

Smer:

Gradbeništvo

Stopnja: Magistrska (druga)

Predmet:

Projektiranje gradbenih konstrukcij

Šolsko leto: 2015/2016

Študijski smeri:

Nizke gradnje
Geotehnika-hidrotehnika

Cilj:

- Podati razlike v obnašanju konstrukcij iz različnih materialov
- Podati osnove za snovanje in projektiranje gradbenih konstrukcij
- Podati podlage za izbiro ustreznega računskega modela nosilne gradbene konstrukcije
- .

Predavanja: 2 h tedensko → 30 ur

Vaje: 2 h tedensko → 30 ur

1. Tehnično poročilo

1.1 Opis konstrukcije, obtežbe in materialov

Predloženi statični račun in pripadajoči pozicijski načrti obravnavajo enodružinsko stanovanjsko hišo, ki obsega pritličje in izkoriščeno mansardo. Tlorisne izmere objekta so 12,00 m × 7,80 m, s skupno tlorisno bruto površino 93,60 m². Poleg stanovanjske hiše je predmet statične obdelave še nadstrešek na južni strani objekta, tlorisnih dimenzij 3,60 m × 7,80 m.

Objekt je zgrajen iz lesenih elementov, opečnih zidakov in armiranega betona.

1.1.1 Ostrešje

Strešna konstrukcija dvokapne strehe z Bramac opečno kritino, z naklonom 30°, je izvedena kot lesena gredna konstrukcija. Kapni legi ležita na zunanjih vzdolžnih opečnih nosilnih zidovih. Vmesni legi se naslanjata na zunanje prečne opečne nosilne zidove in sta kot kontinuirna nosilca naslonjeni tudi na notranje prečne opečne nosilne zidove.

Enokapna streha nadstreška, je gredna lesena konstrukcija, ki jo nosijo štirje leseni stebri, prečnega prereza 30 cm × 30 cm.

1.1.2 Armiranobetonske nosilne konstrukcije

Stropna konstrukcija nad pritličjem je masivna križem armirana betonska plošča, debeline 20 cm, ki se naslanja na nosilno opečno zidovje, debeline 30 cm, in pri vhodu na dva stebra, prečnega prereza 30 cm × 30 cm.

1.1.3 Opečni zidovi

Opečno nosilno zidovje, debeline 29 cm, je v križiščih utrjeno z navpičnimi armiranobetonskimi vezmi, na vrhu, pod strešno konstrukcijo, pa še s horizontalnimi. Nenosilne, predelne stene so iz siporexa, debeline 9 cm.

1.1.4 Temelji

Temeljenje zidov in stopnic objekta je izvedeno z armiranobetonskimi pasovnimi temelji, armiranobetonski in leseni stebri ter dimnik so temeljeni z armiranobetonskimi točkovnimi temelji. Privzeta dovoljena nosilnost temeljnih tal je $\sigma_{tal} = 0,2$ MPa. Ob izkopu gradbene jame geomehanik določi dejansko nosilnost temeljnih tal. V primeru, da je izmerjena nosilnost temeljnih tal manjša od privzete, je potrebno dimezije temeljev ustrezno povečati.

1.1.5 Obtežbe

Upoštevana obtežba objekta je določena v skladu s predpisoma Evrokod 0 in 1.

Obtežbe:

- lastne teže gradbenih materialov,
- koristna obtežba na mansardo,
- koristna obtežba na pritličje,
- teža predelnih sten,
- koristna obtežba na stopnice,
- obtežba snega,
- obtežba vetra.

1.1.6 Materiali

Uporabljeni materiali:

- les - smreka: trdnostni razred C24,
- opečni zidaki: skupina 2,
- beton: trdnostni razred C30/37,
- armatura - rebrasta: trdnostni razred S500-B,
- armatura - mrežna: trdnostni razred S500-B.

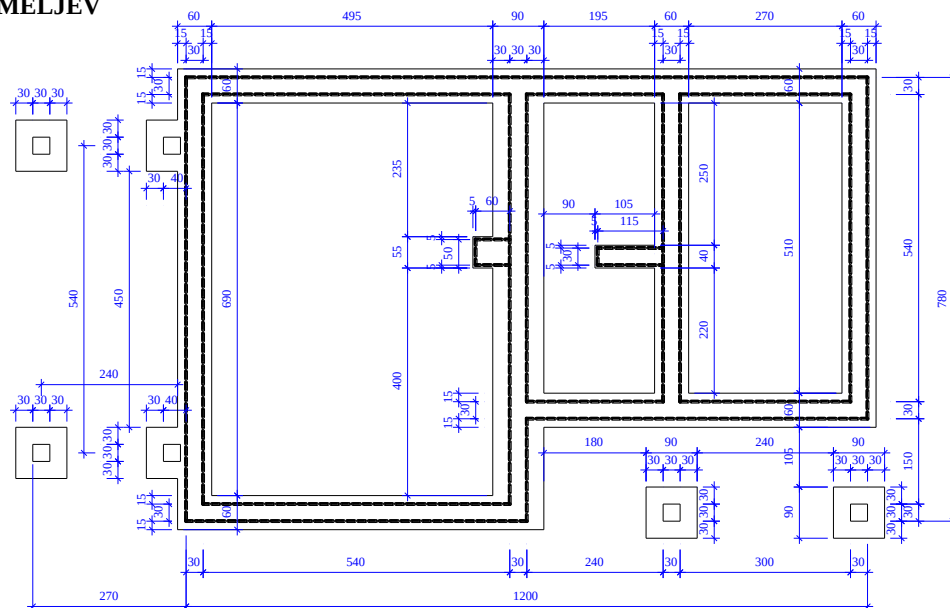
Ljubljana, 25. februar 2016

odgovorni projektant

dr. Drago Saje, univ. dipl. inž. grad.

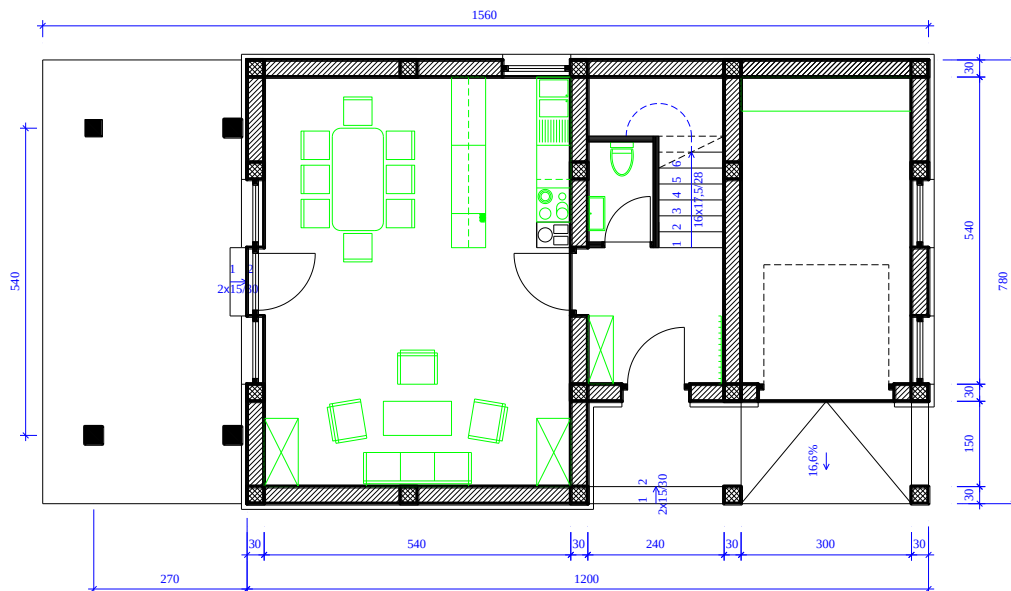
1.2 Tloris temeljev

TLORIS
TEMELJEV



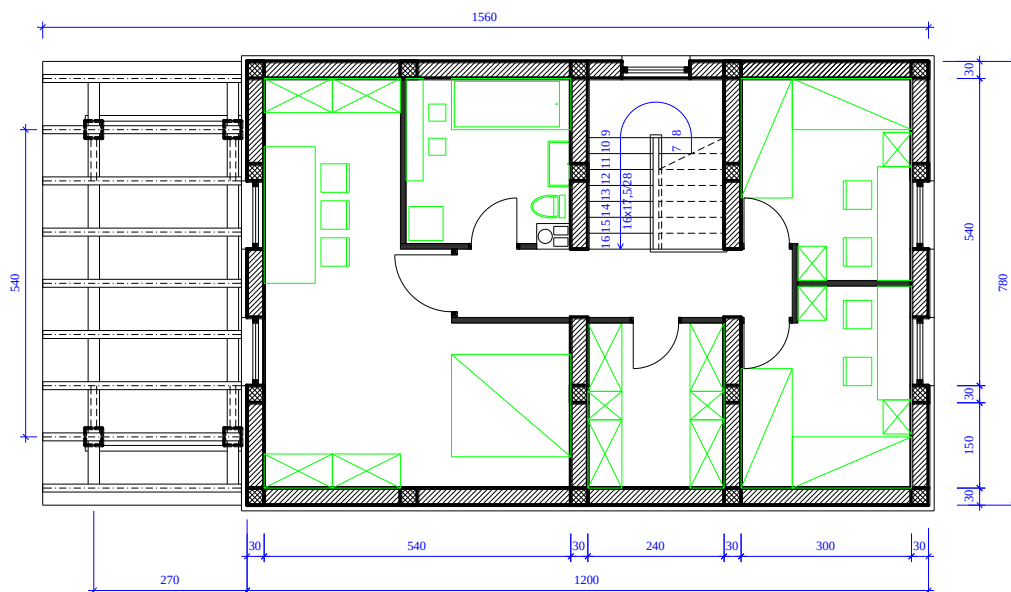
1.3 Tloris pritličja

TLORIS
PRITLIČJA



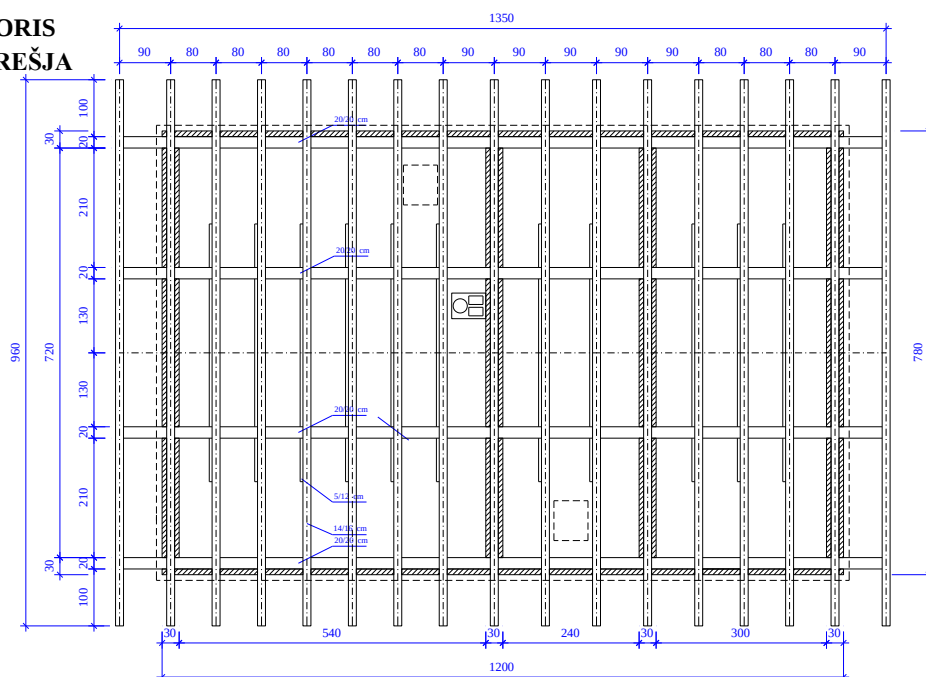
1.4 Tloris nadstropja

TLORIS
NADSTROPJA



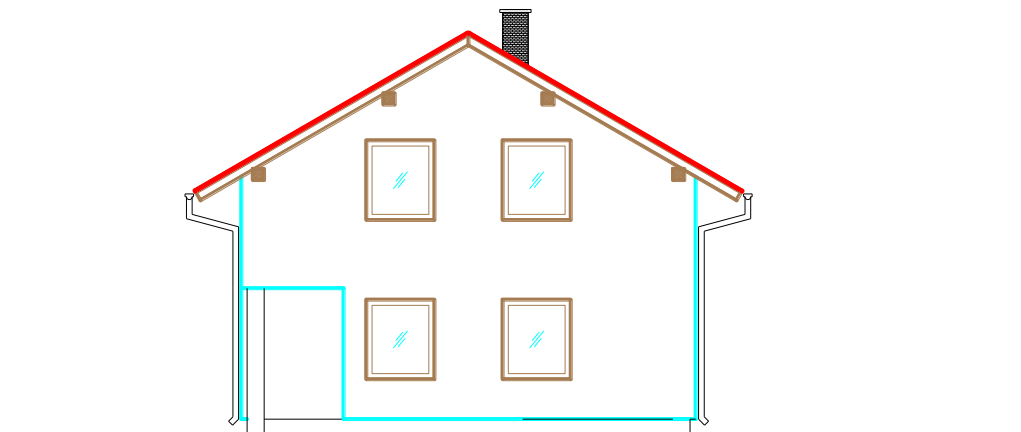
1.5 Tloris ostrešja

TLORIS
OSTREŠJA



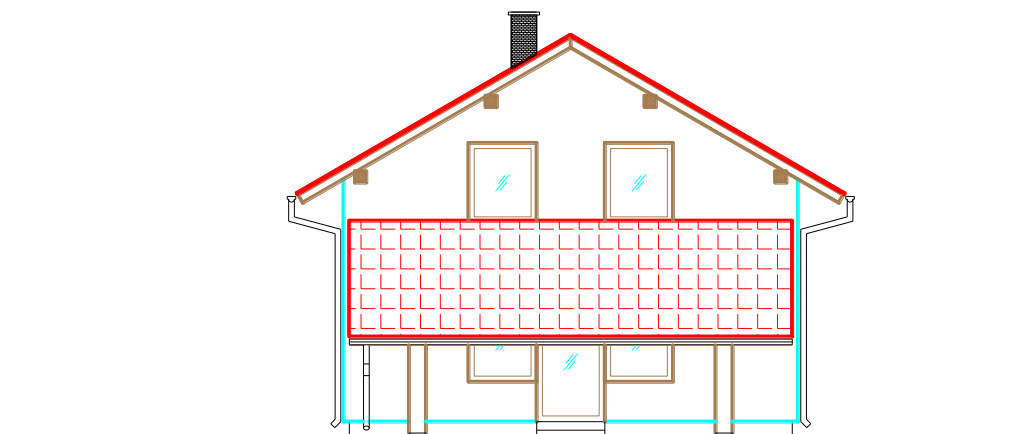
1.8 Severna fasada

SEVERNA
FASADA



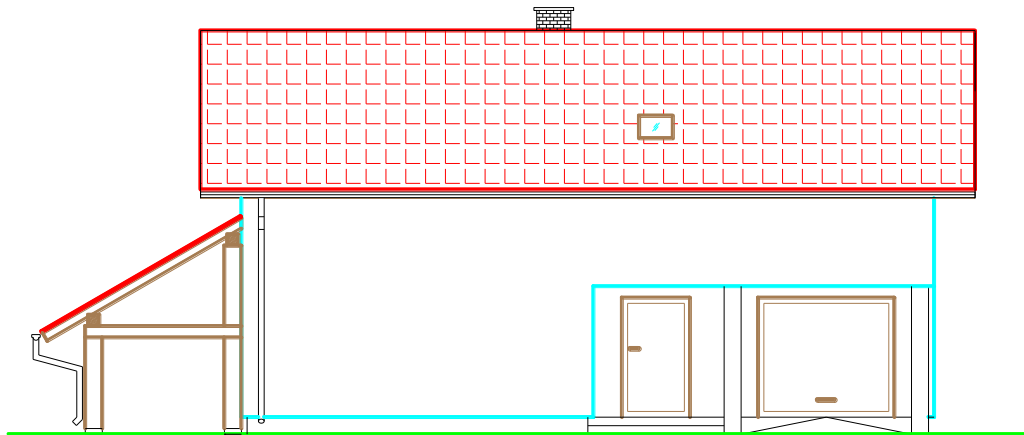
1.9 Južna fasada

JUŽNA
FASADA



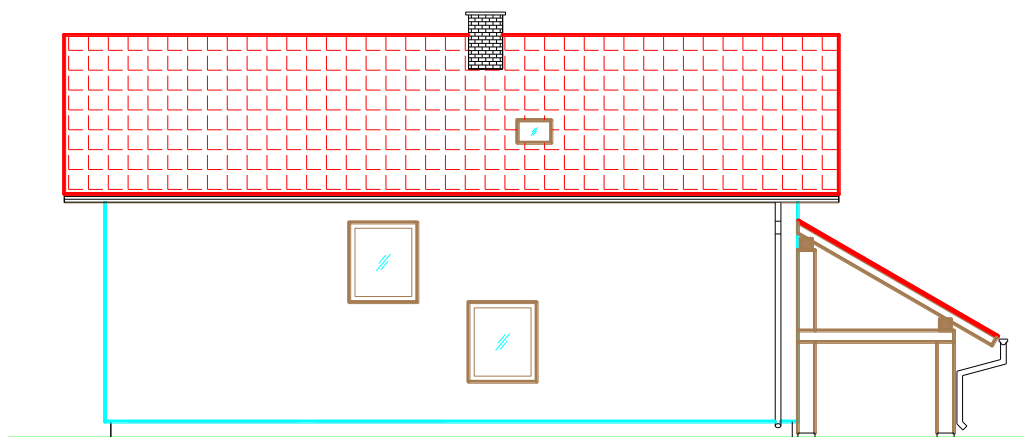
1.10 Vzhodna fasada

VZHODNA
FASADA



1.11 Zahodna fasada

ZAHODNA
FASADA



2. Statični izračun

2.1 Materiali

2.1.1 Les

Uporabljeni les je smrekov, trdnostnega razreda C24, z naslednjimi karakterističnimi lastnostmi:

- | | |
|--|---------------------------------|
| - upogibna trdnost | $f_{m,k} = 24,0 \text{ MPa},$ |
| - natezna trdnost vzporedno z vlakni | $f_{t,0,k} = 14,0 \text{ MPa},$ |
| - natezna trdnost pravokotno na vlakna | $f_{t,90,k} = 0,4 \text{ MPa},$ |
| - tlačna trdnost vzporedno z vlakni | $f_{c,0,k} = 21,0 \text{ MPa},$ |
| - tlačna trdnost pravokotno na vlakna | $f_{c,90,k} = 5,3 \text{ MPa},$ |
| - strižna trdnost | $f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}.$ |

Srednja vrednost modula elastičnosti je $E_{0,mean} = 1,1 \text{ GPa}.$

2.1.2 Beton

Uporabljeni beton je trdnostnega razreda C30/37, z naslednjimi karakterističnimi lastnostmi:

- | | |
|-------------------|--------------------------------|
| - tlačna trdnost | $f_{c,k} = 30,0 \text{ MPa},$ |
| - natezna trdnost | $f_{c,t,m} = 2,9 \text{ MPa}.$ |

Modul elastičnosti je $E_{c,m} = 33 \text{ GPa}.$

2.1.3 Jeklena armatura

Uporabljena rebrasta in mrežna jeklena armatura sta trdnostnega razreda S500-B, z naslednjimi karakterističnimi lastnostmi:

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| - trdnost na meji tečenja armature | $f_{y,k} = 50,0 \text{ MPa}.$ |
|------------------------------------|-------------------------------|

Modul elastičnosti je $E_s = 200 \text{ GPa}.$ Srednja vrednost gostote jekla je $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3.$

2.1.4 Opečni zidaki

Uporabljeni opečni zidaki so skupine 2, z naslednjimi karakterističnimi lastnostmi:

- uporabljena malta glede na sestavo je malta za splošno uporabo,
- spoj zidakov: rege, povsem zapolnjene z malto,

- tlačna trdnost zidaka $f_b = 10,0 \text{ MPa}$,
- tlačna trdnost malte $f_m = 5,0 \text{ MPa}$.

2.1.5 Varnostni faktorji materiala

Za dimenzioniranje uporabljamo projektne vrednosti lastnosti materiala, ki jih dobimo tako, da karakteristične vrednosti delimo z delnimi varnostnimi faktorji za material.

Preglednica 1 Varnostni faktorji materialov, betona, jekla in lesa.

projektna situacija	mejno stanje nosilnosti			mejno stanje uporabnosti		
	beton – γ_C	jeklo – γ_S	les – γ_M	beton – γ_C	jeklo – γ_S	les – γ_M
osnovna	1,50	1,15	1,30	1,00	1,00	1,00
nezgodna	1,20	1,00	1,00	-	-	-

2.2 Obtežba

2.2.1 Lastna teža

Lastna teža je stalni nepomični vpliv. Izračuna se iz nazivnih dimenzij elementa in njegove prostorninske teže. Vključuje lastno težo konstrukcije in nekonstrukcijskih elementov, kot so kritina, obloge, toplotna izolacija, obšen strop, ...

2.2.2 Koristna obtežba

Koristne obtežbe so spremenljivi pomični vplivi. Koristne obtežbe v stavbah izvirajo iz namena uporabe. Povzročajo jih ljudje, pohištvo, premični objekti, stroji, vozila, izjemna uporaba, ...

Karakteristična vrednost koristne obtežbe za površine v stavbah je določena glede na kategorijo uporabe, ki se določa po standardu SIST EN 1991-1-1:2004, stran 14. Kategorija A obravnava bivalne prostore – stanovanjske objekte. Kategorija H pa strehe za normalno vzdrževanje in popravila.

Preglednica 2 Koristne obtežbe na tleh, balkonih in stopnicah stavb (SIST EN 1991-1-1:2004, stran 15).

kategorija površine		q_k [kN/m ²]
A	- splošno	1,50 – 2,00 (2,00)
	- stopnice	2,00 – 4,00 (2,00)
	- balkoni	2,50 – 4,00 (2,50)

Tip strehe je H – to so strehe dostopne le za normalno vzdrževanje, manjša popravila in barvanje. Karakteristične vrednosti obtežbe so odvisne od naklona strehe.

Preglednica 3 Koristne obtežbe na strehah.

kategorija površine	q_k [kN/m ²]
H	0,00 – 1,00 (0,40)

2.2.3 Obtežba s snegom

Obtežba s snegom je spremenljiva nepomična obtežba. Odvisna je od vetra, nihanj temperature in verjetnosti snežnih padavin. Poleg tega je odvisna še od oblike, toplotnih lastnosti in hrapavosti strehe, od sosednjih stavb in terena v okolici objekta.

Obtežba snega na streho je podana z enačbo (1)

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k, \quad (1)$$

kjer so

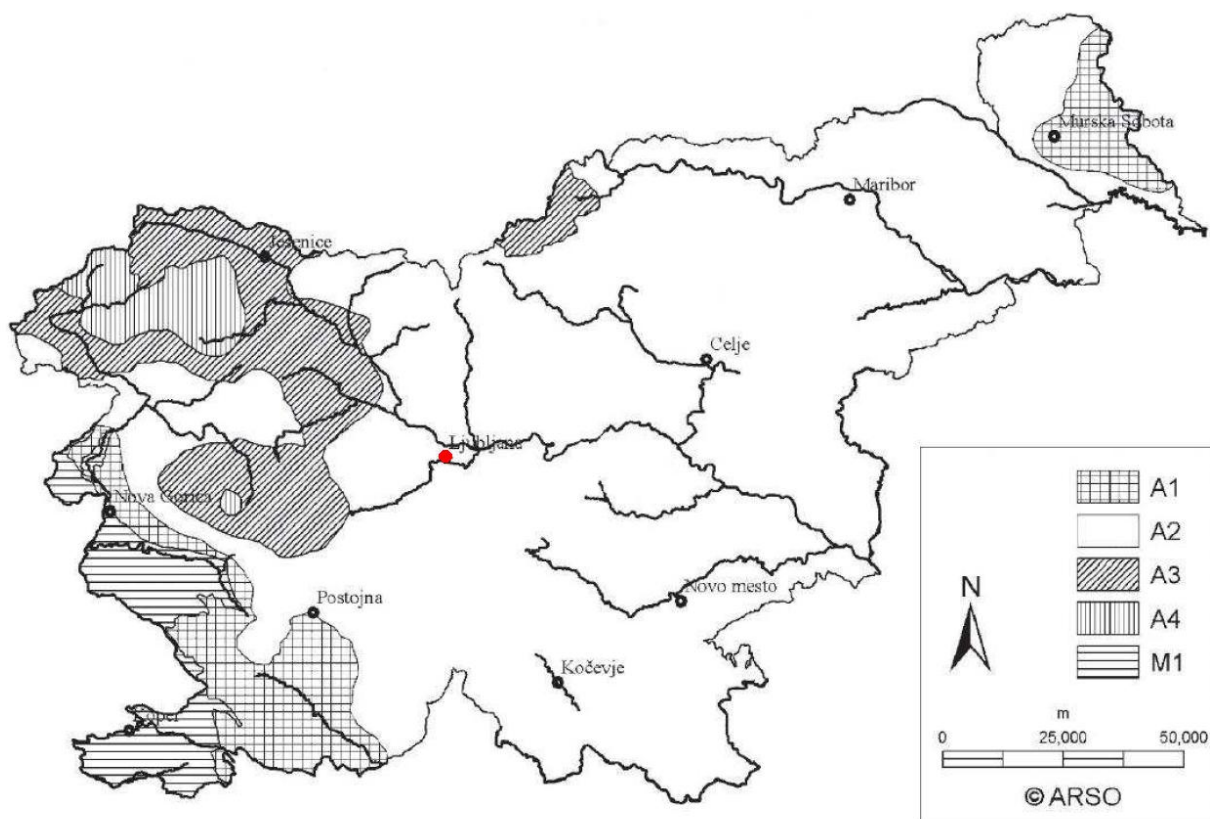
μ_i	oblikovni koeficient obtežbe snega,
C_e	koeficient izpostavljenosti,
C_t	toplotni koeficient,
s_k	karakteristična obtežba snega na tleh.

Karakteristična vrednost obtežbe snega je v Sloveniji določena glede na območje in nadmorsko višino.

Oblikovni koeficient μ_i je odvisen od geometrije strehe – njenega naklona. V preglednici 5 so za dvokapno streho podane vrednosti za osnovni oblikovni koeficient nenakopičenega snega, μ_1 , in za osnovni oblikovni koeficient nakopičenega snega, μ_2 , ki veljajo le, če lahko sneg zdrsne s strehe. Kadar so nameščeni snegobrani ali druge ovire, moramo upoštevati $\mu_i \geq 0,8$.

Upoštevamo priporočeno vrednost koeficienta izpostavljenosti $C_e = 1,0$, ker objekt leži na običajnem terenu.

S toplotnim koeficientom C_t upoštevamo zmanjšanje obtežbe snega na strehah z veliko toplotno prevodnostjo, večjo kot $1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$. V obravnavanem primeru je $C_t = 1,0$.



Slika 1 Področja (cone) za določanje obtežbe s snegom na tleh.

Preglednica 4 Enačbe za računanje obtežbe snega na tleh v odvisnosti od nadmorske višine A .

cona	s_k [kPa]
A1	$0,651 \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right]$
A2	$1,293 \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right]$
A3	$1,935 \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right]$
A4	$2,577 \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right]$
M1	$0,289 \left[1 + \left(\frac{A}{452} \right)^2 \right]$

Objekt leži v Ljubljani, v coni A2, na nadmorski višini $A = 300$ m. Karakteristična obtežba snega na tleh je:

$$s_k = 1,293 \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right] = \quad (2)$$

Preglednica 5 Oblikovni koeficient obtežbe snega – dvokapnica (SIST EN 1991-1-3:2004, stran 15).

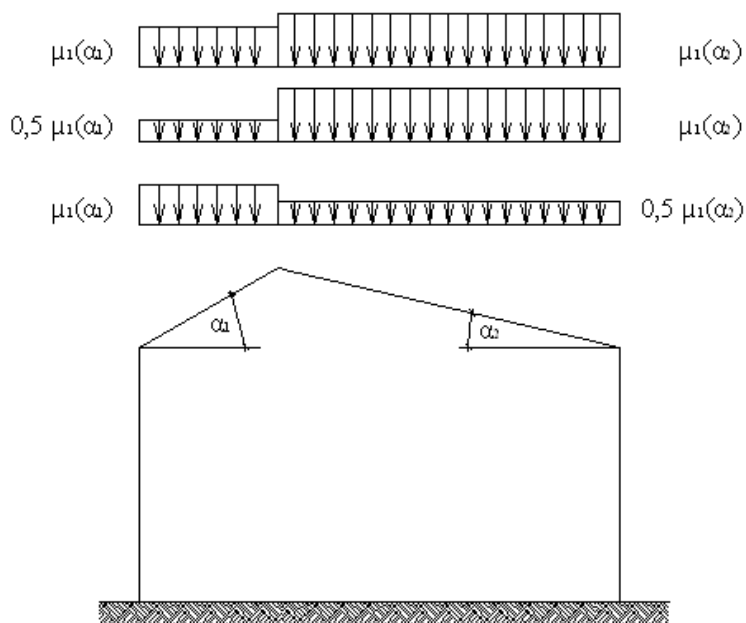
naklon strehe α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
μ_1	0,80	$0,8 \frac{60 - \alpha}{30}$	0,00
μ_2	$0,8 + 0,8 \frac{\alpha}{30}$	1,60	-

Simetrična dvokapnica ima naklon $\alpha = 30^\circ$. Pri neoviranem zdrs snega je:

$$\mu_1 = 0,80.$$

Obtežba snega na strehi je:

$$s = \quad \text{kN/m}^2. \quad (3)$$



Slika 2 Oblikovni koeficienti obtežbe snega pri dvokapnici $\mu \cdot \alpha_1$.

INDIVIDUALNI PODATKI

Lokacija z nadmorsko višino objekta je Ljubljana (domači/študijski kraj študenta).

Naklon strehe enodružinskega objekta je odvisen od snežne cone po preglednici 6.

Preglednica 6 Naklon strehe.

cona	α
A1	20°
A2	30° (25°+ zadnja cifra vpisne številke študenta v °)
A3	40°
A4	45°
M1	15°

$$s (25^\circ - 30^\circ) = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,51 \text{ kPa} = 1,28 \text{ kPa} = 1,28 \text{ kN/m}^2$$

$$s (34^\circ) = \quad \quad \quad \text{kN/m}^2$$

α	μ_1	s
25°	0,8	1,21 kPa
26°	0,8	1,21 kPa
27°	0,8	1,21 kPa
28°	0,8	1,21 kPa
29°	0,8	1,21 kPa
30°	0,8	1,21 kPa
31°	0,773	1,17 kPa
32°	0,747	1,13 kPa
33°	0,72	1,09 kPa
34°	0,693	1,05 kPa

2.2.1 Obtežba z vetrom

Veter je obtežba, ki se spreminja s časom. Deluje neposredno na zunanje in notranje površine objekta. Njegov vpliv upoštevamo kot nepomični vpliv.

2.2.1.1 Osnovna hitrost vetra

Osnovna hitrost vetra je podana z enačbo (4)

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}, \quad (4)$$

kjer so

c_{dir} smerni faktor,

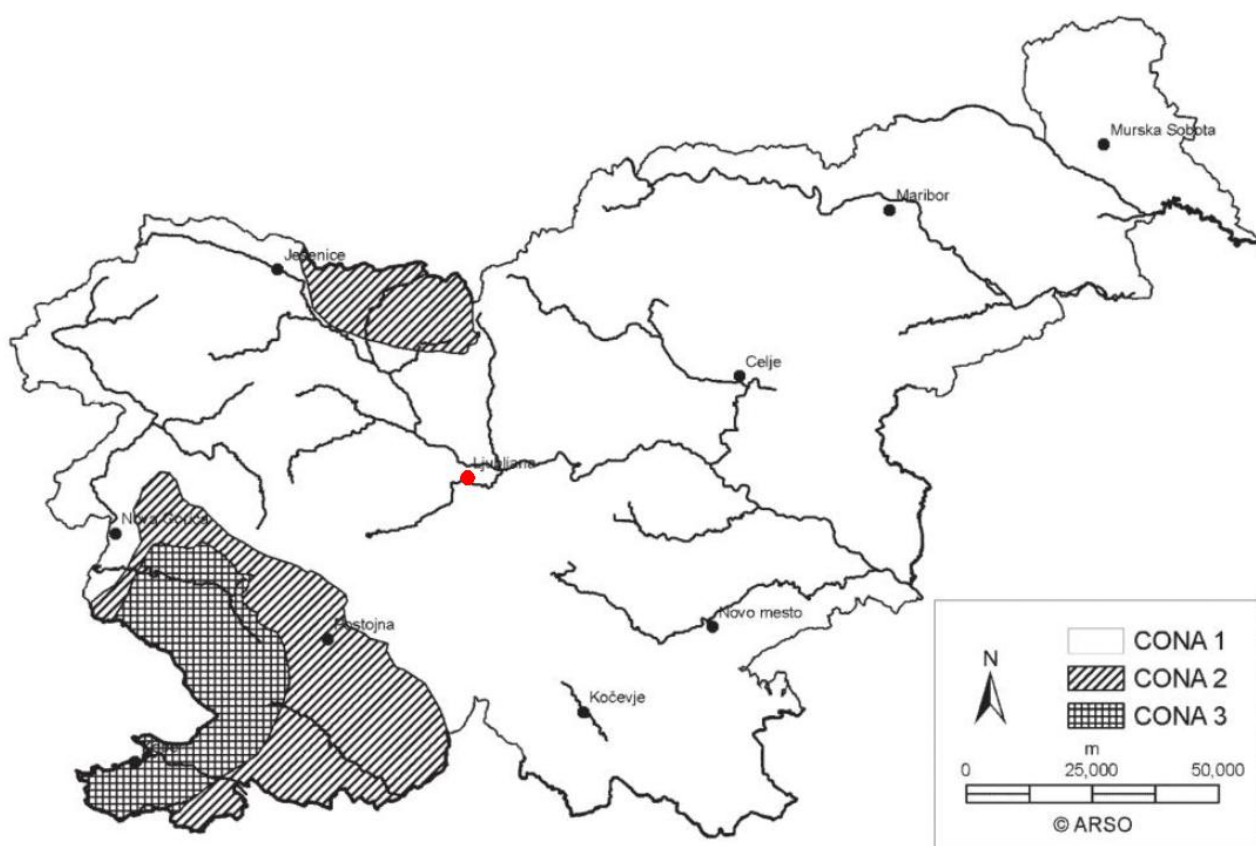
c_{season} faktor letnega časa,

$v_{b,0}$ temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra.

Temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra je deset-minutna srednja hitrost vetra, ne glede na smer in letni čas. Slovenija je razdeljena na tri območja, cono 1, cono 2, cono 3.

Preglednica 7 Temeljne vrednosti osnovne hitrosti vetra $v_{b,0}$ (Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po Evrokod standardih, stran 1-69).

cona	opis	nadmorska višina [m]	$v_{b,0}$ [m/s]
1	večina Slovenije	pod 800	20
		800 – 1600	25
		1600 – 2000	30
		nad 2000	40
2	Trnovski gozd, Notranjska, Karavanke	pod 1600	25
		1600 – 2000	30
		nad 2000	40
3	Primorje, Kras in del Vipavske doline	–	30



Slika 3 Cone z enakimi vrednostmi osnovne hitrosti vetra $v_{b,0}$.

2.2.1.2 Referenčna višina objekta

Referenčna višina objekta je odvisna od razmerja b/h za privzete stene stavb s pravokotnim tlorisom.

2.2.1.3 Koeficient zunanjega pritiska na streho

Koeficient zunanjega pritiska na streho je

$$c_r(z) = \begin{cases} k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0} & z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ c_r(z_{\min}) & z \leq z_{\min} \end{cases}, \quad (5)$$

kjer sta

z_0 hrapavostna dolžina,

k_r koeficient terena, odvisen od hrapavostne dolžine z_0 ,

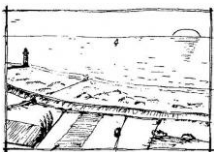
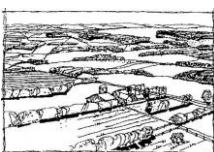
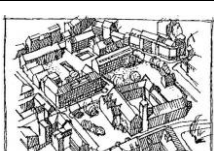
$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,\text{II}}} \right)^{0,07} = \quad (6)$$

kjer

$z_{0,II}$ odčitamo iz preglednice 8,

z_{min} pa je najmanjša višina, odvisna od kategorije terena (preglednica 8).

Preglednica 8 Kategorija hrapavosti terena (SIST EN 1991-1-4:2005, stran 18, dodatek A, stran 79).

kategorija terena		z_0	z_{min}
0	 morsko ali obalno področje, izpostavljeno proti odprtemu morju	0,003	1
I	 jezersko ali ravninsko področje, z zanemravljivim rastlinjem in brez ovir	0,01	1
II	 področje z nizkim rastlinjem, travo, in posameznimi ovirami, drevesi, stavbami, na razdalji najmanj 20 višin ovir	0,05	2
III	 področje z običajnim rastlinjem ali stavbami ali s posameznimi ovirami, na razdalji najmanj 20 višin ovir – vasi, podeželsko okolje, stalni gozd	0,3	5
IV	 področje, kjer je najmanj 15% površine pokrite s stavbami, s povprečno višino več kot 15 m	1,0	10

Objekt, visok l m, leži na obrobju mesta, v področju z običajnim rastlinjem ali stavbami, v kategoriji terena III.

$$c_r(z) = \begin{cases} k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0} & z_{min} \leq z \leq z_{max} \\ k_r \cdot \ln \frac{z_{min}}{z_0} & z \leq z_{min} \end{cases} = \quad (7)$$

INDIVIDUALNI PODATKI

$v_{b,0} =$
 $c_{dir} =$
 $c_{season} =$
 $v_b =$
 $z =$
 kategorija terena
 $z_0 =$
 $z_{0,II} =$
 $z_{min} =$
 $c_r =$

α	z	c_r
25°	6,37 m	
26°	6,46 m	
27°	6,54 m	
28°	6,63 m	
29°	6,72 m	
30°	6,81 m	
31°	6,91 m	
32°	7,00 m	
33°	7,10 m	
34°	7,20 m	

2.2.1.4 Karakteristični največji tlak pri sunkih vetra q_p

Karakteristični največji tlak pri sunkih vetra q_p je tlak pri največji hitrosti ob sunkih vetra na višini z (enačba 8)

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z), \quad (8)$$

kjer je

ρ gostota zraka, ki je odvisna od višine, temperature in zračnega tlaka, pričakovanega med neurjem na obravnavanem področju. Priporočena vrednost je $1,25 \text{ kg/m}^3$.

2.2.1.5 Intenziteta turbulence I_v

Intenziteta turbulence I_v je podana z enačbo (9)

$$I_v(z) = \begin{cases} \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln \frac{z}{z_0}} & z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ I_v(z_{\min}) & z \leq z_{\min} \end{cases} = \quad (9)$$

kjer so

σ_v standardna deviacija turbulence, ki jo določimo po enačbi (10)

$$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_I = \quad (10)$$

k_I turbulentni faktor, za katerega se priporoča vrednost 1,00,

$c_0(z)$ koeficient topografije, ki upošteva vpliv zgostitve vetrovnic, če je konstrukcija na ravnini, je $c_0(z) = 1,00$,

z_0 odčitamo iz preglednice 8.

2.2.1.6 Srednja hitrost vetra

Srednja hitrost vetra je podana z enačbo (11)

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = \quad (11)$$

kjer so

v_m hitrost vetra na višini z nad terenom,

$c_r(z)$ faktor hrapavosti,

$c_0(z)$ faktor hribovitosti, za katerega privzamemo vrednost 1,00,

v_b osnovna hitrost vetra.

$$q_p(z) = \quad (8a)$$

INDIVIDUALNI PODATKI

α	z	c_r	I_v	v_m	q_p
25°					
26°					
27°					
28°					
29°					
30°					
31°					
32°					
33°					
34°					

2.2.1.7 Tlak vetra

Zunanji tlak vetra je podan z enačbo (12)

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}, \quad (12)$$

kjer so

q_p	največji tlak pri sunkih vetra,
z_e	referenčna višina za zunanji pritisk,
c_{pe}	koeficient zunanjih pritiskov, ki jih dobimo s pomočjo modela dvokapne strehe.