

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



TOPLOTNE IZGUBE: TOPLOTNA UPORNOST HOMOGENIH KONSTRUKCIJ

doc. dr. Matjaž Prek

Ljubljana, 2013

P1 Toplotna upornost - izračun

P1.1 Toplotna upornost homogenih konstrukcij

Toplotna upornost homogenega sloja, skozi katerega teče toplotni tok pravokotno na površino sloja, je določena z izrazom:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

d – debelina homogenega sloja [m]

λ – toplotna prevodnost [W/mK]

Za konstrukcije, ki so sestavljene iz homogenih slojev iz različnih materialov, je toplotna upornost določena z izrazom:

$$R = \sum_j R_{\lambda,j} = \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j}$$

R – toplotna upornost posamezne homogenega sloja

D – debelina j -tega sloja

ali

$$R = R_1 + R_2 \dots + R_j$$

Toplotna prevodnost je recipročna toplotni upornosti:

$$U = \frac{1}{R}$$

P1.2 Toplotna upornost pri prestopu toplote

Vrednosti toplotne upornosti pri prestopu toplote so podane v tabeli 1 v odvisnosti od smeri toplotnega toka in položaja površine (znotraj / zunaj)

Tabela 1: Toplotna upornost pri prestopu toplote

	smer toplotnega toka		
	navzgor ↑	vodoravno ⇒	navzdol ↓
R_{Si}	0,10	0,13	0,17
R_{Se}	0,04	0,04	0,04

R_{Si} – toplotna upornost prestopa toplote na notranji strani (toplotni tok v prostor) [m²K/W]

R_{Se} – toplotna upornost prestopa toplote na zunanji strani (toplotni tok v okolico) [m²K/W]

Vrednosti iz tabele 1 upoštevamo, kadar ni danih robnih pogojev. Vrednosti za vodoravno površino veljajo za toplotne tokove v smeri $\pm 30^\circ$ glede na horizontalno ravnino.

Skupna toplotna upornost konstrukcije:

$$R = R_{Si} + \sum_j R_{\lambda,j} + R_{Se} = R_{Si} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{Se}$$

V kolikor konstrukcija ne meji na okolico stavbe (notranji element), je skupna toplotna upornost:

$$R = R_{Si} + \sum_j R_{\lambda,j} + R_{Si}$$

Natančnejši izračun toplotne upornosti pri prestopu toplote:

$$R_s = \frac{1}{\alpha_c + \alpha_r}$$

α_c – koeficient konvektivne toplotne prestopnosti [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

α_r - koeficient sevalne toplotne prestopnosti [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

Za notranje površine ali zunanje površine v stiku z dobro prezračevanim zračnim slojem (glej točko) je koeficient konvektivne toplotne prestopnosti določen z enačbo:

$$\alpha_c = \alpha_{ci}$$

kjer je za:

- toplotni tok navzgor: $\alpha_{ci} = 5,0 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
- toplotni tok vodoravno: $\alpha_{ci} = 2,5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
- toplotni tok navzdol: $\alpha_{ci} = 0,7 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

Za zunanje površine je koeficient konvektivne toplotne prestopnosti določen z enačbo:

$$\alpha_c = \alpha_{ce} \quad \text{kjer je} \quad \alpha_{ce} = 4 + 4 v$$

v – hitrost vetra v neposredni bližini površine [m/s]

Vrednosti za zunanjo toplotno upornost pri prestopu toplote so za različne hitrosti vetra podane v tabeli 1a.

Tabela 1a: Zunanja toplotna upornost pri prestopu toplote v odvisnosti od hitrosti vetra

hitrost vetra m/s	R_{Se} m^2K/W
1	0,08
2	0,06
3	0,05
4	0,04
5	0,04
7	0,03
10	0,02

Koeficient sevalne toplotne prestopnosti je določen z enačbo:

$$\alpha_r = \varepsilon \alpha_{r0} \quad \text{kjer je} \quad \alpha_{r0} = 4\sigma T_m^3$$

ε – emisivnost površine [-]

α_{r0} – sevalna toplotna prestopnost črnega telesa [W/m^2K] – tabela 1b

σ – Stefan-Boltzmannova konstanta ($5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2K^4$)

T_m – srednja absolutna temperatura površine in njene okolice [K]

Tabela 1b: Sevalna toplotna prestopnost črnega telesa pri srednji temperaturi obeh površin

temperatura °C	α_{r0} W/m^2K
-10	4,1
0	4,6
10	5,1
20	5,7
30	6,3

P1.3 Toplotna upornost zračnih slojev

Vrednosti, podane v tem poglavju, veljajo za zračne sloje, ki:

- so omejeni z dvema planparalelnima ravninama, pravokotnima na smer toplotnega toka in imata emisivnost večjo od 0,8;
- imata debelino (v smeri toplotnega toka) manjšo od 0,1-kratnika vsake od ostalih dveh dimenzij in ni večja od 0,3 m;
- nima izmenjave zraka z okolico.

V kolikor ti pogoji niso izpolnjeni, upoštevamo postopek izračuna, ki je opisan v poglavju 3.4.

P1.3.1 Neprezračevan sloj zraka

Neprezračevan sloj zraka je tisti, kjer je zrak popolnoma zaprt ali so odprtine v okolico, ki so manjše od:

- 500 mm² na 1 m dolžine za navpične sloje zraka;
- 500 mm² na 1 m² površine za vodoravne sloje zraka.

Vrednosti za toplotno upornost so v tabeli 2 za površine z veliko emisivnostjo (> 0,8)

Tabela 2: Toplotna upornost neprezračevanega sloja zraka

debelina sloja zraka mm	toplotna upornost R_{zr} [m ² K/W]		
	smer toplotnega toka		
	navzgor ↑	vodoravno ⇒	navzdol ↓
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
75	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

Opomba: Vmesne vrednosti lahko izračunamo z linearno interpolacijo

Skupna toplotna upornost:

$$R = R_{Si} + \sum_j R_{\lambda,j} + R_{zr} + R_{Se}$$

P1.3.2 Slabo prezračevan sloj zraka

Slabo prezračevan sloj zraka je povezan z zrakom iz okolice z odprtinami, ki so velike:

- > 500 mm², vendar ≤ 1500 mm² na 1 m dolžine za navpične sloje zraka;
- > 500 mm², vendar ≤ 1500 mm² na 1 m² površine za vodoravne sloje zraka;

Vrednost toplotne upornosti slabo prezračevanega sloja zraka je enaka polovični vrednosti neprezračevanega sloja (tabela 2), vendar je največja možna vrednost omejena na 0,15 m²K/W.

Skupna toplotna upornost:

$$R = R_{Si} + \sum_j R_{\lambda,j} + R_{zr} + R_{Se}$$

P1.3.3 Dobro prezračevan sloj zraka

Dobro prezračevan sloj zraka je v primeru odprtin med slojem zraka in okoliškim zrakom velikosti:

- > 1500 mm² na 1 m dolžine za navpične sloje zraka;
- > 1500 mm² na 1 m² površine za vodoravne sloje zraka;

Skupna toplotna upornost gradbenega elementa z dobro prezračevanim slojem zraka je izračunana brez upoštevanja toplotne upornosti sloja zraka in ostalih slojev med slojem zraka in okolico. Upoštevamo toplotno upornost prestopa toplote z zunanje površine, kot je določeno v točki 3.4 za mirujoč zrak.

Skupna toplotna upornost:

$$R = R_{Si} + \sum_j R_{\lambda,j} + R_g$$

j – samo sloji do zračne plasti

R_g – toplotna upornost pri prestopu toplote, izračunana po postopku opisanem v točki 3.4 za mirujoč zrak

P1.3.4 Toplotna upornost prostorov z zrakom (ne velja za okna)

P1.3.4.1 Neprezračevani prostori z zrakom, dolžine in širine večje od 10-kratne debeline

Toplotna upornost prostora z zrakom (zračni žep) je določena z enačbo:

$$R_g = \frac{1}{\alpha_a + \alpha_r}$$

R_g – toplotna upornost zračnega žepa

α_a – koeficient konvektivne / konduktivne toplotne prestopnosti [m²K/W] – točka P3.4.1.1

α_r – koeficient sevalne toplotne prestopnosti [m²K/W] – točka P3.4.1.2

P1.3.4.1.1

Koeficient toplotne prestopnosti α_a je določen s prevodom toplote za mirujoč zrak v ozkih prostorih (regah) in s konvekcijo α_c v primeru širokih prostorih.

$$\alpha_{a,c} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} 0,025/d \\ \text{vrednost iz tabele 3.4a} \\ \text{vrednost iz tabele 3.4b} \end{array} \right\}$$

d – debelina plasti zraka v smeri toplotnega toka [m]

Tabela 3.4a: Koeficient konvektivnega prestopa toplote pri temperaturni razliki $\Delta T = 5 \text{ K}$

smer toplotnega toka	$\alpha_{a,c}$ W/m ² K
vodoravno \Rightarrow	$\alpha_{a,c} = 1,25$
navzgor \uparrow	$\alpha_{a,c} = 1,95$
navzdol \downarrow	$\alpha_{a,c} = 0,12 d^{-0,44}$

Če je temperaturna razlika večja od 5 K se upoštevajo vrednosti iz tabele 3.4b

Tabela 3.4a: Koeficient konvektivnega prestopa toplote pri znani temperaturni razliki

smer toplotnega toka	$\alpha_{a,c}$ W/m ² K
vodoravno \Rightarrow	$\alpha_{a,c} = 0,73 (\Delta T)^{1/3}$
navzgor \uparrow	$\alpha_{a,c} = 1,14 (\Delta T)^{1/3}$
navzdol \downarrow	$\alpha_{a,c} = 0,09 (\Delta T)^{1,87} d^{-0,44}$

P1.3.4.1.2

Koeficient sevalne toplotne prestopnosti α_r je določen z enačbo:

$$\alpha_r = E \alpha_{r0} \quad \text{in} \quad E = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}$$

E – emisivnost, ki zajema sevalno izmenjavo toplote med notranjima površinama

α_{r0} – sevalna toplotna prestopnost črnega telesa [W/m²K] – tabela 1b

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – hemisferični emisivnosti mejnih površin

Opomba: vrednosti v tabeli 2 so izračunane s pomočjo zgornje enačbe za emisivnosti $\varepsilon_1 = 0,9$ in $\varepsilon_2 = 0,9$ ter α_{r0} pri 10 °C.

P1.3.4.2 Prezračevani prostori z zrakom, dolžine in širine večje od 10-kratne debeline

Toplotna upornost slabo prezračevanega prostora z zrakom (zračnega žepa), kot je določeno v točki 3.1, je enaka polovični vrednosti toplotne upornosti neprezračevanega prostora z zrakom enake velikosti.

Za dobro prezračevane prostore z zrakom (zračne žepe), kot je določeno v točki 3.2, velja enak postopek kot za dobro prezračevane zračne sloje (točka 3.2).

P1.3.4.3 Majhni ali predeljeni prostori z zrakom (zračni žepi)

Majhni zračni žepi imajo širino manjšo od 10-kratnika debeline. Toplotna upornost je določena z enačbo:

$$R_g = \frac{1}{\alpha_a + \alpha_r}$$

$$\alpha_r = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 2 + \left(1 + \sqrt{1 + d^2/b^2} - d/b\right)}$$

R_g – toplotna upornost zračnega žepa

d – debelina zračnega žepa

b – širina zračnega žepa

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – hemisferični emisivnosti hladne in tople mejne površine

α_a in α_{r0} izračunana po postopku, določenem v točki 3.4.1

P1.4 Toplotna upornost enostavnih nehomogenih konstrukcij

Enostavne nehomogene konstrukcije so sestavljene iz ene ali več homogenih slojev iste skupne debeline, ki so nameščeni paralelno v konstrukcijo (slika 1). Za izračun toplotne prehodnosti se lahko uporabi poenostavljena metoda, če toplotna izolacija ni prekinjena s kovino (izjema so kovinski pritrdilni elementi, kjer se upošteva korekcija).

Skupna toplotna upornost konstrukcije je določena kot aritmetična sredina med zgornjo in spodnjo mejo toplotne upornosti:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2}$$

R'_T - zgornja meja skupne toplotne upornosti

R''_T - spodnja meja skupne toplotne upornosti

Izračun zgornje in spodnje meje izvedemo tako, da konstrukcijo razdelimo v odseke in sloje tako, da je vsak sestavni del konstrukcije toplotno homogen (slika 1).

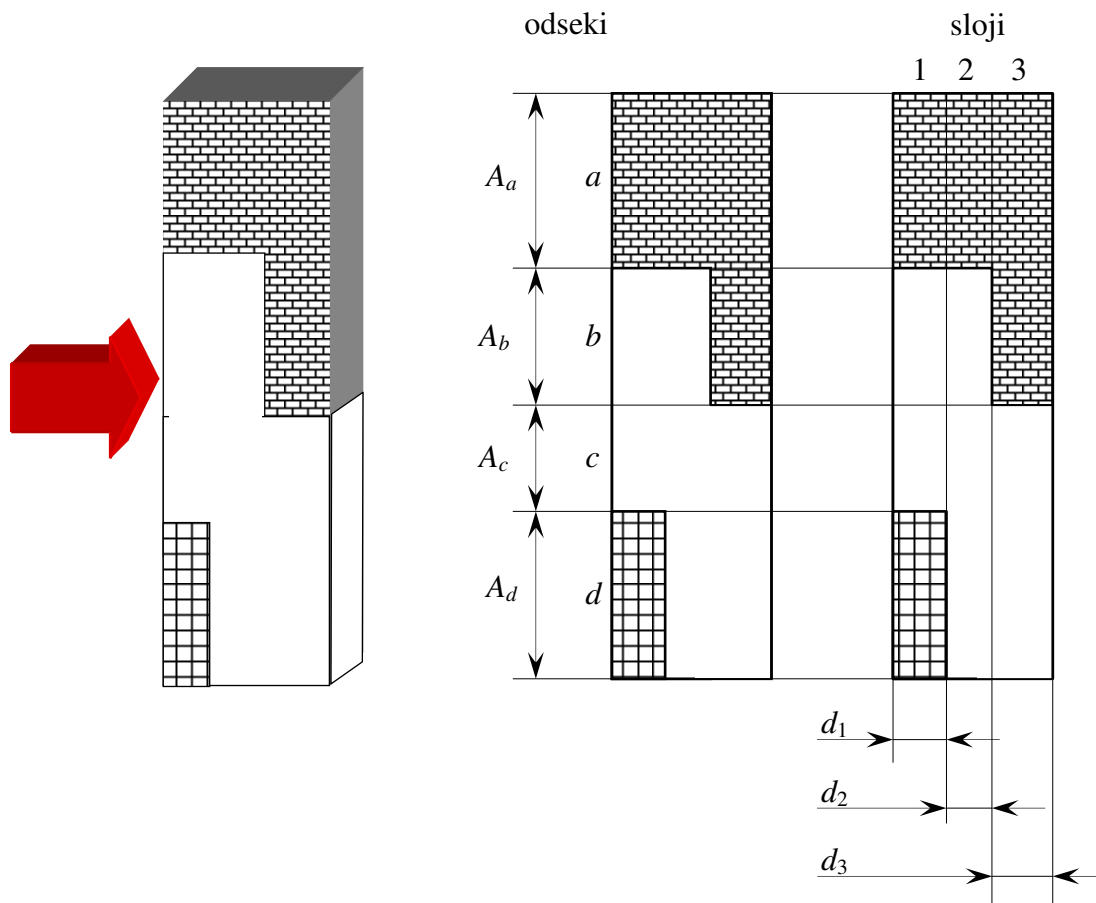
Odsek m ($m = a, b, c, \dots, q$) je pravokoten na površino konstrukcije in ima površino A_m oziroma delež celotne površine:

$$f_m = \frac{A}{A_m}$$

Sloj j ($j = 1, 2, 3 \dots n$) je vzporeden s površino konstrukcije in ima debelino d_j .

Del konstrukcije mj je homogen in ima toplotno prevodnost λ_{mj} , debelino d_j , površino A_m in toplotno upornost R_{mj} .

Površina dela konstrukcije je proporcionalna celotni površini: $A_a + A_b + \dots + A_q = A$



Slika 1: Na levi strani je enostavna nehomogena konstrukcija zidu. Razdeljena je na sekcije (a do d) in sloje (1 do 3)

Zgornja meja toplotne upornosti R'_T je za primer enodimenzionalnega toplotnega toka pravokotno na površino konstrukcije določena z enačbo:

$$\frac{A}{R'_T} = \frac{A_a}{R_{Ta}} + \frac{A_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{A_q}{R_{Tq}} \quad \text{ali} \quad \frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_q}{R_{Tq}}$$

kjer so $R_{Ta}, R_{Tb}, \dots, R_{Tq}$ skupne toplotne upornosti vsake homogene sekcije s površinami A_a, A_b, \dots, A_q :

$$R_{Tm} = R_{Si} + \sum_{i(m)} R_{\lambda,i(m)} + R_{Se}$$

Spodnja meja skupne toplotne upornosti R_T'' je izračunana ob predpostavki, da so vse površine elementov, vzporedne s površino konstrukcije, izotermne. Za vsak nehomogen sloj izračunamo ekvivalentno toplotno upornost:

$$\frac{A}{R_T''} = \frac{A_a}{R_{aj}} + \frac{A_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{A_q}{R_{qj}} \quad \text{ali} \quad \frac{1}{R_T''} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_q}{R_{qj}}$$

Spodnja meja toplotne prevodnosti pa je določena z enačbo:

$$R_T'' = R_{Si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{Se}$$

P2 PURES TSG-1-004:2010 Točka 3., 8. člen:

3.1 TOPLOTNA PREHODNOST

3.1.1 Splošno

(1) Toplotna prehodnost elementov zunanje površine stavbe in ločilnih elementov delov stavbe z različnimi režimi notranjega toplotnega ugodja, ki se določi po standardih SIST EN ISO 6946 in SIST EN ISO 10211, ne sme presegati vrednosti, navedenih v tabeli 1.

Tabela 1

Gradbena konstrukcija	U_{\max} (W/m ² K)
1. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom,	0,28
2. Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom – manjše površine, ki skupaj ne presegajo 10% površine neprozornega dela zunanje stene ter terase manjše velikosti, ki skupaj ne presegajo 5% površine strehe	0,60
3. Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo...	0,35
4 Tla nad zunanjim zrakom	0,30
5. Stene in medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov	0,90
6. Stene, ki mejijo na sosednje stavbe	0,50
7. Zunanja stena proti terenu, strop proti terenu in tla na terenu (ne velja za industrijske stavbe)	0,35
8. Medetažna konstrukcija proti neogrevanemu prostoru, ravna in poševna streha nad neogrevanim prostorom	0,20
9. Tla na terenu in tla nad terenom pri panelnem – talnem ogrevanju (ploskovnem gretju)	0,30
10. Lahke zunanje vertikalne gradbene konstrukcije (pod 150 kg/m ²)	0,20
11. Okna, balkonska vrata gretih prostorov in greti zimski vrtovi	1,30
12. Strešna okna	1,40
13. Steklene strehe, svetlobniki, zimski vrtovi, svetlobne kupole	2,40

(2) Vrednosti za toplotno prehodnost iz tabele 2 se smiselno uporabljajo tudi za notranje gradbene konstrukcije, ki mejijo na prostore, v katerih lahko notranja temperatura pri projektni zunanji temperaturi pade pod 12 °C.

3.1.2 Toplotni mostovi

(1) Vpliv toplotnih mostov na letno potrebo po toploti mora biti čim manjši. Toplotnim mostovom z linijsko toplotno prehodnostjo $\Psi_e > 0,2$ W/mK (standard SIST EN ISO 14683, Tabela 2 ali SIST EN ISO 10211) se je treba z ukrepi v skladu z zadnjim stanjem gradbene tehnike izogniti s popravki načrtovanih detajlov, če pa to ni mogoče, je treba dokazati, da vodna para na mestih toplotnih mostov ne bo kondenzirala.

(2) V računu potrebne toplote za ogrevanje se vpliv toplotnih mostov upošteva po standardih SIST EN ISO 13789, SIST EN ISO 14683 oziroma SIST EN ISO 10211.

(3) Če imajo vsi toplotni mostovi v stavbi linijsko toplotno prehodnost $\Psi_e < 0,2 \text{ W/mK}$ (standard SIST EN ISO 14683, Tabela 2), se lahko njihov vpliv upošteva na poenostavljeni način, s povečanjem toplotne prehodnosti celotnega ovoja stavbe za $0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$.

3.1.3 Stavbno pohoštvo

(1) V ogrevanih prostorih stavbe se sme uporabljati zasteklitev s toplotno prehodnostjo U_{st} največ $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

(2) Toplotna prehodnost oken (steklo in okvir) v odvisnosti od materiala okvirjev ne sme biti večja od $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ pri oknih z lesenim profilom, profilom iz umetne mase in s profilom iz kombinacije materialov, katerih osnova je profil iz lesa ali iz umetne mase, oziroma od $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ pri oknih s kovinskimi okvirji.

(3) Toplotna prehodnost zunanjih vrat ne sme biti večja od $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

(4) Toplotna prehodnost dela ovoja na mestu, kjer je vgrajena omarica za rolete ali druga senčila, vključno s pogoni in napravami za njihovo upravljanje ne sme biti večja od $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

(5) Zahteve tega člena ne veljajo za izložbena okna, ki omejujejo zaprt izložbeni prostor, in za steklena vrata, ki so del vetrolova.

(6) V neogrevanih prostorih s temperaturo pod 15 °C je na ovoju stavbe dovoljena uporaba steklenih prizem (steklakov).

P3 Snovni podatki (PURES TSG-1-004:2010 14. člen)

Kadar konkretni podatki o gradbenem materialu niso dostopni in gre za običajne materiale, se pri izračunih uporabljajo snovni podatki, navedeni v spodnji tabeli.

Material	Gostota, ρ kg/m ³	Specifična toplota, c J/kgK	Toplotna prevodnost, λ W/mK	Difuzijska upornost vodni pari, μ
I. ZIDOVI				
1. Polna opeka (izvotljenost 0 do 15 %)	1 800	920	0,76	12
	1 600	920	0,64	9
	1 400	920	0,58	7
	1 200	920	0,47	5
2. Mrežasta in votla opeka (gostota skupaj z odprtinami)	1 400	920	0,61	6
	1 200	920	0,52	4
3. Porozna opeka	800	920	0,33	2,5
4. Klinker opeka, polna klinker opeka, izvotljena	1 900	880	1,05	35
	1 700	880	0,79	30
5. Bloki iz elektrofiltrskega pepela	1 500	920	0,58	5
	1 300	920	0,47	4
6. Silikatna polna opeka	2 000	920	1,10	20
	1 800	920	0,99	16
	1 600	920	0,79	13
7. Silikatna votla opeka (gostota skupaj z odprtinami)	1 400	920	0,70	7
	1 200	920	0,56	4
8. Porolit	1 200	920	0,52	4
9. Žlindrin termoblok (gostota skupaj z odprtinami)	1 600	920	0,64	4
	1 400	920	0,58	4
	1 200	920	0,52	4
10. Bloki iz porobetona	440	860	0,13	5
	460	860	0,14	5
	500	860	0,16	5
	650	860	0,18	5
11. Bloki iz celičastega betona	800	1 050	0,35	7
	600	1 050	0,27	5
12. Polni bloki iz lahkega betona	1 000	840	0,47	4
	1 200	840	0,52	5
	1 400	840	0,64	7
	1 600	840	0,80	9
13. Betonski bloki z odprtinami v dveh vrstah, iz lahkega betona (gostota brez odprtin)	1 000	1 050	0,44	2
	1 200	1 050	0,49	3
	1 400	1 050	0,56	4
14. Enako kot 13, odprtine v treh vrstah (gostota brez odprtin)	1 400	1 050	0,49	5
	1 600	1 050	0,56	6

15. Zid iz naravnega kamna	2 000	920	1,16	22
16. Betonski votlaki z odprtini v treh vrstah (gostota skupaj z odprtini)	1 600	960	0,74	10
17. Porozna opeka			0,22-0,35	
II. MALTE				
18. Apnena malta	1 600	1 050	0,81	10
19. Podaljšana apnena malta	1 700	1 050	0,85	15
	1 800	1 050	0,87	20
	1 900	1 050	0,99	25
20. Cementa malta Cementni estrih	2 100	1 050	1,40	30
	2 200	1 050	1,40	30
21. Pigmentna fasadna malta	1 850	1 050	0,70	15
22. Cementna malta + lateks (sintetični dodatki)	1 900	1 050	0,70	30
23. Mavčna in apnena mavčna malta Lahka mavčna malta	1 500	920	0,70	9
	1 000	920	0,47	4
24. Perlitna malta Toplotnoizolacijska malta Mavčna malta na trstiki Mavčna malta na rabi mreži	500	1 050	0,13	4
	600	920	0,19	6
	1 000	920	0,47	3
	1 200	920	0,58	4
III. NARAVNI KAMEN IN ZEMLJA				
25. Granit, gnajs	2 600 do 2 800	920	3,5	65
26. Gosti apnenec, dolomit, marmor	2 600 do 2 850	920	2,3 do 3,5	65
27. Peščenec, amorfni apnenec	2 600	920	1,7	50
28. Pesek in drobni gramoz	1 500 do 2 000	840	1,2 do 1,7	15
29. Zaraščeno zemljišče, humus	1 500 do 2 000	840	1,5 do 2,6	50
IV. POLNILA				
30. Pesek, suh	1 800	840	0,58	1,4
31. Gramoz, suh	1 700	840	0,81	1,5
32. Zdrobljena opeka	800	840	0,41	1,3
33. Zdrobljena pluta	50	840	0,04	1,1
34. Perlit, nasut	100	840	0,05	1,3
35. Keramzit, nasut	400	840	0,22	1,3
36. Oblanci	250	2 090	0,09	1,2
38. Nasuta zemlja (vlažna)	1 700	840	2,1	
V. BETONI				
39. Betoni s kamnitimi agregati	2 500	960	2,33	90
	2 400	960	2,04	60
	2 200	960	1,51	30
	2 000	960	1,16	22
	1 800	960	0,93	15
40. Keramzitni betoni	1 400	1 000	0,58	10
	1 200	1 000	0,47	6

	1 000	1 000	0,38	4
	800	1 000	0,29	3
41. Parjeni, celični betoni	800	1 050	0,29	7
	600	1 050	0,23	5
	500	1 050	0,19	3
	400	1 050	0,14	2
42. Beton iz opečnega drobirja	1 600	920	0,76	6
	1 400	920	0,58	4
	1 200	920	0,47	3
43. Beton iz žindre	1 600	960	0,76	5
	1 400	960	0,58	4
	1 200	960	0,47	3
VI. MATERIALI ZA OBLOGE				
44. Azbestno-cementne plošče				
- nestisnjene	1 800	960	0,35	20
- stisnjene, utrjene s paro	2 100	960	0,41	50
- stisnjene, utrjene na zraku	2 100	960	0,41	20
- porozne, utrjene s paro	850	960	0,21	5
45. Mavčno-kartonske plošče				
- do 15 mm	900	840	0,21	12
- do 18 mm	900	840	0,23	8
46. Polne mavčne plošče	1 400	840	0,70	12
	1 200	840	0,58	8,5
	1 000	840	0,47	6
47. Mavčne plošče s polnili, odprtini ali porozne	800	840	0,35	4
	600	840	0,29	3
48. Klinker ploščice	1 900	920	1,05	100
49. Ploščice iz opeke	1 800	920	0,79	20
50. Fasadne plošče, glazirane	1 800	920	0,92	300
51. Keramične ploščice				
- stenske, glazirane	1 700	920	0,87	200
- talne, neglazirane	2 300	920	1,28	200
52. Keramični mozaik				
- 50 mm x 50 mm - 16 % rege				140
- 20 mm x 20 mm - 21 % rege	1 900	880	0,99	100
- 12 mm x 12 mm - 26 % rege				90
53. Stekleni mozaik				
- 20 mm x 20 mm - 20 % votlin	2 300	840	0,70	150
54. Linolej	1 200	1 880	0,19	500
55. Guma	1 000	1 470	0,16	10 000
56. Vnaprej izdelani betonski elementi	2 500	960	2,33	90
	2 400	960	2,04	70
57. Lahki betonski elementi	1 200	920	0,47	10
58. Plošče iz gostih apnencev, dolomita in marmorja	2 650 do 2 850	880	2,33	65

Plošče iz peščenjaka	2 600	880	2,33	50
59. Okensko steklo	2 500	840	0,81	10 000
60. Armirano steklo	2 600	840	0,44	100 000
61. Votli stekleni bloki	1 100	840	0,44	4 000
62. Les				
- hrast	700 do 800	2 090 do 2 510	0,21	40 do 60
- smreka, bor	500 do 600	2 090	0,14	70
63. Panelne plošče, obstojne v vodi	600	2 090	0,12	60
- težke, za zunanje obloge	620	2 090	0,13	60
- lažje, za notranje obloge	400	2 090	0,08	30
64. Vezane plošče, obstojne v vodi	660	2 090		100
- za notranje obloge	550	2 090	0,14	60
65. Iverne plošče				
- trde	1 000	1 880	0,12	17
- mehke	400	2 090	0,058	6
	300	2 090	0,052	3
	200	2 090	0,047	2
66. Iverne plošče, stisnjene	600	2 090	0,099	60
67. Plošče iz lesne volne (izolit, heraklit ipd.)				
- z debelino 15 mm	550	2 010	0,140	11
- z debelino 25 mm	500	1 670	0,099	8
- z debelino 35 mm	450	1 670	0,093	6
- z debelino 50 mm	400	1 670	0,081	5
68. Papirnate tapete	600	1 340	0,15	5
- pralne	700	1 340	0,15	10
- plastične	700	1 250	0,20	3 000
69. Bitumen	1 100	1 050	0,17	1 200
70. Asfalt	2 100	1 050	0,70	2 500
- asfalt, 20 mm	1 900	1 050	0,70	2 000
71. Bitumenska lepenka	1 100	1 460	0,19	2 000
72. PVC, homogen	1 400	960	0,23	10 000
PVC, na klobučevini	800	960	0,12	3 000
73. Vinil azbestne plošče	950	960	0,16	1 000
74. Preproge				
- napeti tufting	250	1 230	0,070	1,5
- lepljeni tufting	270	1 230	0,081	10
- iglana lepljena	300	1 460	0,090	10
75. Deske za tla	520	1 670	0,140	15
76. Parket	700	1 670	0,21	15
77. Trde plošče iz lesenih vlaken	900	1 670	0,19	70
78. Polietilenske folije	1 000	1 250	0,19	80 000
79. PVC folija, mehka	1 200	960	0,19	42 000
80. Bitumenski trak z vložkom aluminjske folije z debelino				

0,1 mm	900	1 460	0,19	100 000
0,2 mm	950	1 460	0,19	150 000
81. Bitumenski trakovi, zvarjeni, z debelino 5 mm, z aluminijško folijo 0,2 mm	1 000	1 460	0,19	140 000
82. Strešna lepenka	1 100	1 460	0,19	2 000
83. Večkratni bitumenski premaz, armiran v eni plasti - 10 mm	1 100	1 460	0,17	10 000
84. Večplastna bitumenska hidroizolacija z debelino 13 do 16 mm	1 100	1 460	0,19	14 000
Večplastna bitumenska hidroizolacija na perforirani lepenki	1 200	1 460	0,19	14 000
85. PVC strešni trakovi, mehki	1 200	960	0,19	20 000
86. PIB (poliizobutil) trakovi	1 600	960	0,26	300 000
87. CR (kloropren-kavčuk) trakovi	1 300	1 000	0,23	100 000
88. CSM (klorosulfidni polietilen) trakovi	1 500	1 000	0,30	80 000
89. EPDM (etilen-propilen-kavčuk) trakovi	1 200	1 040	0,30	100 000
90. Strešniki	1 900	880	0,99	40
91. Skrilne plošče	2 800	820	2,90	120
92. Azbestno-cementne plošče	1 800	960	0,35	50
X. KOVINE				
93. Jeklo	7 800	460	53,5	
- lito jeklo	7 200	500	46,5	600 000
94. Aluminijška folija 0,10				600 000
0,15	2 700	940	203	700 000
0,20				800 000
95. Bakrena folija 0,10	9 000	380	380	700 000
0,15				800 000
96. Svinec	11 500	130	35	
97. Cink	7 100	390	110	
XI. TOPLOTNI IZOLATORJI				
	14	840	0,038	1
	23	840	0,034	1
	30	840	0,032	1
98. Steklena volna	60	840	0,032	1
	80	840	0,034	1
	30	840	0,038	1
	80	840	0,034	1
	100	840	0,033	1
99. Kamena volna	160	840	0,037	1
	180	840	0,039	1
100. Steklena pena	145	840	0,056	10 000

101. Pluta, ekspanzirana, impregnirana	120	1 670	0,041	10
	160	1 670	0,044	22
102. Plošče iz prešite trstike	800	1 260	0,046	2
103. Plošče iz stiskane slame (stramit)	350	1 470	0,098	3
104. Brizgani azbest	400	1 670	0,12	38
	600	1 670	0,13	40
105. Lesni beton	550	1 465	0,14	5
	800	1 465	0,24	10
106. Sintetične plošče iz večplastnega poliestra	1 400	1 590	0,19	50 000
	1 500	1 090	0,23	50 000
107. Plošče iz akrilne smole	1 180	1 000	0,19	8 000
108. PVMD in PVC plošče	1 400	960	0,21	16 000
109. Polistirenske plošče (v blokih)	15	1 260	0,041	25
	20	1 260	0,041	35
	25	1 260	0,041	40
	30	1 260	0,041	45
110. Polistiren, izdelan v kalupih	20	1 260	0,041	40
	25	1 260	0,041	50
	30	1 260	0,041	60
111. Fenolne plošče, rezane iz blokov	40	1 260	0,041	35
	60	1 260	0,041	40
112. Poliuretanske plošče, izrezane iz blokov	30	1 380	0,035	40
	40	1 380	0,035	50
113. PVC plošče	50	1 260	0,041	200
114. Urea plošče	15	1 260	0,040	3
115 Ekstrudirani polistiren (XPS)				
Do vključno debeline 80 mm z gladko površino	33	1500	0,035	50
Do vključno debeline 80 mm z brušeno površino	33	1500	0,035	120
Nad debelino 80 mm z gladko površino	33	1500	0,038	50
Nad debelino 80 mm z brušeno površino	33	1500	0,038	120
116. Ovčja volna	20	900	0,040	1
117. Kokosova vlakna	100	1600	0,045	1
118. Vlaknaste lesne plošče	190	2000	0,045	10
119. Toplotnoizolacijski ometi			0,09-0,25	8-10
120. Celulozna vlakna	85	1800	0,040	1
121. Bombaž	20	840	0,040	1
122. Perlitne plošče	150	1000	0,060	5
123. Penjeno steklo	140	1100	0,060	∞
124. Poliuretanska pena	15	1500	0,025	30
	80	1500	0,040	100
125. Perlitno nasutje	90	1000	0,055	3