

Sustavi grijanja u zgradarstvu - metoda proračuna toplinskog opterećenja prema EN 12831

1. PROJEKTNI TOPLINSKI GUBICI PROSTORIJE

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [\text{W}] \quad (1)$$

$\Phi_{T,i}$ - projektni transmisijski gubici topline prostorije [W]

$\Phi_{V,i}$ - projektni ventilacijski gubici topline prostorije [W]

1.1. PROJEKTNI TRANSMISIJSKI GUBICI

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij})(\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (2)$$

$H_{T,ie}$ – koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu [W/K]

$H_{T,iue}$ – koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu [W/K]

$H_{T,ig}$ – stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu [W/K]

$H_{T,ij}$ – koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature [W/K]

$\theta_{int,i}$ – unutarnja projektna temperatura grijanog prostora [°C]

θ_e – vanjska projektna temperatura [°C]

1.1.1. Transmisijski gubici prema vanjskom okolišu – koeficijent gubitka $H_{T,ie}$

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k U_k e_k + \sum_l \Psi_l l_l e_l \quad [\text{W/K}] \quad (3)$$

A_k - površina plohe "k" (zid, prozor, vrata, strop, pod) kroz koju prolazi toplina [m²]

e_k, e_l - korekcijski faktori izloženosti koji uzimaju u obzir klimatske utjecaje kao vlažnost, temperatura, brzina vjetera. Određuju se na nacionalnoj razini. Ako vrijednosti nisu određene nacionalnoj razini uzeti 1.

U_k - koeficijent prolaza topline elementa građevine "k" [W/m²K]

l_l - dužina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije [m]

Ψ_l - linearni koeficijent prolaza topline linearnog toplinskog mosta "l" [W/mK]

1.1.2. Transmisijski gubici kroz negrijane prostore – koeficijent gubitka $H_{T,iue}$

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k U_k b_u + \sum_l \Psi_l l b_u \quad [\text{W/K}] \quad (4)$$

b_u - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku prjektnu temperaturu

Faktor smanjenja temperaturne razlike se određuje na jedan od slijedecih nacina:

a) ako je temperatura negrijanog prostora poznata ili se racuna onda:

$$b_u = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_u}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} \quad [-] \quad (5)$$

Temperatura u negrijanim prostorima θ_u , može se izracunati prema DIN 4107:

$$\theta_u = \frac{\sum_i (UA)_{\text{int},i} \theta_{\text{int},i} + \sum_j (UA)_{\text{ue},j} \theta_e}{\sum_i (UA)_{\text{int},i} + \sum_j (UA)_{\text{ue},j}} \quad [^\circ\text{C}] \quad (6)$$

$\Sigma(UA)_{\text{int},i}$ - suma umnožaka UA za pregrade prostorije koje graniče sa susjednim prostorijama [W/K]

$\Sigma(UA)_{\text{u,e}}$ - suma umnožaka UA za pregrade prostorije koje graniče s vanjskim zrakom

b) ako je temperatura negrijanog prostora nepoznata onda prema preporucenim vrijednostima :

Tablica 1. Faktor smanjenja temperaturne razlike, b_u

| Negrijani prostor | b_u |
|---|-------|
| Prostorija | |
| sa 1 vanjskim zidom | 0,4 |
| sa najmanje 2 vanjska zida bez vanjskih vrata | 0,5 |
| sa najmanje 2 vanjska zida i vanjskim vratima (npr. garaze, hodnjici) | 0,6 |
| sa 3 vanjska vrata (npr. vanjsko stubiste) | 0,8 |

| | |
|--|-------------------|
| Podrum - bez prozora/vanjskih vrata - sa prozorima/vanjskim vratima | 0,5 0,8 |
| Potkrovlje - neizolirani krov velike propusnosti (npr. crijep ili drugi nekontinuirani pokrov) - drugi tipovi krova bez izolacije - izolirani krov | 1,0 0,9 0,7 |
| Uutarnji neventilirani prostori (bez vanjskih zidova, broj izmjena zraka manji od 0,5 h ⁻¹) | 0 |
| Unutarnji prostori sa prirodnom ventilacijom (povrsina otvora/volumen prostorije >0.005 m ² /m ³) | 1,0 |
| Podignuti pod (pod iznad razine tla) | 0,8 |

1.1.3. Transmisijski gubici prema tlu – koeficijent gubitka $H_{T,ig}$

$$H_{T,ig} = f_{g1} f_{g2} \left(\sum_k A_k U_{equiv,k} \right) G_w \quad [\text{W/K}] \quad (7)$$

f_{g1} - korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature
predložena vrijednost: 1.45

f_{g2} - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske i vanjske projektne temperature prema jednadzbi:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} ; \quad (8)$$

$U_{eq,k}$ - ekvivalentni koef. prolaza topline iz tablica i dijagrama prema tipologiji poda (dubina ispod površine tla, koef. Upod, karakt. B' ...) (W/m²K)

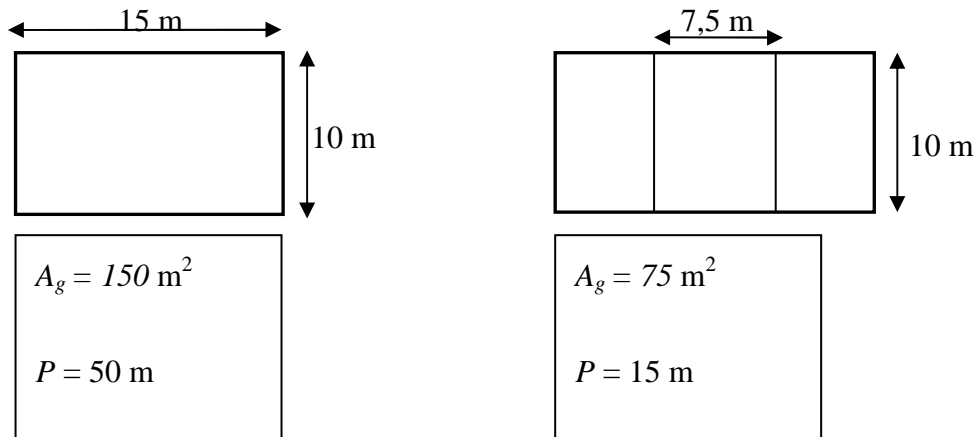
G_w - korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode, za udaljenost poda do vode ≤1m uzeti 1.15; inače 1.00

Karakteristicni parametar, B' , se određuje prema jednadzbi:

$$B' = \frac{A_g}{0,5P} \quad [\text{m}] \quad (9)$$

A_g - površina poda [m^2]

P - ukupna dužina vanjskih zidova koji odvajaju grijani prostor od vanjskog okolisa [m]

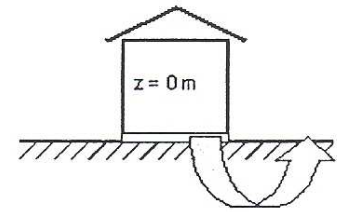
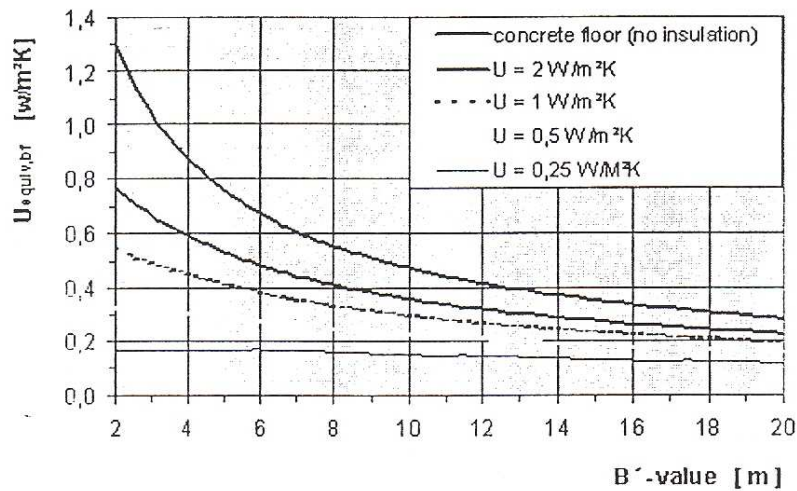


Slika 1. Određivanje parametra B'

Parametar B' , izračunati za svaku prostoriju posebno na jedan od tri slijedeća načina:

- za sve prostorije bez vanjskih zidova koji odvajaju grijani prostor od vanjske okoline, koristiti B' izračunat za građevinu u cjelini
- za sve prostorije sa dobro izoliranim podom ($U_{\text{floor}} < 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$), koristiti B' izračunat za građevinu u cjelini
- za sve ostale prostorije, izračunati B' za svaku prostoriju posebno

Konstrukcija poda u razini tla



$U_{equiv,bf}$

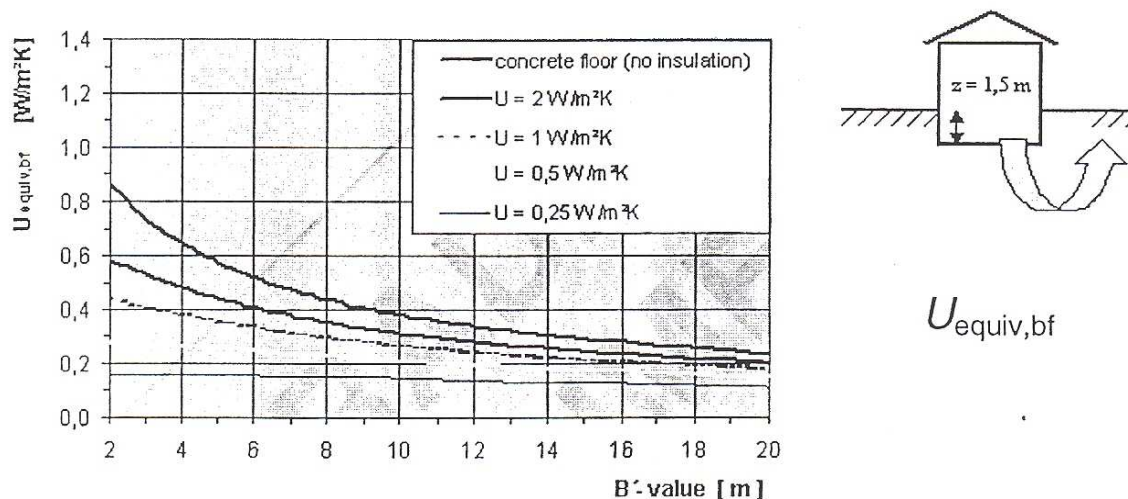
Slika 2. $U_{equiv,bf}$ - vrijednost za podrumski pod za pod u razini tla, kao funkcija koeficijenta prolaza topline poda i vrijednosti B'

Tablica 2. $U_{equiv,bf}$ - vrijednost za podrumski pod za pod u razini tla, kao funkcija koeficijenta prolaza topline poda i vrijednosti B'

| B' [m] | $U_{equiv,bf}$ (za $z = 0$ m) W/m ² K | | | | |
|----------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | bez izolacije | $U_{floor} = 2,0$ W/m ² K | $U_{floor} = 1,0$ W/m ² K | $U_{floor} = 0,5$ W/m ² K | $U_{floor} = 0,25$ W/m ² K |
| 2 | 1,30 | 0,77 | 0,55 | 0,33 | 0,17 |
| 4 | 0,88 | 0,59 | 0,45 | 0,30 | 0,17 |
| 6 | 0,68 | 0,48 | 0,38 | 0,27 | 0,17 |
| 8 | 0,55 | 0,41 | 0,33 | 0,25 | 0,16 |
| 10 | 0,47 | 0,36 | 0,30 | 0,23 | 0,15 |
| 12 | 0,41 | 0,32 | 0,27 | 0,21 | 0,14 |
| 14 | 0,37 | 0,29 | 0,24 | 0,19 | 0,14 |
| 16 | 0,33 | 0,26 | 0,22 | 0,18 | 0,13 |
| 18 | 0,31 | 0,24 | 0,21 | 0,17 | 0,12 |
| 20 | 0,28 | 0,22 | 0,19 | 0,16 | 0,12 |

Grijani podrum sa razinom poda ispod razine tla

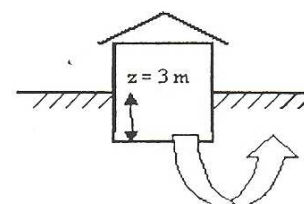
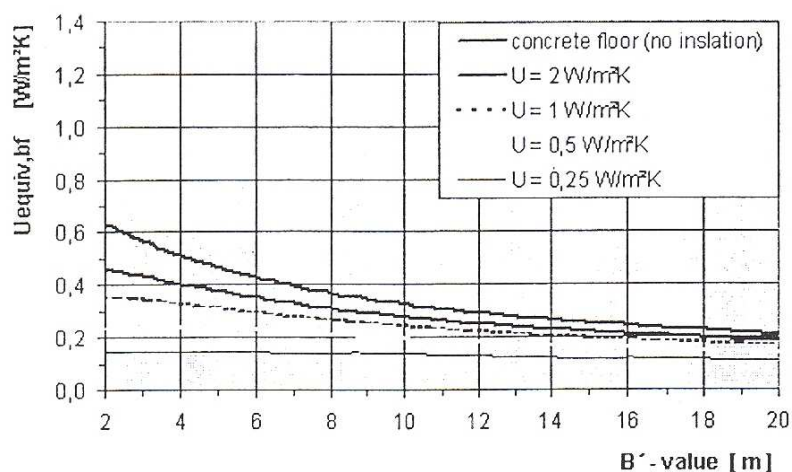
Za razliku od poda u razini tla ovdje se računaju ekvivalentni koeficijenti prolaza topline za elemente pod $U_{equiv,bf}$, i za zidove $U_{equiv,bw}$. Kod podruma koji su djelomično ispod razine tla, gubici topline onih dijelova koji su iznad tla računaju se prema 1.1.1. a dijelovi koji su ispod razine tla prema slijedećim dijagramima i tablicama.



Slika 3. $U_{equiv,bf}$ - vrijednost za podrumski pod 1,5 m ispod razine tla kao funkcija koeficijenta prolaza topline poda i vrijednosti B'

Tablica 3. $U_{equiv,bf}$ - vrijednost za podrumski pod 1,5 m ispod razine tla kao funkcija koeficijenta prolaza topline poda i vrijednosti B'

| B' [m] | $U_{equiv,bf}$ (za $z = 1,5$ m) | | | | |
|----------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | W/m ² K | | | | |
| | bez izolacije | $U_{floor} = 2,0$ W/m ² K | $U_{floor} = 1,0$ W/m ² K | $U_{floor} = 0,5$ W/m ² K | $U_{floor} = 0,25$ W/m ² K |
| 2 | 0,86 | 0,58 | 0,44 | 0,28 | 0,16 |
| 4 | 0,64 | 0,48 | 0,38 | 0,26 | 0,16 |
| 6 | 0,52 | 0,40 | 0,33 | 0,25 | 0,15 |
| 8 | 0,44 | 0,35 | 0,29 | 0,23 | 0,15 |
| 10 | 0,38 | 0,31 | 0,26 | 0,21 | 0,14 |
| 12 | 0,34 | 0,28 | 0,24 | 0,19 | 0,14 |
| 14 | 0,30 | 0,25 | 0,22 | 0,18 | 0,13 |
| 16 | 0,28 | 0,23 | 0,20 | 0,17 | 0,12 |
| 18 | 0,25 | 0,22 | 0,19 | 0,16 | 0,12 |
| 20 | 0,24 | 0,20 | 0,18 | 0,15 | 0,11 |

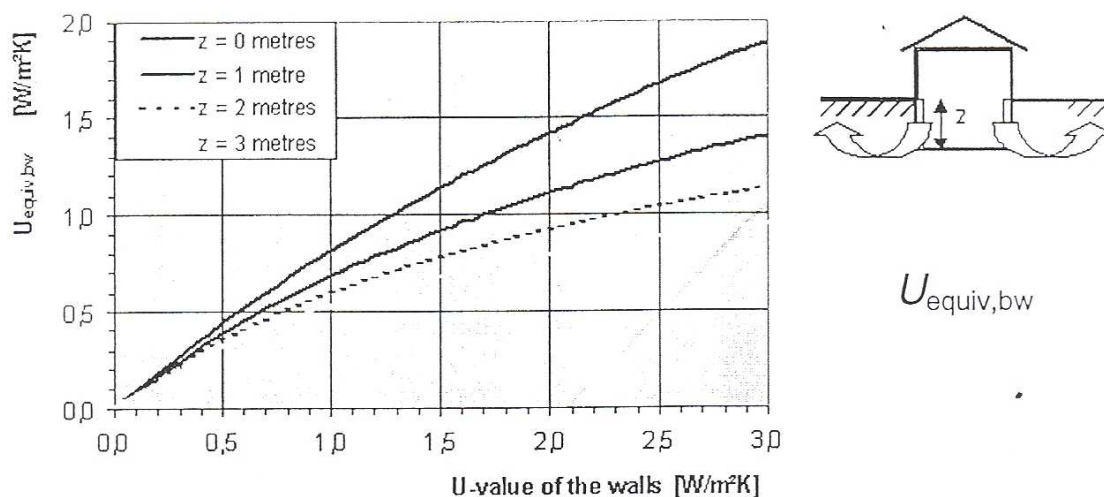


$U_{equiv,bf}$

Slika 4. $U_{equiv,bf}$ - vrijednost za podrumski pod 3 m ispod razine tla kao funkcija koeficijenta prolaza topline poda i vrijednosti B'

Tablica 4. $U_{equiv,bf}$ - vrijednost za podrumski pod 3 m ispod razine tla kao funkcija koeficijenta prolaza topline poda i vrijednosti B'

| B' [m] | $U_{equiv,bf}$ (za $z = 3$ m) W/m^2K | | | | |
|----------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | bez izolacije | $U_{floor} = 2,0 W/m^2K$ | $U_{floor} = 1,0 W/m^2K$ | $U_{floor} = 0,5 W/m^2K$ | $U_{floor} = 0,25 W/m^2K$ |
| 2 | 0,63 | 0,46 | 0,35 | 0,24 | 0,14 |
| 4 | 0,51 | 0,40 | 0,33 | 0,24 | 0,14 |
| 6 | 0,43 | 0,35 | 0,29 | 0,22 | 0,14 |
| 8 | 0,37 | 0,31 | 0,26 | 0,21 | 0,14 |
| 10 | 0,32 | 0,27 | 0,24 | 0,19 | 0,13 |
| 12 | 0,29 | 0,25 | 0,22 | 0,18 | 0,13 |
| 14 | 0,26 | 0,23 | 0,20 | 0,17 | 0,12 |
| 16 | 0,24 | 0,21 | 0,19 | 0,16 | 0,12 |
| 18 | 0,22 | 0,20 | 0,18 | 0,15 | 0,11 |
| 20 | 0,21 | 0,18 | 0,16 | 0,14 | 0,11 |



Slika 5. $U_{equiv,bw}$ - vrijednost za zidove grijanog podruma, kao funkcija koeficijenta prolaza topline zidova i dubine z ispod razine tla

Tablica 5. $U_{equiv,bw}$ - vrijednost za zidove grijanog podruma, kao funkcija koeficijenta prolaza topline zidova i dubine z ispod razine tla

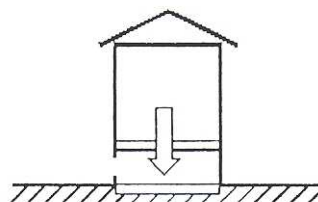
| U_{wall} w/m ² K | $U_{equiv,bw}$ W/m ² K | | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | $z = 0$ m | $z = 1$ m | $z = 2$ m | $z = 3$ m |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,50 | 0,44 | 0,39 | 0,35 | 0,32 |
| 0,75 | 0,63 | 0,54 | 0,48 | 0,43 |
| 1,00 | 0,81 | 0,68 | 0,59 | 0,53 |
| 1,25 | 0,98 | 0,81 | 0,69 | 0,61 |
| 1,50 | 1,14 | 0,92 | 0,78 | 0,68 |
| 0,75 | 1,28 | 1,02 | 0,85 | 0,74 |
| 2,00 | 1,42 | 0,11 | 0,92 | 0,79 |
| 2,25 | 1,55 | 0,19 | 0,98 | 0,84 |
| 2,50 | 1,67 | 1,27 | 1,04 | 0,88 |
| 2,75 | 1,78 | 1,34 | 1,09 | 0,92 |
| 3,00 | 1,89 | 1,41 | 1,13 | 0,96 |

Negrijani podrum

Koeficijent transmisivskih gubitaka za pod koji odvaja grijani prostor od negrijanog podruma računa se prema 1.1.2. Koeficijent U poda se računa na isti način kao za pod bez utjecaja tla, pa se jednadžba (7), kao i faktori f_{g1}, f_{g2} i G_w ne uzimaju u obzir

Podignuti pod

Koeficijent transmisivskih gubitaka za podignuti pod računa se prema 1.1.2. Koeficijent prolaza topline U za podignuti pod računa se isto kao za pod bez utjecaja tla pa se jednadžba (7), kao i faktori f_{g1}, f_{g2} i G_w ne uzimaju u obzir



1.1.4. Gubici topline prema susjednim prostorijama grijanim na različitu temperaturu – koeficijent transmisivskih gubitaka $H_{T,ij}$

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} A_k U_k \quad [\text{W/K}] \quad (10)$$

f_{ij} - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i vanjske projektne temperature:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{ads}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (11)$$

Tablica 2. Unutarnja projektne temperatura grijanih prostorija - osjetna temperatura

| Namjena prostorije | ϑ_u [°C] |
|--------------------------------------|--------------------|
| 1. Stambene zgrade | |
| Dnevna, spavaća soba, kuhinja, zahod | 20 |
| Kupaonica | 24 |

| | |
|---|------------|
| Hodnici i pomoćne grijane prostorije | 15 |
| Stubišta | 10 |
| 2. Administrativne zgrade | |
| Sve prostorije osim sporednih i zahoda | 20 |
| Sporedne prostorije, zahod | 15 |
| 3. Trgovine | |
| Prodajne prostorije, manje prodavaonice | 20 |
| Prodaja prehrambenih proizvoda, opća skladišta | 18 |
| Skladišta suhomesnatih proizvoda | 15 |
| Skladišta sira | 12 |
| Sporedne prostorije i stubišta | kao pod 1. |
| 4. Hoteli | |
| Hotelske sobe, dvorane, sobe za sastanke | 20 |
| Ostale prostorije | kao pod 1. |
| 5. Školske zgrade | |
| Učionice, knjižnica, aula, višenamjenske dvorane, hodnici, gimnastička dvorana | 20 |
| Kuhinja | 18 |
| Ostale prostorije | kao pod 1. |
| 6. Bolnice, ambulante | |
| Operacijska dvorana, sobe za novorođenčad | 25 |
| Ostale prostorije | 22 |
| 7. Kazališta, koncertne dvorane | 20 |
| 8. Crkve (općenito) | 15 |
| 9. Radionice – najmanje | 15 |
| Pri radu uz sjedenje | 20 |
| 10. Vojarne | 20 |
| 11. Bazeni | |
| Bazenski prostor (najmanje 2°C iznad temp. vode) | 28 |
| Tuševi | 24 |
| Garderobe | 22 |
| 12. Muzeji, galerije, zračne luke | 20 |
| 13. Željezničke stanice - prostorije za prijem i ispraćaj, prodaja karata | 15 |
| 14. Prostorije sa zahtjevom za sprečavanjem mogućnosti smrzavanja | 5 |

Tablica 8. Vanjska projektna temperatura θ_e , za gradove i mjesta u RH

| | | | |
|----------------|-----|----------------|-----|
| Belje | -18 | Nova Gradiška | -18 |
| Benkovac | - 6 | Ogulin | -20 |
| Bjelovar | -18 | Opatija | - 6 |
| Cres | - 6 | Osijek | -18 |
| Crikvenica | - 6 | Pazin | - 6 |
| Čakovec | -20 | Petrinja | -21 |
| Čazma | -18 | Poreč | - 7 |
| Daruvar | -18 | Požega | -20 |
| Delnice | -18 | Pula | - 6 |
| Donji Miholjac | -18 | Rab | - 4 |
| Dubrovnik | - 2 | Rijeka | - 8 |
| Đakovo | -18 | Rovinj | - 6 |
| Garešnica | -18 | Senj | - 6 |
| Gospić | -24 | Sisak | -18 |
| Hvar | - 2 | Slavonski Brod | -18 |
| Imotski | - 6 | Slunj | -16 |
| Jastrebarsko | -18 | Split | - 4 |
| Karlovac | -18 | Šibenik | - 6 |
| Knin | - 9 | Topusko | -21 |
| Koprivnica | -18 | Trogir | - 4 |
| Krk | - 6 | Varaždin | -20 |
| Križevci | -16 | Veli Lošinj | - 3 |
| Kutina | -18 | Vinkovci | -18 |
| Lepoglava | -21 | Virovitica | -20 |
| Lipik | -21 | Vukovar | -18 |
| Makarska | - 4 | Zadar | - 6 |
| Našice | -18 | Zagreb | -15 |

1.2. VENTILACIJSKI TOPLINSKI GUBICI

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \quad [\text{W}] \quad (12)$$

$H_{V,i}$ – koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka [W/K]

$\theta_{int,i}$ – unutarnja projektna temperatura grijanog prostora [°C]

θ_e – vanjska projektna temperatura [°C]

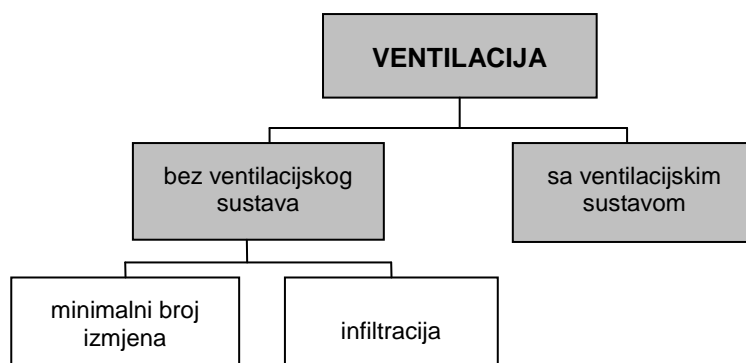
$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p \quad [\text{W/K}] \quad (13)$$

V_i – protok zraka u grijani prostor [m³/s]

ρ – gustoća zraka pri $\theta_{int,i}$ [kg/m³]

c_p – specifični toplinski kapacitet zraka pri $\theta_{int,i}$ [kJ/kgK]

Određivanje protoka zraka V_i :



Bez ventilacijskog sustava:

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i})$$

$V_{inf,i}$ – maksimalni protok zraka u prostoriju usljed infiltracije kroz zazor

$V_{min,i}$ – minimalni higijenski protok zraka

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (14)$$

V_i – volumen prostorije [m³]

n_{min} – minimalni broj izmjena zraka (nacionalni dodatak) [h⁻¹]

Tablica 9. minimalni broj izmjena n_{min}

| Tip prostorije | n_{min} [h^{-1}] |
|---------------------------------|------------------------|
| Prostor za boravak (default) | 0,5 |
| kuhinja ili kupaona sa prozorom | 1,5 |
| Uredski prostor | 1,0 |
| Soba za sastanke, učiona | 2,0 |

Infiltracija kroz zazore:

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_{int} \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [m^3/h] \quad (15)$$

n_{50} - broj izmjena zraka u prostoriji (h^{-1}) pri razlici tlaka 50 Pa

e_i - koeficijent zaštićenosti, uzima u obzir tjecaj vjetra odnosno zaštićenost zgrade i broj otvora prema okolici

ε_i - Korekcijski faktor za visinu, uzima u obzir različit odnos tlakova sa povećanjem visine iznad zemlje

Tablica 10. Broj izmjena zraka, n_{50}

| Gadevina | n_{50} [h^{-1}] | | |
|----------------------|---|---|---|
| | stupanj zabrtvljenosti | | |
| | visok (dobro zabrtvljeni prozori i vrata) | srednji (dvostruki prozori, normalno zabrtvljeni) | nizak (jednostruki prozori bez brtvi) |
| Obiteljska kuća | < 4 | | > 10 |
| ostali tipovi zgrada | < 2 | 2 - 5 | > 5 |

Tablica 11. Koeficijent zaštićenosti e_i

| Klasa zaštićenosti | e_i | | |
|---|-------------------------------------|---|--|
| | Grijani prostor bez vanjskih otvora | Grijani prostor s jednim vanjskim otvorom | Grijani prostor s više od jednog vanjskog otvora |
| Bez zaštite (Građvine na vjetrovitom području, visoke zgrade u gradovima) | 0 | 0,03 | 0,05 |
| Srednja zaštita (građvine okružene drvećem i drugim zgradama) | 0 | 0,02 | 0,03 |
| Visoka zaštita (građvine srednje visine u centru grada, građvine u šumi) | 0 | 0,01 | 0,02 |

Tablica 12. Korekcijski faktor za visinu, ε_i

| Visina grijanog prostora iznad tla (sredina visine prostorije do razine tla) | ε |
|--|---------------|
| 0 – 10 m | 1,0 |
| > 10 – 30 m | 1,2 |
| > 30 m | 1,5 |

Sa ventilacijskim sustavom:

$$V_i = V_{inf,i} + V_{su,i} \cdot f_{V,i} + V_{mech,inf,i} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (16)$$

- $V_{inf,i}$ - protok zraka u prostoriju usljed infiltracije kroz zazore [m^3/h]
 $V_{su,i}$ - količina zraka dovođena mehaničkim sustavom ventilacije [m^3/h]
 $V_{mech,inf,i}$ - višak odvedenog zraka iz prostorije [m^3/h]
 $f_{V,i}$ - faktor smanjenja temperaturne razlike

$$f_{V,i} = \frac{\vartheta_{int,i} - \vartheta_{su,i}}{\vartheta_{int,i} - \vartheta_e}$$

$\theta_{su,i}$ - temperatura dobavnog zraka (može biti viša od temperature u prostoriji) [°C]

Višak odvedenog zraka može se odrediti prema:

za cijelu zgradu: $V_{mech,inf} = \max(V_{ex} - V_{su}, 0)$ [m³/h]

za prostoriju: $V_{mech,inf,i} = V_{mech,inf} \cdot (V/\Sigma V)$ [m³/h]

1.3. Prostorii s prekidom grijanja

Prostorii s prekidima grijanja zahtijevaju dodatnu toplinu za zagrijavanje do projektne temperature prostorije nakon što ona u periodu prekida grijanja padne.

Toplina za zagrijavanje ovisi o:

- toplinskom kapacitetu elemenata građevine
- vremenu zagrijavanja
- temperaturnom padu tijekom prekida
- svojstvima sustava regulacije

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad [W] \quad (17)$$

A_i - površina poda grijanog prostora sa ½ debljine zidova [m²]

f_{RH} - korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida [W/m²].

Tablica 13. Korekcijski faktor, f_{RH} za nestamb. zgrade, noćni prekid maksimalno 12 h

| Vrijeme zagr. h | f_{RH} W/m ² | | | | | | | | |
|-----------------------|--|---------|--------|-------------|---------|--------|-------------|---------|--------|
| | Pretpostavljeni pad temperature za vrijeme prekida | | | | | | | | |
| | 2 K | | | 3 K | | | 4 K | | |
| | masa zgrade | | | masa zgrade | | | masa zgrade | | |
| | mala | srednja | velika | mala | srednja | velika | mala | srednja | velika |
| 1 | 18 | 23 | 25 | 27 | 30 | 27 | 3 | 27 | 31 |
| 2 | 9 | 16 | 22 | 18 | 20 | 23 | 22 | 24 | 25 |
| 3 | 6 | 13 | 18 | 11 | 16 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 4 | 4 | 11 | 16 | 6 | 13 | 16 | 11 | 16 | 16 |

Tablica 14. Korekcijski faktor, f_{RH} za stambene zgrade, noćni prekid maksimalno 8 h

| Vrijeme zagr. h | f_{RH} W/m ² | | |
|-----------------------|--|-----------------------|-----------------------|
| | Pretpostavljeni pad temperature za vrijeme prekida | | |
| | 1 K | 2 K | 3 K |
| | masa zgrade velika | masa zgrade velika | masa zgrade velika |
| 1 | 11 | 22 | 45 |
| 2 | 6 | 11 | 22 |
| 3 | 4 | 9 | 16 |
| 4 | 2 | 7 | 13 |

2. TOPLINSKO OPTEREĆENJE

prostorija:
$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad [\text{W}] \quad (18)$$

$\Phi_{T,i}$ - transmisijski gubici topline prostorije [W]

$\Phi_{V,i}$ - ventilacijski gubici topline prostorije [W]

$\Phi_{RH,i}$ - toplina za zagrijavanje zbog prekida grijanja [W]

zgrada:
$$\Phi_{HL} = \Sigma\Phi_{T,i} + \Sigma\Phi_{V,i} + \Sigma\Phi_{RH,i} \quad [\text{W}] \quad (19)$$

$\Sigma\Phi_{T,i}$ - suma transmisijskih gubitaka svih prostora isključujući toplinu koja se izmjenjuje između dijelova zgrade ili prostorija [W]

$\Sigma\Phi_{V,i}$ - suma ventilacijskih gubitaka svih prostorija isključujući toplinu koja se izmjenjuje između dijelova zgrade ili prostorija [W]

bez sustava ventilacije:
$$\Sigma V_i = \max\left(\Sigma 0,5 \cdot V_{\text{inf},i}, \Sigma V_{\text{min},i}\right)$$

sa ventilacijskim sustavom:
$$\Sigma V_i = 0,5 \cdot \Sigma V_{\text{inf},i} + (1 - \eta_V) \cdot \Sigma V_{\text{su},i} + \Sigma V_{\text{mech,inf},i}$$

$\Sigma\Phi_{RH,i}$ - suma toplina za zagrijavanje svih prostorija zbog prekida grijanja [W]

η_V - djelotvornost sustava povrata topline (rekuperatora), ako ga nema $\eta_V = 0$

POSTUPAK PRORAČUNA TOPLINSKOG OPTEREĆENJA GRIJANE PROSTORIJE

određivanje vrijednosti vanjske projektne temperature i srednje godišnje vanjske temperature

određivanje stanja (grijana/negrijana) i unutarnjih projektних temperatura pojedine grijane prostorije

određivanje toplinskih značajki svih građevinskih elemenata svake (grijane i negrijane) prostorije

izračunavanje projektnih transmisijskih toplinskih gubitaka množenjem izračunate vrijednosti koeficijenata transmisijskih toplinskih gubitaka i razlike projektnih temperatura

izračunavanje ventilacijskih toplinskih gubitaka množenjem vrijednosti koeficijenata ventilacijskih toplinskih gubitaka i razlike projektnih temperatura

izračunavanje ukupnih projektnih toplinskih gubitaka prostorije zbrajanjem transmisijskih i ventilacijskih gubitaka

izračunavanje dodatnog kapaciteta za zagrijavanje prostorije u slučaju grijanja s prekidima

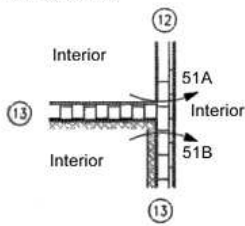
izračunavanje ukupnog projektnog toplinskog opterećenja zbrajanjem toplinskih gubitaka i dodatnog kapaciteta za ponovno zagrijavanje

Tablica 15. Linearni koeficijent prolaza topline linearnog toplinskog mosta, Ψ_l

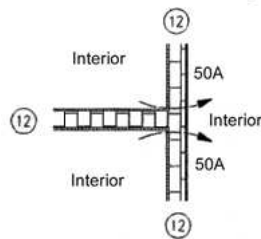
| Šifra | Opis | Ψ_l W/mK |
|-------|--|------------------|
| 01A | Kut vanjskog zida | 0,010 |
| 02A | Kut vanjskog zida susjedne zgrade, od unutra prema vani | 0,010 |
| 02B | Kut vanjskog zida susjedne zgrade, od unutra prema susjednoj zgradi | 0,010 |
| 03A | Završetak unutarnjeg zida prema vanjskom izoliranom zidu | 0,195 |
| 04A | Završetak unutarnjeg pregradnog zida prema vanjskom izoliranom zidu, prema vani | 0,125 |
| 05A | Završetak unutarnjeg pregradnog zida prema vanjskom izoliranom zidu, prema vani kroz maksimalnu izolaciju | 0,125 |
| 05B | Završetak unutarnjeg pregradnog zida prema vanjskom izoliranom zidu, prema vani kroz minimalnu izolaciju | 0,125 |
| 11A | Strop prizemlja prema tavanu na susjednoj zgradi | 0,330 |
| 11B | Strop prizemlja prema tavanu susjedne zgrade | 0,330 |
| 12A | Strop prizemlja, od unutra prema vanjskom zraku | 0,330 |
| 12B | Strop prizemlja, od unutra prema tavanu | 0,330 |
| 13A | Strop prizemlja na istocnoj fasadi, od unutra prema vanjskom zraku | 0,330 |
| 13B | Strop prizemlja na istocnoj fasadi, od unutra prema tavanu | 0,330 |
| 14A | Strop prizemlja prema tavanu, unutarnji zid | 0,010 |
| 15A | Strop prizemlja prema tavanu, unutarnji pregradni zid, prema tavanu | 0,010 |
| 21A | Strop podruma prema podrumu na susjednoj zgradi | 0,325 |
| 21B | Strop podruma prema susjednoj zgradi | 0,325 |
| 22A | Strop podruma, ne izolirani podrumski zid ili podrum, od unutra prema podrumu ili podrumskoj prostoriji | 0,325 |
| 22B | Strop podruma, ne izolirani podrumski zid ili podrum, od unutra prema vani | 0,325 |
| 23A | Strop podruma, izolirani podrumski zid, od unutra prema podrumskoj prostoriji | 0,325 |
| 23B | Strop podruma, izolirani podrumski zid, od unutra prema vani | 0,325 |
| 24A | Unutarnji zid koji prolazi kroz strop podruma, od unutra prema podrumskoj prostoriji ili podrumu, direktno | 0,240 |
| 25A | Unutarnji pregradni zid na stropu podruma, na podrumskom zidu, od unutra prema podrumu, direktno | 0,240 |
| 28A | Unutarnji pregradni zid prema stepeništu (na podrumskom zidu), od unutra prema stepeništu | 0,040 |
| 28C | Unutarnji pregradni zid prema stepeništu (na podrumskom zidu), od podrumске prostorije prema stepeništu | 0,170 |
| 29A | Unutarnji pregradni zid prema stepeništu (na izoliranom podrumskom zidu), od unutra prema stepeništu | 0,040 |
| 29C | Unutarnji pregradni zid prema stepeništu (na izoliranom podrumskom zidu), od podruma prema stepeništu | 0,095 |

| | | |
|-----|---|-------|
| 30A | Unutarnji pregradni zid prema stepeništu (na stropu podruma), od unutra prema stepeništu | 0,040 |
| 31A | Unutarnji pregradni zid na stropu podruma, od unutra prema podrumu | 0,040 |
| 34A | Kut pregradnog zida | 0,035 |
| 35B | Križanje pregradnog zida, most kroz ravni zid | 0,030 |
| 41A | Kut vanjskog podrumskog zida, na podrumu, od podrumске prostorije prema vani | 0,035 |
| 41B | Kut vanjskog podrumskog zida, na podrumu, od podrumске preostorije prema podrumu | 0,035 |
| 42A | Kut izoliranog vanjskog podrumskog zida, od podruma prema vani | 0,010 |
| 43A | Kut vanjskog podrumskog zida, od podruma prema vani | 0,035 |
| 47A | Unutarnji izolirani podrumski zid koji završava na vanjskom zidu (izoliranom i neizoliranom), od unutra prema vani kroz izolaciju | 0,010 |
| 47B | Unutarnji izolirani podrumski zid koji završava na vanjskom zidu (izoliranom i neizoliranom), od unutra prema vani kroz neizolirani dio | 0,030 |
| 48A | Unutarnji izolirani podrumski zid koji završava na izoliranom vanjskom zidu, od unutra prema vani kroz izolaciju | 0,010 |
| 48B | Unutarnji izolirani podrumski zid koji završava na izoliranom vanjskom zidu, od unutra prema vani kroz neizolirani dio | 0,130 |
| 49A | Unutarnji podrumski zid koji završava na vanjskom zidu, od unutra prema vani | 0,030 |
| 50A | Križanje unutarnjeg podrumskog zida, kroz ravni zid | 0,030 |
| 51A | Križanje unutarnjeg izoliranog podrumskog zida, kroz ravan neizolirani zid | 0,030 |
| 51B | Križanje unutarnjeg izoliranog podrumskog zida, kroz ravan izolirani zid | 0,010 |
| 61A | Donji dio ulaznih vrata | 0,130 |
| 61B | Gornji dio ulaznih vrata | 0,120 |
| 61C | Bocni dio ulaznih vrata | 0,120 |
| 62A | Donji dio prozora | 0,120 |
| 62B | Gornji dio prozora | 0,120 |
| 62C | Bocni dio prozora | 0,120 |
| 63A | Donji dio prozorskih vrata | 0,130 |
| 63B | Gornji dio prozorskih vrata | 0,120 |
| 63C | Bocni dio prozorskih vrata | 0,120 |
| 64A | Donji dio garažnih vrata | 0,130 |
| 64B | Gornji dio garažnih vrata | 0,120 |
| 64C | Bocni dio garažnih vrata | 0,120 |
| 65A | Donji dio unutarnjih vrata | 0,130 |
| 65B | Gornji dio unutarnjih vrata | 0,120 |
| 65C | Bocni dio unutarnjih vrata | 0,120 |
| 66 | Bocni dio vrata na unutarnjem zidu | 0,540 |

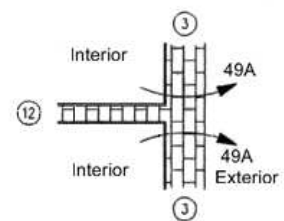
51: Internal cellar wall crossing with insulation



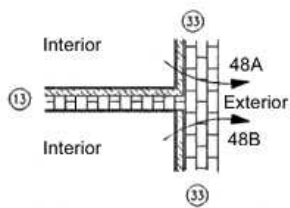
50: Internal cellar wall crossing



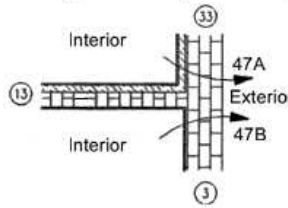
49: Internal cellar wall ending to external wall



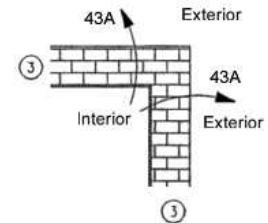
48: Internal insulated cellar wall ending to insulated external wall



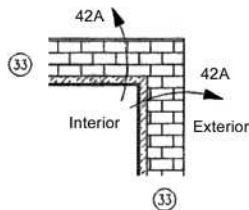
47: Internal insulated cellar wall ending to external (ins + not ins)



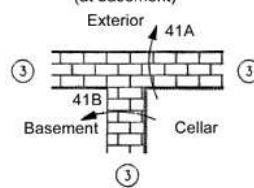
43: Cellar wall angle without insulation



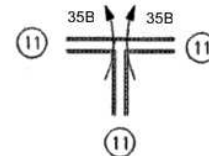
42: Cellar wall angle with insulation



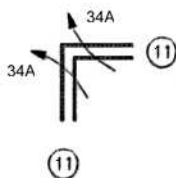
41: Cellar wall angle without insulation (at basement)



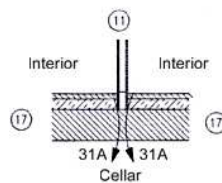
35: Internal separation crossing



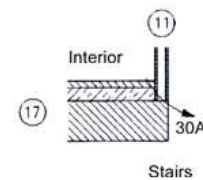
34: Internal separation angle



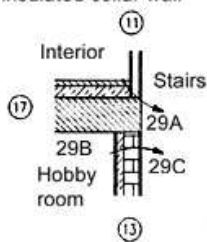
31: Internal separation on ground floor floor



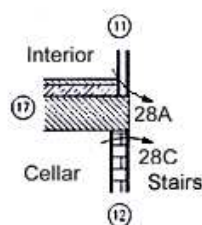
30: Internal separation to staircase



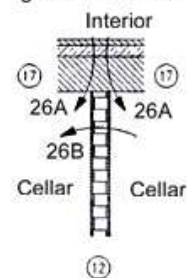
29: Internal separation to staircase on insulated cellar wall



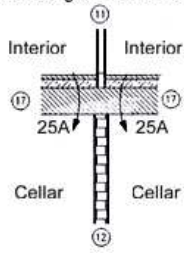
28: Internal separation to staircase on cellar wall



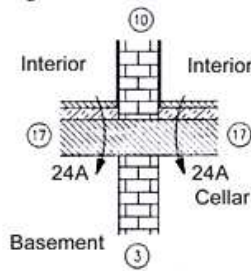
26: cellar wall to ground floor floor



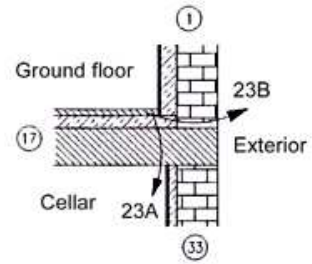
25: Internal separation and internal cellar wall on ground floor floor



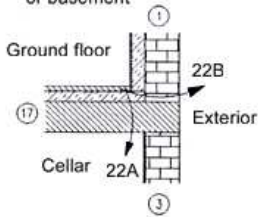
24: Internal wall crossing ground floor floor



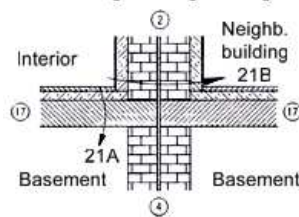
23: Ground floor floor insulated cellar wall



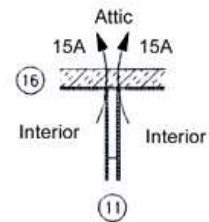
22: Ground floor floor non insulated cellar wall or basement



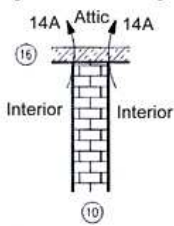
21: Ground floor floor of neighbouring building



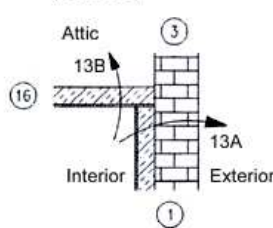
15: Internal separation on ground floor ceiling



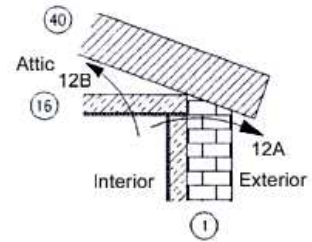
14: Internal wall on ground floor ceiling



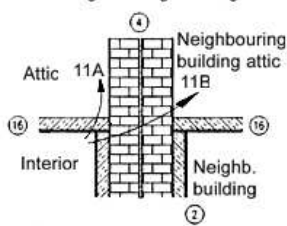
13: Ground floor ceiling (east side)



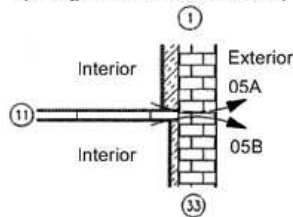
12: Ground floor ceiling



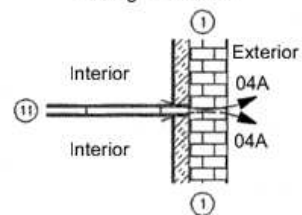
11: Ground floor ceiling of neighbouring building



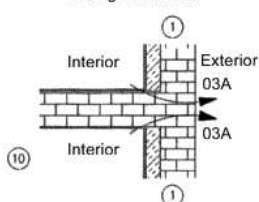
05: Internal separation ending to external (change in insulation thickness)



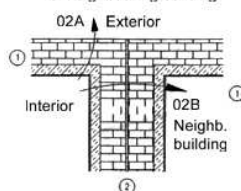
04: Internal separation ending to external



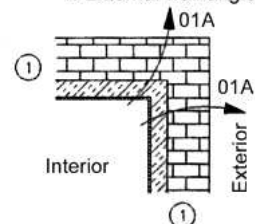
03: Internal wall ending to external



02: External wall angle of neighbouring building



1: External wall angle



Tablica 16. Koeficijenti prolaza topline za zidove k [W/(m²K)]

| Koeficijent prolaza topline [W/(m ² K)] | k | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Opeka – debljina [cm] | 7 | 12 | 25 | 38 | 51 | 64 | 77 | |
| Puna opeka | | | | | | | | |
| Vanjski zid 1800 kg/m ³ | --- | --- | 1.97 | 1.50 | 1.21 | 1.01 | 0.87 | |
| Unutarnji zid | 2.97 | 2.36 | 1.71 | 1.35 | 1.12 | --- | --- | |
| Šuplja opeka | | | | | | | | |
| Vanjski zid 1400 kg/m ³ | --- | --- | 1.65 | 1.23 | 0.99 | 0.81 | 0.69 | |
| Unutarnji zid | 2.38 | 2.13 | 1.48 | 1.13 | 0.92 | --- | --- | |
| Šuplji blok | | | | | | | | |
| Tri reda šupljina 1400 kg/m ³ | --- | --- | 1.43 | 1.05 | --- | --- | --- | |
| 1600 kg/m ³ | --- | --- | 1.57 | 1.23 | --- | --- | --- | |
| Kamen – debljina [cm] | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 100 | |
| Porozni 2600 kg/m ³ | 2.98 | 2.65 | 2.37 | 2.15 | 1.97 | 1.81 | 1.57 | |
| Tvrđi 2600 kg/m ³ | 3.42 | 3.12 | 2.86 | 2.64 | 2.45 | 2.29 | 2.04 | |
| Beton – debljina [cm] | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
| MB ≤ 100 vanjski zid | --- | --- | --- | --- | 2.70 | 2.47 | 2.13 | 1.86 |
| Unutarnji zid | --- | --- | 2.63 | 2.42 | 2.24 | 2.09 | --- | --- |
| MB ≤ 160 vanjski zid | --- | --- | --- | --- | 3.00 | 2.79 | 2.44 | 2.17 |
| Unutarnji zid | --- | --- | 2.83 | 2.64 | 2.49 | 2.35 | --- | --- |
| Laki beton | | | | | | | | |
| Vanjski zid 1000 kg/m ³ | --- | --- | 1.57 | 1.29 | 1.08 | 0.94 | 0.74 | 0.60 |
| Unutarnji zid | 2.24 | 1.77 | 1.41 | 1.17 | 1.00 | 0.87 | --- | --- |
| Tanki unutarnji zid –debljina [cm] | 5 | 6 | 7.5 | 10 | 12.5 | 15 | | |
| Gipsane ploče, rabc | 2.58 | 2.44 | 2.27 | 2.02 | 1.83 | 1.66 | | |
| Ploče od drvene vune | 1.63 | 1.48 | 1.28 | 1.07 | 0.91 | 0.79 | | |

Tablica 17. Koeficijenti prolaza topline za vrata k [W/(m²K)]

| Koeficijent prolaza topline [W/(m ² K)] | k |
|--|-----|
| Vrata | |
| Vanjska vrata – drvena, plastična | 3.5 |
| Vanjska vrata – metalna neizolirana | 5.5 |
| Vanjska vrata – metalna izolirana | 4.0 |
| Balkonska vrata – drvena sa staklom, dvostruka | 2.3 |
| Unutarnja drvena vrata | 2.0 |

Tablica 18. Otpori prijelazu topline na unutarnjoj i vanjskoj strani plohe prostorije

| R_u, R_v [(m ² K)/W] | | |
|--|-------|-------|
| | R_u | R_v |
| - Pregradni zidovi i unutarnji prozori, te stropovi i podovi pri prolazu topline odozdo prema gore | 0.13 | |
| - Stropovi i podovi pri prolazu topline odozgo prema dolje | 0.17 | |
| - Vanjske površine pri srednjoj brzini vjetra | | 0.04 |
| - Viseće fasade i ravni krovovi | | 0.08 |

Tablica 19. Koeficijenti prolaza topline za ostakljene plohe, prozore i balkonska vrata

| Koeficijent prolaza topline [W/(m ² K)] | Staklo ^{*)} k_{st} | Prozori i balkonska vrata, uključivo okvir ^{**) k_p} | | | | |
|--|----------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|
| | | Grupe materijala okvira | | | | |
| | | 1 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 3 |
| Jednostruko staklo | 5.8 | | | 5.2 | | |
| Izolirajuće staklo s međurazmakom 6 ÷ 8 mm | 3.4 | 2.9 | 3.2 | 3.3 | 3.6 | 4.1 |
| Izolirajuće staklo s međurazmakom 8 ÷ 10 mm | 3.2 | 2.8 | 3.0 | 3.2 | 3.4 | 4.0 |
| Izolirajuće staklo s međurazmakom 10 ÷ 16 mm | 3.0 | 2.6 | 2.9 | 3.1 | 3.3 | 3.8 |
| Izolirajuće staklo s 2 međurazmaka 6 ÷ 8 mm | 2.4 | 2.2 | 2.5 | 2.6 | 2.9 | 3.4 |
| Izolirajuće staklo s 2 međurazmaka 8 ÷ 10 mm | 2.2 | 2.1 | 2.3 | 2.5 | 2.7 | 3.3 |
| Izolirajuće staklo s 2 međurazmaka 10 ÷ 16 mm | 2.1 | 2.0 | 2.3 | 2.4 | 2.7 | 3.2 |
| Dvostruko staklo s međurazmakom 20 ÷ 100 mm | 2.8 | 2.5 | 2.7 | 2.9 | 3.2 | 3.7 |
| Trostruko obično i izolirajuće staklo s međurazmacima 10 ÷ 16 mm | 2.0 | 1.9 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 3.1 |
| Dvostruko ostakljenje iz 2 izolirajuća stakla (4 sloja) s međurazmacima 10 ÷ 16 mm | 1.4 | 1.5 | 1.8 | 1.9 | 2.2 | 2.7 |

Termoizolirajuće staklo s međurazmakom

14 mm 1.3 1.4 1.7 1.9 2.1 2.7

Napomena: *) Udio okvira u ukupnoj površini <5%

***) Grupa materijala okvira 1 Prozori s drvenim ili plastičnim okvirima

Koef. prolaza topline okvira $k_o \leq 2.0$

W/(m²K)

2.1 Metalni ili betonski okviri $k_o=2.0\div 2.8$
W/(m²K)

2.2 Metalni ili betonski okviri $k_o=2.8\div 3.5$
W/(m²K)

2.3 Metalni ili betonski okviri $k_o=3.5\div 4.5$
W/(m²K)

3 Ostali prozori