	Cămine	260...320	225...275
3.	Spitale	410...490	350...420
4.	Școli	93...105	80...90
5.	Instituții	350...465	300...400
6.	Valoare medie	-	700...800

Consumul specific de apă caldă menajeră pentru diferite clădiri este prezentat în tabelul 6.6.

Tabelul 6.6. Consumul specific de apă caldă menajeră

Nr. crt.	Destinația clădirii		l/zi/pers	
1.	Locuințe	Preparare locală	- lemne	30
			- gaze	60
		Preparare centrală	- permanent	75
			După program	120
2.	Cămine	- duș comun	60	
3.	Hoteluri		60	
4.	Spitale		120	
5.	Spălătorii		20...60	
6.	Intreprinderi	- duș	20...60	

³ parametru greu de determinat