

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,

MARIBOR

DIPLOMSKO DELO

IZRAČUN OBTEŽB NA PRIMERU BRUNARICE

Kandidatka: Maja Uranjek

Študentka izrednega študija

Številka indeksa: 11190060073

Program: gradbeništvo

Mentor: Tadej Gruden, univ.dipl.inž.grad.

Maribor, maj 2012

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisana Maja Uranjek, z vpisno št. 11190060073, sem avtorica diplomske naloge z naslovom:

IZRAČUN OBTEŽB NA PRIMERU BRUNARICE,

ki sem ga napisala pod mentorstvom Tadeja grudna, univ. dipl. inž. grad.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predložena diplomska naloga izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah, UL št. 16/2007; (v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia skladno z njenimi pravili;
- skladno z 32. členom ZASP dovoljujem VSŠ Academia objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, maj 2012

Podpis študentke:

ZAHVALA

Za strokovno pomoč in vodenje pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju Tadeju Grudnu, univ. dipl. inž. grad.

Prav tako gre zahvala tudi osebju Višje strokovne šole Academia za vložen trud in nasvete skozi študij.

Zahvala tudi profesorici slovenščine Andreji Novak za lektoriranje diplomskega dela.

Posebna zahvala velja partnerju za vso podporo in razumevanje, ki sem jo prejerala v času študija.

POVZETEK

Projektiranje hiš in ostalih objektov zahteva dobro poznavanje in razumevanje zakonov, pravilnikov ter veliko znanja iz področja gradbeništva in računalniškega programa Autocad.

V diplomskem delu se ukvarjam s preučevanjem predpisov in zakonov s področja gradbeništva. Trenutno so v Sloveniji v uporabi sodobni standardi za projektiranje nosilnih konstrukcij – evrokodi. Projektiranje stavb in inženirskih objektov temelji na Evrokodu 5. Zasnova teh standardov temelji na najnovejših spoznanjih in dosežkih na področju lesenih konstrukcij. Pri projektiranju je pomembno navezovanje še na druge evrokode, zlasti Evrokod 1, ki definira vplive na konstrukcije.

Uporaba lesa za gradbene konstrukcije se v zadnjih letih povečuje tudi v Sloveniji. Vedno več ljudi se zaveda prednosti, ki jo ponuja lesena gradnja. Les lahko uporabljamo za objekte visoke gradnje, kakor tudi za bivalne objekte. Uporaba lesa je odvisna od njegovih lastnosti.

Namen diplomske naloge je zasnovati leseno brunarico, izračunati vplive vetra in snega na objekt ter narediti računsko analizo sestavnih konstrukcijskih elementov za ostrešje. Analiza je prikazana od začetnega določanja obtežb do končnega dimenzioniranja konstrukcijskih elementov ostrešja. Pri postopkih analize so upoštevana veljavna priporočila in zahteve, ki veljajo za tovrstne objekte.

Ključne besede: lesene konstrukcije, obtežbe vetra in snega, dimenzioniranje

ABSTRACT

THE CALCULATION OF LOAD IN A LOG CABIN

Designing houses and other structures requires a good knowledge and understanding of the laws, regulations and vast knowledge of construction and the computer program AutoCAD. The thesis deals with the laws and regulations on construction. Eurocodes - modern standards for structural engineering are currently in use in Slovenia. The design of buildings and civil engineering projects are based on the Evrokod 5. The design of these standards is based on the latest knowledge and developments in the field of wooden constructions. When designing, it is important to link to other Eurocodes, particularly Eurocode 1, which defines the effects on the structure.

Using wood for building structures years, has been increasing in Slovenia in recent. More and more people are realizing the benefits offered by wooden construction. Wood can be used for building construction works, as well as residential facilities. The use of wood depends on its properties.

The purpose of this thesis is to design a wooden log cabin, to calculate the effects of wind and snow on the building and do computer analysis of the constituent structural elements for the roof. The analysis shows the initial determination of loads to the final dimensioning of structural elements roofing. In the analysis procedures are complied with applicable recommendations and requirements applicable to such facilities.

Keywords: wooden structure, wind and snow loads, design

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	9
1.1	Namen, cilji in osnovne trditve	9
1.1.1	Namen diplomskega dela je:.....	9
1.1.2	Cilji diplomskega dela:	9
1.1.3	Osnovne trditve:	10
1.2	Predpostavke in omejitve	10
1.3	Uporabljene raziskovalne metode	10
2	LASTNOSTI LESA.....	11
2.1	Fizikalne lastnosti lesa	11
2.1.1	Gostota lesa.....	12
2.1.2	Poroznost	12
2.1.3	Vlažnost lesa.....	12
2.2	Mehanske lastnosti lesa.....	13
2.2.1	Trdnost lesa.....	13
2.2.2	Elastičnost lesa	15
2.3	Fizikalno kemijske lastnosti lesa	15
2.3.1	Gorljivost lesa.....	15
3	PROJEKT IZDELAVE BRUNARICE.....	16
3.1	Lokacija objekta.....	16
3.1.1	Prometna ureditev	18
3.2	Zasnova	19
3.3	Konstrukcija.....	19
4	IZRIS BRUNARICE.....	21
4.1	Tloris ostrešja.....	21

4.2	Tloris stropne konstrukcije	22
4.3	Tloris pritličja.....	23
4.4	Tloris mansarde.....	24
4.5	Zahodna fasada	25
4.6	Vzhodna fasada.....	26
4.7	Južna fasada	27
5	IZRAČUN OBTEŽBE NA BRUNARICO.....	28
5.1	Stalna obtežba	28
5.1.1	Lastna teža	28
5.2	Spremenljiva obtežba.....	30
5.2.1	Koristna obtežba	30
5.2.2	Obtežba snega.....	30
5.2.3	Obtežba vetra	34
5.2.4	Analiza obtežb ostrešja.....	43
5.2.5	Kombinacija za mejno stanje nosilnosti MSN	45
6	DIMENZIONIRANJE OSNOVNIH ELEMENTOV	46
6.1	Materialne lastnosti ter opisi nosilnih elementov	46
6.2	Dimenzioniranje špirovcev	48
6.3	Dimenzioniranje strešnih leg	55
7	ZAKLJUČEK.....	57
8	SEZNAM UPORABLJENE LITERATURE IN VIROV.....	59
8.1	Literatura.....	59
8.2	Standardi	59
8.3	Internetni viri	60

KAZALO SLIK

Slika 1: Skica terenske meritve	16
Slika 2: Prikaz orientacije lesene konstrukcije	17
Slika 3: Fotografija zgornje ploščadi	17
Slika 4: Fotografija spodnje ploščadi	17
Slika 5: Fotografija terena	18
Slika 6: Fotografija terena	18
Slika 7: Fotografija ceste	18
Slika 8: Tloris ostrešja	21
Slika 9: Tloris stropne konstrukcije	22
Slika 10: Tloris pritličja	23
Slika 11: Tloris mansarde	24
Slika 12: Zahodna fasada	25
Slika 13: Vzhodna fasada	26
Slika 14: Južna fasada	27
Slika 15: Karakteristična obtežba s snegom na tleh na nadmorski višini A	32
Slika 16: Obtežni primer (i)	33
Slika 17: Obtežni primer (ii)	33
Slika 18: Obtežni primer (iii)	34
Slika 19: Diagram faktorja izpostavljenosti $c_e(z)$	35
Slika 20: Temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra v_b	37
Slika 21: Razdelitev dvokapnice na področja, veter pravokotno na sleme	40
Slika 22: Razdelitev dvokapnice na področja, veter pravokotno na sleme	42
Slika 23: Karakteristika prereza špirovca	51
Slika 24: Karakteristika prereza slemenske lege	55

KAZALO TABEL

Tabela 1: Razporeditev prostorov in njihove neto površine pritličja	20
Tabela 2: Razporeditev prostorov in njihove neto površine pritličja	20
Tabela 3: Vrednosti modifikacijskih faktorjev	47

1 UVOD

V svojem diplomskem delu želim predstaviti les kot gradbeni material, katerega uporaba se povečuje, saj se človek vse bolj zateka k naravi in naravnemu življenju. Razlog za to so njegove dobre lastnosti, novosti na področju obdelav in izboljšane odpornosti lesa, ki odpravljajo njegove slabe lastnosti, energetska varčnost in ekološko neoporečnost. Prikazati želim, da lesena gradnja ni namenjena samo brunaricam v vlogi majhnega počitniškega objekta, temveč je primerna tudi za gradnjo zdravega bivalnega okolja. Pri načrtovanju hiše se soočamo z vrsto vprašanj in odločitev kot na primer: izbira lokacije, postavitve objekta in izbira gradbenega materiala.

Predstavila bom primer brunarice, ki sem jo sama zasnovala. Naredila bom analizo obtežb snega in vetra ter dimenzionirala osnovne nosilne elemente po Evrocod standardih.

1.1 *Namen, cilji in osnovne trditve*

1.1.1 *Namen diplomskega dela je:*

- analizirati strukturo in tehnične lastnosti lesa;
- analizirati, obstoječo zakonodajo in v skladu z njo zasnovati lastno leseno hišo;
- preučiti prednosti in pomanjkljivosti gradnje lesene hiše.

1.1.2 *Cilji diplomskega dela:*

- predstaviti računsko analizo osnovnih konstrukcijskih elementov ostrešja lesene hiše;
- izrisati leseno hišo s programom Autocad.

1.1.3 Osnovne trditve:

- lesene hiše so že same po sebi velik in najboljši izolator, zato so energetske zelo varčne;
- les prenaša večje požarne obremenitve v primerjavi z ostalimi materiali.

1.2 Predpostavke in omejitve

Vedno več ljudi se odloča za zdrav način življenja, zato se odloča za nakup oziroma gradnjo lesene hiše. Obdelava lesa je veliko bolj ekološka in varčna kot pridelava drugih vrst gradbenih materialov, poleg tega pa je masivna lesena hiša varčna tudi pri ogrevanju in ohlajanju bivalnih prostorov.

Pri diplomski nalogi želim:

- najti ugodno rešitev za izgradnjo hiše;
- izgraditi čim bolj kvalitetno hišo;
- načrtovati čim bolj varno hišo;
- izdelati hišo, ki bo primerna za vselitev.

1.3 Uporabljene raziskovalne metode

Za teoretični del naloge bom uporabila slovensko in tujo literaturo, priročnike in internetne strani. Pri raziskovalnem delu bom uporabila deskriptivno metodo.

2 LASTNOSTI LESA

Les je eden najstarejših materialov in že od nekdaj igra pomembno vlogo. Je naravni material, ki se že tisočletja intenzivno uporablja pri gradnji objektov. Kot primarni material je tesno povezan z zgodovino človeštva in ima kot konstrukcijski material najdaljšo zgodovino uporabe. Sprva je bila njegova uporaba predvsem posledica njegove dostopnosti, danes pa je cenjen predvsem zaradi njegovih pozitivnih lastnosti na objekt in bivanje v njem. Les je namreč eden najbolj zdravih gradbenih materialov in je obnovljiva surovina, brez človeku škodljivih snovi.

Lesene hiše so že same po sebi velik in najboljši izolator in so zato energetske zelo varčne. Ne potrebujejo posebne toplotne izolacije, saj je toplotni izolator že sam les. Les je prav tako tudi odličen zvočni izolator, zato so gradbeno-fizikalne lastnosti lesa in lesene hiše zagotovo na prvem mestu med prednostmi, ki jih ponujajo leseni objekti.

Les že na sam pogled in otip daje občutek toplote in s svojo strukturo in naravnimi lastnostmi ustvarja ugodno mikroklimo v bivalnih prostorih. Obdelava lesa je veliko bolj ekološka in varčna kot pridelava drugih vrst gradbenih materialov, poleg tega je masivna lesena hiša varčna tudi pri ogrevanju in ohlajanju bivalnih prostorov.

Lesena hiša izpolnjuje zahteve zlasti po inovativni, ekološki in ekonomični gradnji. Les je namreč sekan na izbranih rastiščih v slovenskih gozdovih, rezan po predpisanem izboru. Sušenje poteka po postopku predhodnega naravnega sušenja in osušitve v sušilnih komorah. Ker je živ, ne deluje le v času rasti, ampak tudi pri uporabi v nadaljnji predelavi in v končnih izdelkih.

2.1 *Fizikalne lastnosti lesa*

Fizikalne lastnosti lesa so odvisne od delovanja naravnih sil, kot so svetloba, voda, toplota ... (Povzeto po Berdajs idr, 2004, 233).

2.1.1 Gostota lesa

Gostoto lesa definiramo kot razmerje med maso in volumnom. Odvisna je predvsem od vlažnosti, anatomske zgradbe lesa, kemijske zgradbe lesa in poroznosti. Gostota odločilno vpliva na mehanske, fizikalne in tehnološke lastnosti lesa, saj na primer z naraščanjem gostote narašča tudi trdota in trdnost lesa.

Na gostoto lesa med drugim vplivajo:

- drevesna vrsta;
- širina branike;
- vlažnost lesa;
- deli drevesa.

2.1.2 Poroznost

Poroznost je razmerje med celotnim volumnom por in volumnom suhega lesa. (Berdajs idr, 2004, 233). Prostornino vseh praznih prostorov v celicah lesa izražamo v odstotkih. Ti prostori so lahko zapolnjeni z vodo ali pa s plini, za iglavce je značilna tudi smola. Les, ki ima manjšo gostoto, lahko sprejme več vode, ima večjo poroznost in posledično nižjo trdnost in modul elastičnosti.

2.1.3 Vlažnost lesa

Vlažnost je razmerje med maso vode v lesu in maso popolnoma suhega lesa, izražena je v odstotkih. (Berdajs idr, 2004, 233). Voda se v lesu nahaja v porah in celičnih stenah. Tudi les v uporabi vsebuje določeno količino vode, pa čeprav se le-ta nahaja v suhih bivalnih prostorih. Les ima sposobnost, da sprejema vodo iz vlažnega zraka ali oddaja vodo v okolje, ki je bolj suho. Prav zato je potrebno med gradnjo zagotoviti optimalno vlažnost lesa, da preprečimo preveliko krčenje in raztezanje lesa in s tem dodatne napetosti.

2.2 Mehanske lastnosti lesa

Mehanske lastnosti lesa so ena osnovnih značilnosti nosilnih konstrukcij. Te lastnosti nastanejo zaradi delovanja zunanjih sil in so odvisne od napak lesa, strukture in nekaterih fizikalnih lastnosti. Mehanske lastnosti lesa so v neposredni zvezi z njegovo gostoto, vlažnostjo in poroznostjo.

2.2.1 Trdnost lesa

Trdnost lesa imenujemo tisto mejno napetost v lesenem elementu, pri kateri se prične rušiti atomska struktura lesa. (Premrov, 2008, 53). Prav trdnost je ena najpomembnejših lastnosti lesa, ki neposredno vpliva na dimenzioniranje lesenih elementov. Mehanske lastnosti so v veliki meri odvisne od tega ali napetosti potekajo pravokotno na vlakna ali vzporedno z njimi. Nosilnost lesa je vzporedno z vlakni bistveno večja kot pa pravokotno na njih.

Tlačna trdnost lesa

Tlačna trdnost lesa je definirana kot normalna napetost v prečnem prerezu, ki povzroči porušitev elementa v prerezu. Razlikujemo med tlačno trdnostjo vzporedno z vlakni lesa in tlačno trdnostjo pravokotno na vlakna. Tlačna trdnost vzporedno z vlakni je do 10 krat večja od tlačne trdnosti pravokotno na vlakna.

Po veljavnem standardu razvrščamo masiven les iglavcev v 12 trdnostnih razredov z oznako C, medtem ko masiven les listavcev razvrščamo v 6 trdnostni razredov (oznaka D).

Projektno vrednost trdnosti lesa določimo po izrazu:

$$f_d = k_{mod} \cdot \frac{f_k}{\gamma_M}$$

Kjer je:

f_k – karakteristična vrednost trdnosti

γ_M – delni faktor varnosti za lastnosti materiala ($\gamma_M = 1,30$)

k_{mod} – modifikacijski faktor, s katerim se upošteva vpliv trajanja obtežbe in pogoji okolja

f_d – projektna tlačna sila

Natezna trdnost lesa

Natezna trdnost lesa je odpor lesa proti maksimalni zunanji sili. Odvisna je od tega, v kateri smeri deluje napetost. Največjo natezno napetost dosega les vzporedno z vlakni, najmanjšo pa pravokotno na vlakna. Velik vpliv nanjo imajo nepravilnosti v zgradbi lesa.

Upogibna trdnost lesa

Napetost, pri kateri je nastopila porušitev v natezni ali tlačni coni, imenujemo upogibna trdnost materiala.

Strižna trdnost lesa

Strižna trdnost je odpor lesa proti strigu lesenih plasti s silo, ki deluje v ravnini lesenih vlaken ali prečno na lesena vlakna. Strižna trdnost vzporedno z vlakni je 3 do 4-krat manjša kot pravokotno na vlakna.

Ločimo med:

- strig pravokotno na vlakna lesa, ko strižna ravnina pod pravim kotom prereže vlakna lesa;
- radialni in tangentni strig pod kotom proti lesenim vlaknom lesa - strižna ravnina prereže letnice radialno ali tangentno;

- strig vzporedno z vlakni, ko strižna ravnina pod pravim kotom prereže vlakna lesa; v tem primeru je strižna ravnina vzporedno z vlakni lesa.

2.2.2 *Elastičnost lesa*

Elastičnost je mehanska količina, ki jo določa razmerje med napetostjo in relativnim raztezkom.

2.3 *Fizikalno kemijske lastnosti lesa*

2.3.1 *Gorljivost lesa*

Požarna varnost si zasluži posebno pozornost lesene hiše. Za les je značilno, da je vnetljiv in gorljiv material, vendar kljub temu v požaru obdrži presenetljivo dobre mehanske lastnosti. Čeprav gorljivost lesa izkoriščamo v energijske namene, je za gradbene elemente nezaželena. To velja še posebej za objekte, kjer je potrebno upoštevati načela protipožarne zaščite.

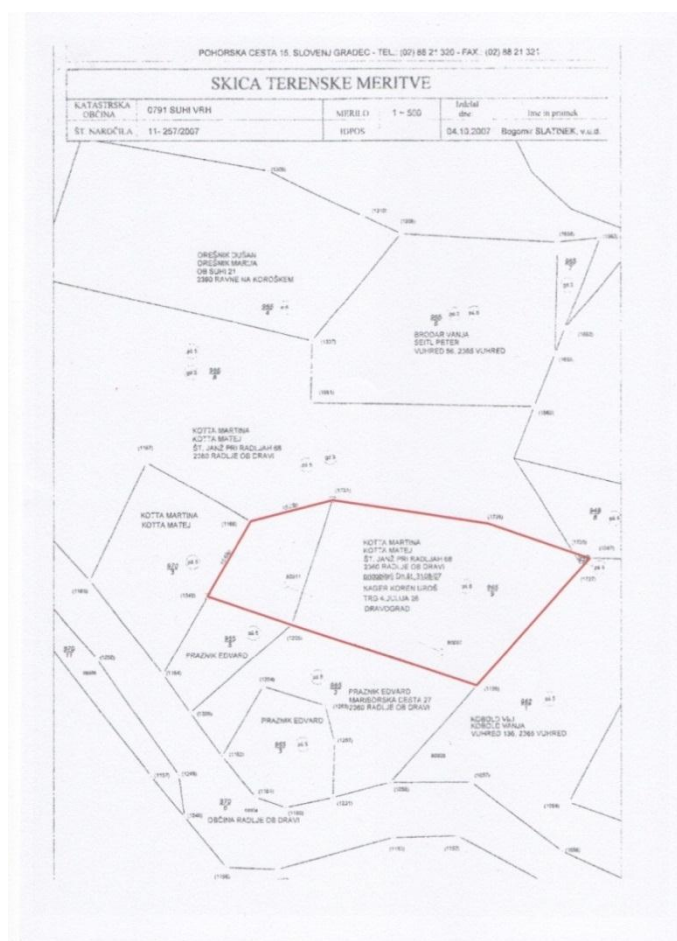
Les je slab prevodnik toplote. Prav zaradi tega prenese večje požarne obremenitve kot nekateri drugi materiali. Požar lesene hiše je mogoče bolje nadzirati in je tudi manj nevaren pri gorenju lesa, saj nastaja na njegovi površini pooglenela plast, ki je nekakšna samozaščita pred nadaljnjim gorenjem. Ker je les dober topotni izolator, ostaja pod zglenelim slojem les nedotaknjen in ohranja vse svoje mehanske lastnosti.

Za izboljšanje požarne varnosti lahko uporabimo tudi požarne premaze za les, s katerimi zvišamo temperaturo vnetišča lesa, s čimer damo lesu večjo obstojnost pri gorenju. Premaz pri povišani temperaturi nabrekne in ob tem tvori negorljivo peno, ki zavre nadaljnji razkroj lesa in s tem tudi upočasni segrevanje lesa. Posledično se s tem tudi prepreči hitro širjenje požara po objektu.

3 PROJEKT IZDELAVE BRUNARICE

3.1 Lokacija objekta

Predvidena lokacija objekta je na območju Radelj ob Dravi, natančneje na Suhem vrhu, na nadmorski višini 438 metrov. Namenska raba parcele je stavbno zemljišče, v celoti predvideno za stanovanjsko gradnjo. Površina zazidljivega zemljišča je 1224 m², na parcelni številki 965/9 in 965/11, kot je razvidno iz slike 1.



Slika 1: Skica terenske meritve

Vir: Geomeritve d.o.o. Podjetje za geodetske in druge storitve, 2007

Na spodnji sliki je prikazana umestitev objekta v prostor, njegov položaj in lega na parceli.



Slika 2: Prikaz orientacije lesene konstrukcije

Vir: <http://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=RADLJE>, dne 22.4.2012



Slika 3: Fotografija zgornje ploščadi

Vir: Lasten



Slika 4: Fotografija spodnje ploščadi

Vir: Lasten



Slika 5: Fotografija terena

Vir: Lasten



Slika 6: Fotografija terena

Vir: Lasten

3.1.1 Prometna ureditev

Dostop do parcele je urejen iz severne smeri, preko parcele s številko 965/8, kjer je urejena tudi služnostna pravica do uporabe po urejeni dovozni poti.



Slika 7: Fotografija ceste

Vir: Lasten

3.2 Zasnova

Objekt je zasnovan kot enonadstropna masivna lesena hiša. V celoti je sestavljena iz lesenih konstrukcijskih elementov, postavljena na talno ploščo. Brunarica je dolžine 11 m in širine 8 metrov ter višine v slemenu 7,24 m. Hiša je zasnovana s povečanim deležem steklenih površin na južni in deloma na zahodni strani, kar daje občutek sobivanja z naravo in je idealno za boljšo izrabo sončne energije. Daljša stranica je orientirana na južno stran, pri čemer je upoštevana najugodnejša lega. V tem delu so predvideni tako spalni kot bivalni prostori. Severna fasada ima predviden majhen delež steklenih površin in s tem tudi manj toplotnih izgub. Na notranji strani objekta je predviden izolacijski sloj, ki daje v notranjosti videz klasične gradnje.

Glavni vhod je predviden na vzhodni strani objekta, na nivoju pritličja. Pri samem vhodu v objekt sta locirana kurilnica in stranišče. Na koncu hodnika je zasnovana dnevna soba, ki z jedilnico in kuhinjo tvori ogromen prostor, kar daje občutek povezanosti. V zgornjem nadstropju so predvideni spalni prostori.

3.3 Konstrukcija

Streha je zasnovana kot dvokapnica z naklonom 38° . Strešna konstrukcija je lesena, sestavljena iz špirovcev in leg, iz smrekovega lesa trdnostnega razreda II. kategorije. Razmik med špirovci je 0,76 m, dimenzije 12/16 cm. Strešna konstrukcija je podprta s tremi legami, dimenzij 18/20 cm. Zunanje stene so sestavljene iz brun, debeline 10 cm. Lesene izvedbe so tudi notranje stene.

Neto površina vseh bivalnih prostorov znaša $158,89 \text{ m}^2$, neto površina pritličja $81,69 \text{ m}^2$, neto površin mansarde pa $77,2 \text{ m}^2$.

Neto površine pritličja	
Prostor	Neto površina (m ²)
Kurilnica	A = 3 m ²
Stranišče	A = 3 m ²
Stopnišče	A = 5 m ²
Shramba	A = 2,75 m ²
Kuhinja	A = 8,98 m ²
Jedilnica	A = 11,15 m ²
Dnevni prostor	A = 21,9 m ²
Hodnik	A = 12,39 m ²
Delovni prostor	A = 13,52 m ²
Skupaj:	A = 81,69 m ²

Tabela 1: Razporeditev prostorov in njihove neto površine pritličja

Vir: Lasten

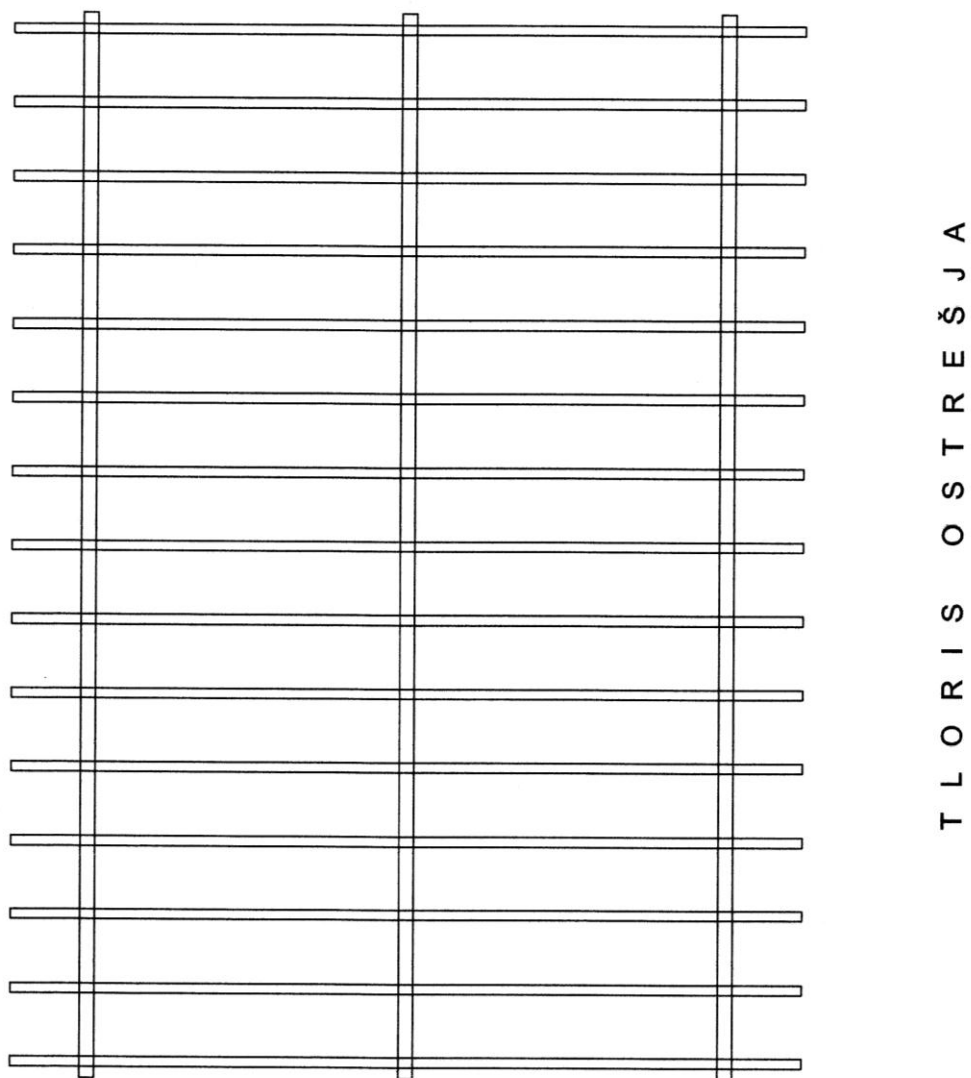
Neto površine mansarde	
Prostor	Neto površina (m ²)
Kopalnica	A = 7,42 m ²
Otroška soba	A = 18,19 m ²
Stopnišče	A = 5 m ²
Hodnik	A = 4,37 m ²
Kopalnica	A = 11,22 m ²
Garderobna soba	A = 5,26 m ²
Spalnica	A = 25,74 m ²
Skupaj:	A = 77,2 m ²

Tabela 2: Razporeditev prostorov in njihove neto površine pritličja

Vir: Lasten

4 IZRIS BRUNARICE

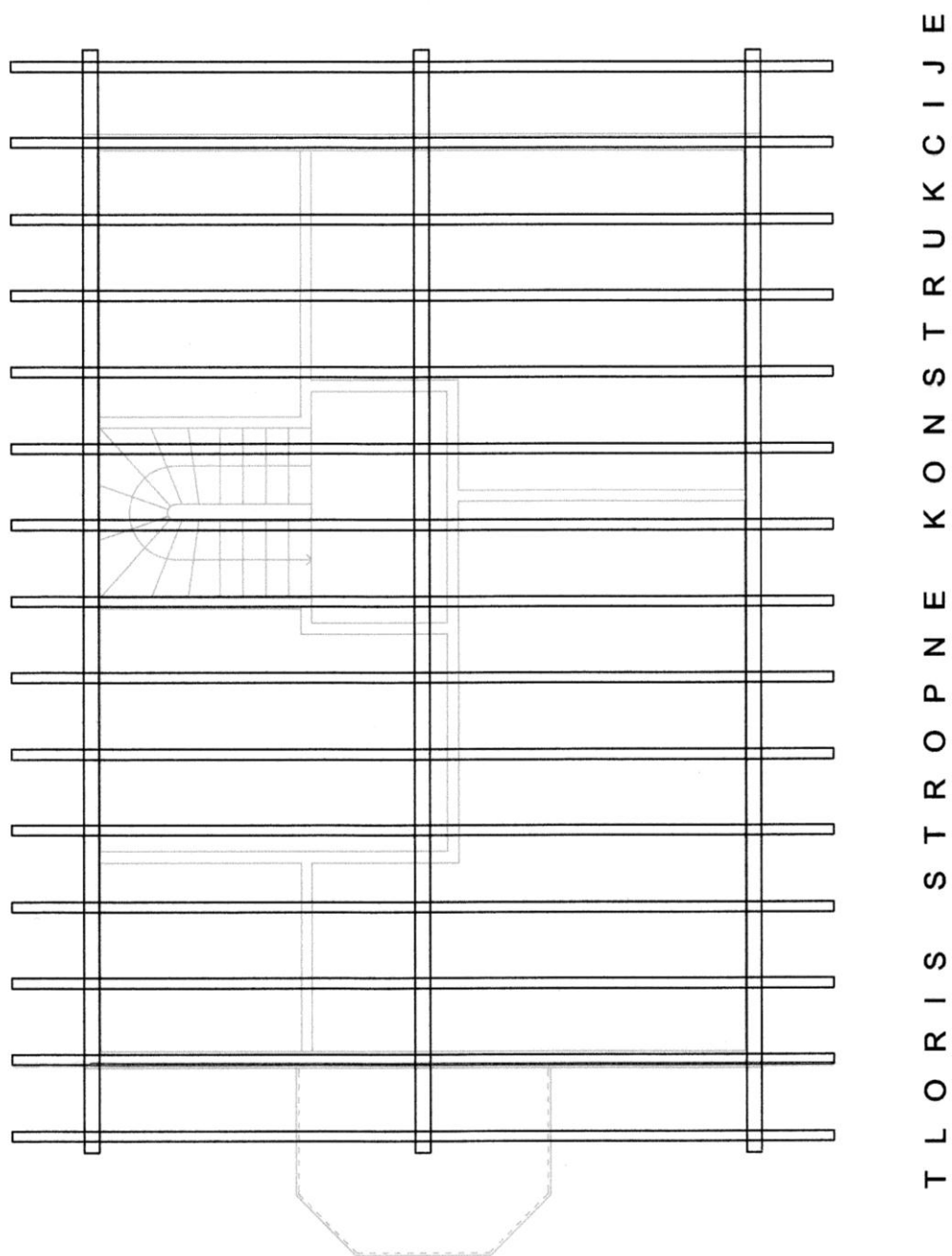
4.1 *Tloris ostrešja*



Slika 8: Tloris ostrešja

Vir: Lasten

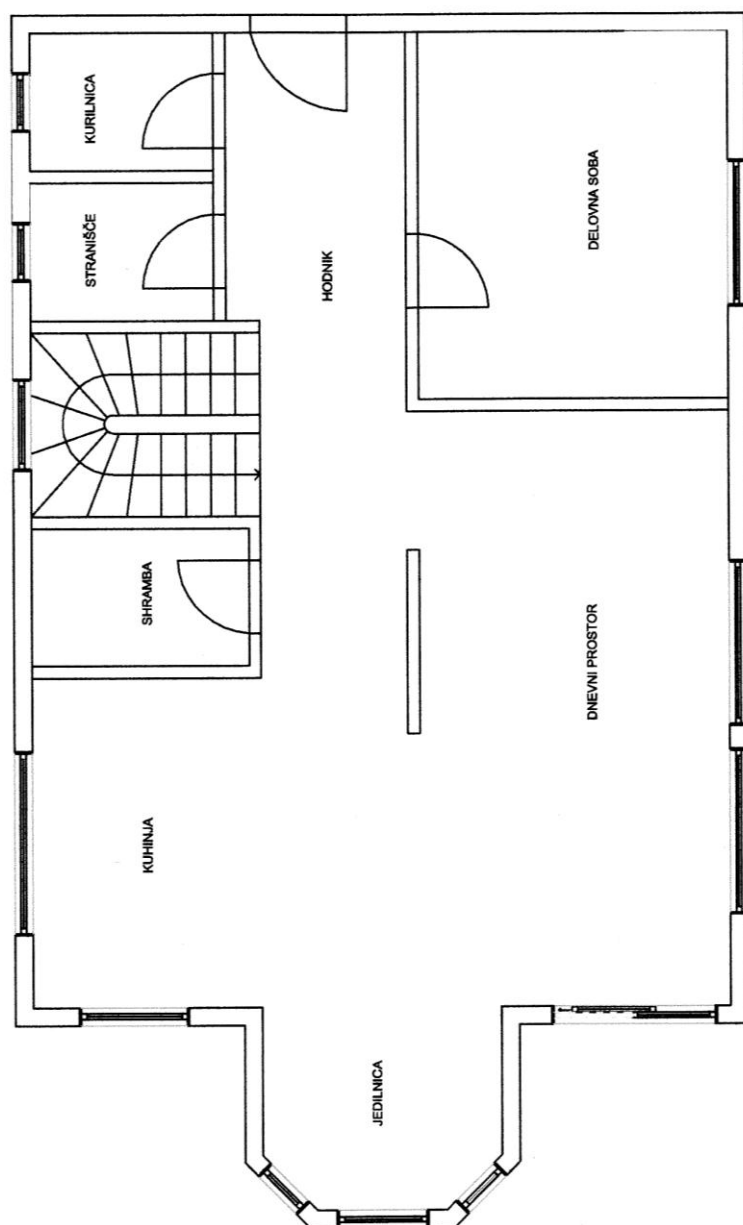
4.2 Tloris stropne konstrukcije



Slika 9: Tloris stropne konstrukcije

Vir: Lasten

4.3 Tloris pritličja

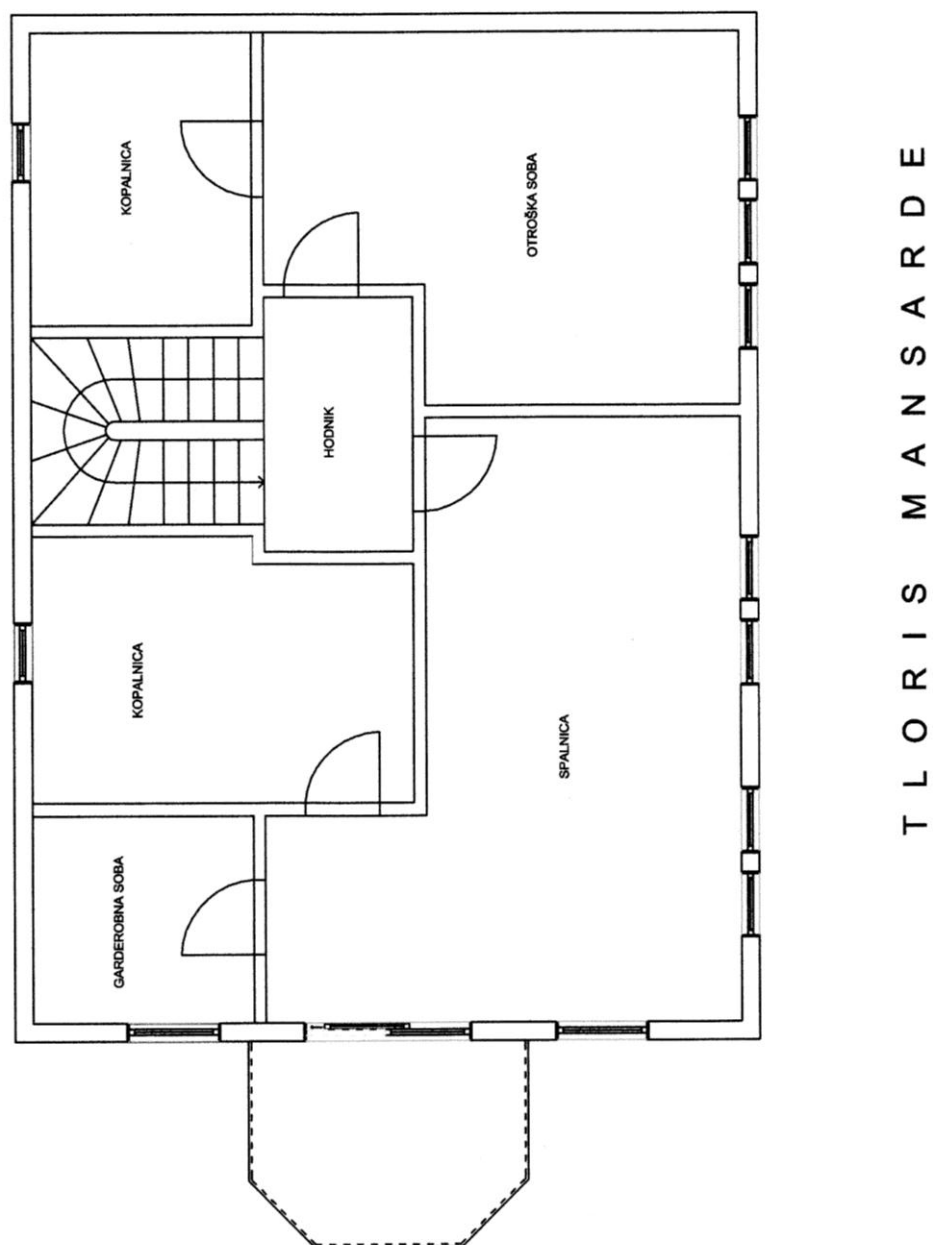


T L O R I S P R I T L I Č J A

Slika 10: Tloris pritličja

Vir: Lasten

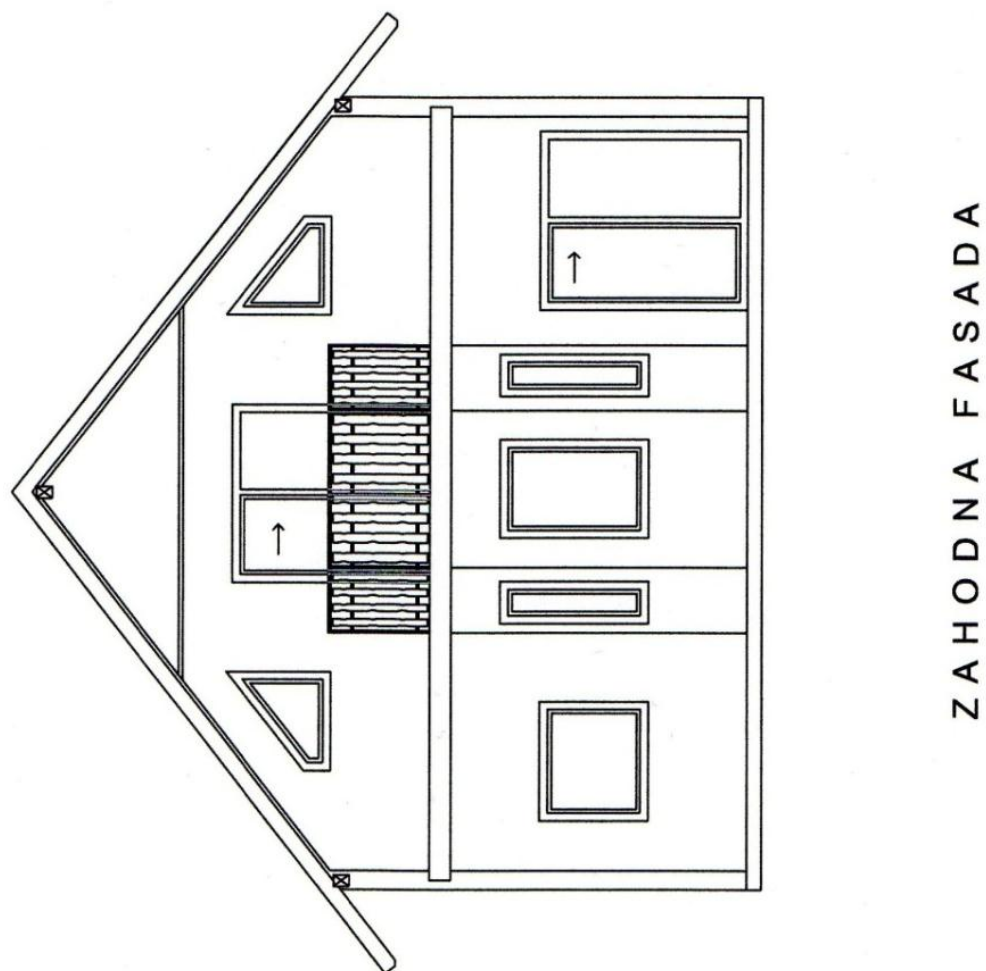
4.4 Tloris mansarde



Slika 11: Tloris mansarde

Vir: Lasten

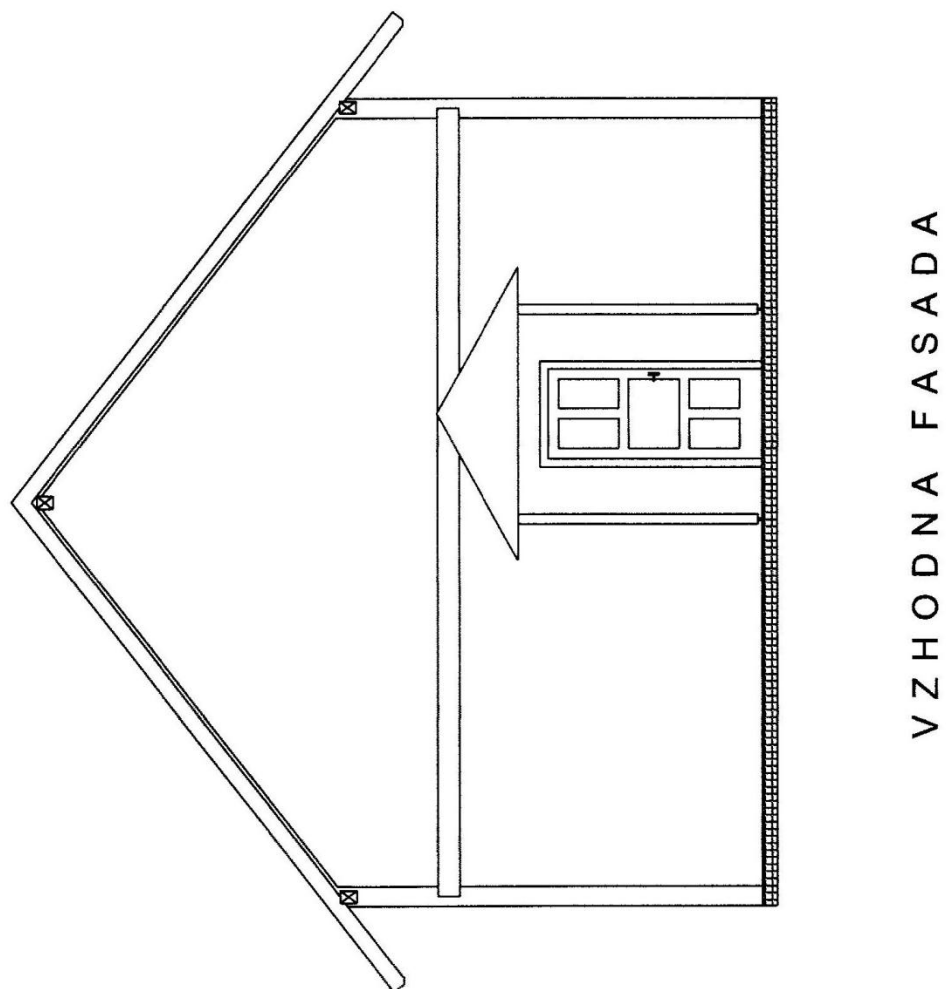
4.5 Zahodna fasada



Slika 12: Zahodna fasada

Vir: Lasten

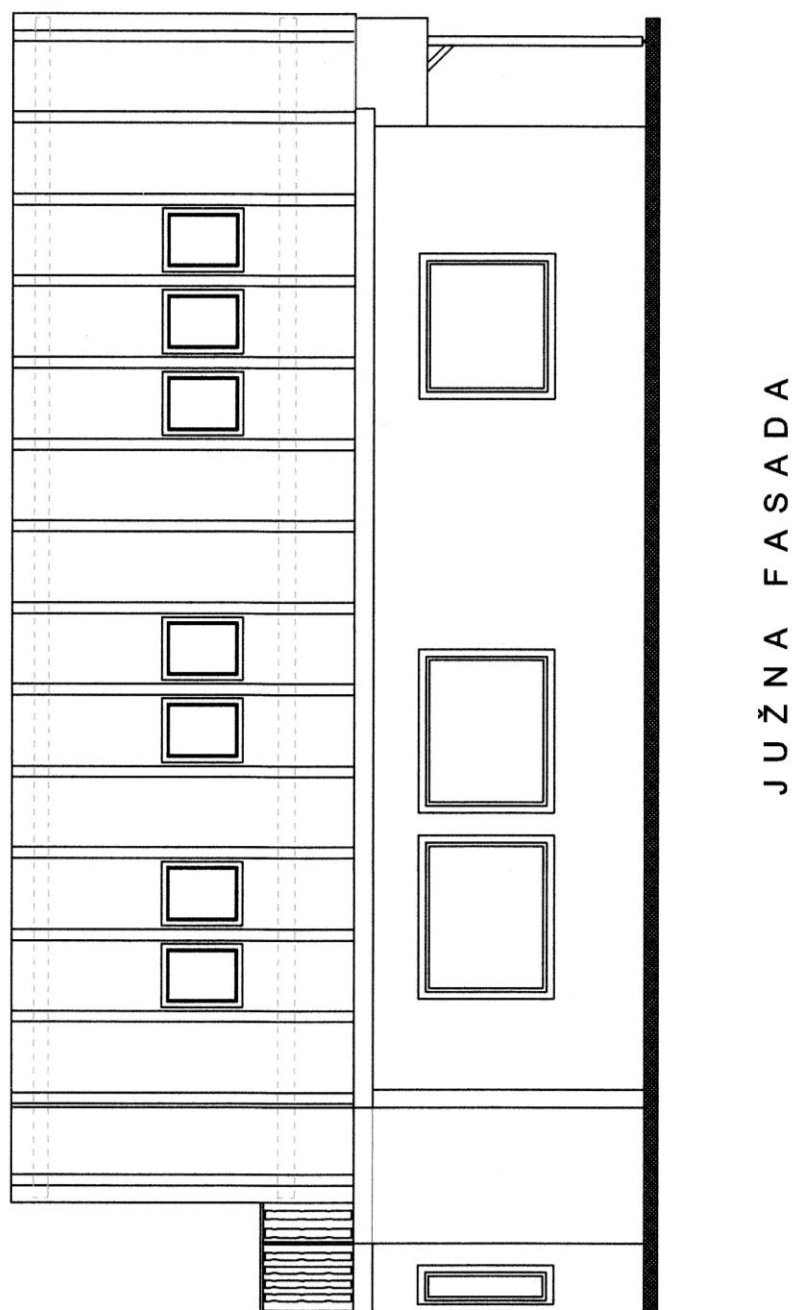
4.6 *Vzhodna fasada*



Slika 13: Vzhodna fasada

Vir: Lasten

4.7 Južna fasada



Slika 14: Južna fasada

Vir: Lasten

5 IZRAČUN OBTEŽBE NA BRUNARICO

Obtežbe so lahko neposredni vplivi, ki delujejo na konstrukcijo v obliki sile ter posredni vplivi, ki povzročajo deformacije. Glede na trajanje obtežbe ločimo stalno obtežbo, ki obsega lastno težo konstrukcije, ter pritrjeno opremo in koristno obtežbo, ki vključuje obtežbo vetra in snega ter druge spremenljive vplive.

5.1 Stalna obtežba

5.1.1 Lastna teža

Lastne teža gradbenih objektov oziroma elementov je stalen, nepomični vpliv vseh elementov, ki sestavljajo konstrukcijo. Pri določanju lastne teže upoštevamo tako lastno težo konstrukcije kot nekonstrukcijske elemente vključno s pritrjeno opremo in težo zemljine.

Ostrešje

- strešna kritina	$q = 0,35 \text{ kN/m}^2$
- prečne strešne letve	$q = 0,013 \text{ kN/m}^2$
- vzdolžne letve	$q = 0,011 \text{ kN/m}^2$
- paropropustna folija	
- izolacija	$q = 0,062 \text{ kN/m}^2$
- parna in zračna ovira	
- lesena zaključna obloga 1,5cm	$q = 0,063 \text{ kN/m}^2$

Skupaj: $q = 0,499 \text{ kN/m}^2$

Lastna teža nosilnih elementov na m'

- | | |
|---------------------|----------------------------|
| - špirovec 12/16 cm | $q = 0,081 \text{ kN/m}^2$ |
| - lega 18/20 cm | $q = 0,151 \text{ kN/m}^2$ |
-

Tla v nadstropju

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| - bambus parket 10 m | $q = 0,07 \text{ kN/m}^2$ |
| - lesena oplata 2 cm | $q = 0,084 \text{ kN/m}^2$ |
| - leseni morali 6x8 cm | $q = 0,034 \text{ kN/m}^2$ |
| - izolacija med morali 8 cm | $q = 0,037 \text{ kN/m}^2$ |
| - lesena obloga 1,5 cm | $q = 0,063 \text{ kN/m}^2$ |
-

Skupaj: $q = 0,29 \text{ kN/m}^2$

Zunanja stena

- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| - bruno iz masivnega lesa 10 cm | $q = 0,58 \text{ kN/m}^2$ |
| - vetrna zapora | |
| - pokončniki 6x8 cm | $q = 0,034 \text{ kN/m}^2$ |
| - izolacija 8 cm | $q = 0,038 \text{ kN/m}^2$ |
| - parna ovira | |
| - lesena obloga 1,5 cm | $q = 0,063 \text{ kN/m}^2$ |
-

Skupaj: $q = 0,72 \text{ kN/m}^2$

Notranja stena

- lesena notranja obloga, 2,5 cm	$q = 0,105 \text{ kN/m}^2$
- pokončniki 4x8	$q = 0,022 \text{ kN/m}^2$
- izolacija med pokončniki 8 cm	$q = 0,038 \text{ kN/m}^2$
- lesena notranja obloga 2,5 cm	$q = 0,105 \text{ kN/m}^2$

Skupaj: $q = 0,27 \text{ kN/m}^2$

5.2 Spremenljiva obtežba

5.2.1 Koristna obtežba

Koristne obtežbe so spremenljivi in nestalni vplivi, ki delujejo na konstrukcijo. Koristne obtežbe izvirajo iz namena uporabe. (Povzeto po SIST EN 1990, 2004, 13.)

Evrokod podaja karakteristične vrednosti spremenljive obtežbe glede na namembnost objekta. Površine v stavbi razdelimo glede na kategorijo uporabe, ki je določena v SIST EN 1991-1-1:2004, 2004, 20.

Stavbo uvrstimo v kategorijo A – bivalni prostori $q_{tla} = 2,0 \text{ kN/m}^2$

Streho uvrstimo v kategorijo H – strehe so dostopne le za normalno vzdrževanje $q_{streha} = 0,4 \text{ kN/m}^2$

5.2.2 Obtežba snega

Obtežba snega se upošteva kot spremenljiva nepomična obtežba, ki je določena v standardu SIST EN 1991-1-3:2004, 2004, 15. Pri projektiranju je treba upoštevati, da je sneg na strehi razporejen na različne načine.

Obtežbo snega na strehi za trajna in začasna stanja določimo po spodnji enačbi:

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

kjer je:

μ_1 – oblikovni koeficient obtežbe snega

C_e – koeficient izpostavljenosti

C_t – toplotni koeficient

S_k – karakteristična obtežba snega na tleh

Oblikovni koeficient obtežbe snega μ_1 za dvokapnico $\alpha_1 = \alpha_2 = 38^\circ$

Oblikovni koeficient za nagib strehe $30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ izračunamo spodnji enačbi. (Povzeto po SIST EN 1991-1-3:2004, 2004, 15).

$$\mu_1 = \frac{0.8 \cdot (60 - \alpha)}{30}$$

$$\mu_1 = \frac{0.8 \cdot (60 - 38)}{30} = 0,587 \text{ kN/m}^2$$

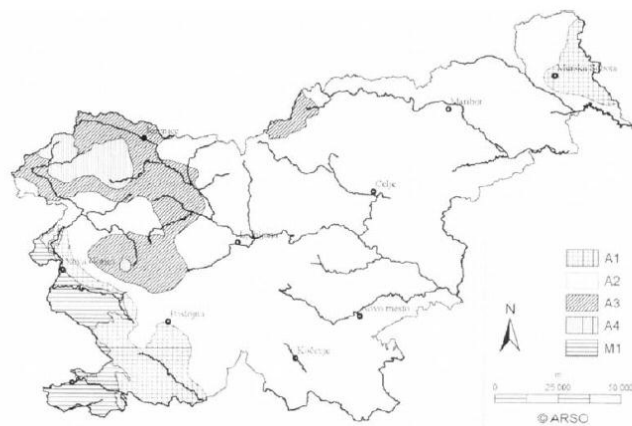
Koeficient izpostavljenosti C_e je odvisen od terena, kjer se objekt nahaja. Uporabimo koeficient 1,0, ki velja za običajne terene; površine, kjer veter ne prenaša snega na objektih, ker so zaščiteni zaradi terena, drugih objektov ali dreves;

$$C_e = 1,0$$

Za toplotni koeficient C_t uporabimo vrednost 1,0, saj ni zmanjšanja obtežbe snega zaradi velike toplotne prevodnosti;

$$C_t = 1,0$$

Karakteristična obtežba snega na tleh S_k določimo s risbe v nacionalnem dodatku k SIST EN 1991-1-3:2004.



Slika 15: Karakteristična obtežba s snegom na tleh na nadmorski višini A

Vir: SIST EN 1991-1- 3:2004/A101:2008, 2008, 4

Za cono A2 velja

$$S_k = 1,293 \left[1 + \left(\frac{A}{729} \right)^2 \right] = 1,293 \left[1 + \left(\frac{438}{729} \right)^2 \right] = 1,76 \frac{kN}{m^2}$$

Kjer je:

A – nadmorska višina v m (438 m)

Obtežba snega na strehi je tako:

Obtežni primer (i)

$$\mu_1(\alpha_1) \quad \mu_1(\alpha_2)$$



Slika 16: Obtežni primer (i)

Vir: Lasten

$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$ $s = 0,59 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,76 =$ $s = 1,04 \frac{kN}{m^2}$	$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$ $s = 0,59 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,76 =$ $s = 1,04 \frac{kN}{m^2}$
---	---

Obtežni primer (ii)

$$\mu_1(\alpha_1) \quad \mu_1(\alpha_2)$$



Slika 17: Obtežni primer (ii)

Vir: Lasten

$s = 0,5 \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$ $s = 0,5 \cdot 0,59 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,76 =$ $s = 0,52 \frac{kN}{m^2}$	$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$ $s = 0,59 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,76 =$ $s = 1,04 \frac{kN}{m^2}$
---	---

Obtežni primer (iii)

$$\mu_1(\alpha_1) \quad \mu_1(\alpha_2)$$



Slika 18: Obtežni primer (iii)

Vir: Lasten

$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$ $s = 0,59 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,76 = \frac{kN}{m^2}$ $s = 1,04 \frac{kN}{m^2}$	$s = 0,5 \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$ $s = 0,5 \cdot 0,59 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,76 = \frac{kN}{m^2}$ $s = 0,52 \frac{kN}{m^2}$
--	--

5.2.3 Obtežba vetra

Vplivi vetra se spreminjajo s časom in delujejo neposredno kot tlak pravokotno na zunanje površine ploskev konstrukcije. Vplive vetra upoštevamo kot nepomični pojav, izračunamo jih po karakterističnih vrednostih v skladu z evrokodi.

Objekt se nahaja:

- v vetrni coni 1, ki predpisuje projektno hitrost vetra $v_{b,0} = 20$ m/s za nadmorsko višino pod 800 m, SIST EN 1991-1-4:2005;
- kategorijo terena določimo na podlagi razdelitve območja po SIST EN 1991-2-4. Za naš objekt je določena kategorija terena III;
- hrapavostna dolžina $z_0 = 0,3$ m;
- minimalna višina nad tlemi, kjer je hitrost vetra konstantna: $z_{\min} = 5$ m.

Tlak vetra (w_e) na zunanje površine izračunamo z izrazom: (SIST EN 1991-1-4:2005, 2005, 21)

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

Kjer je

$q_p(z_e)$ – največji tlak pri sunkih vetra, ki je odvisen od referenčne višine (z_e)

- z_e ... referenčna višina na zunanji tlak $z_e = h$, če je $h \leq b$
- b ... širina objekta, pravokotno na veter
- h ... višina objekta

C_{pe} – koeficient zunanjega tlaka in je podan v obliki tabel, ločeno za navpične strehe in stene

Največji tlak ob sunkih vetra

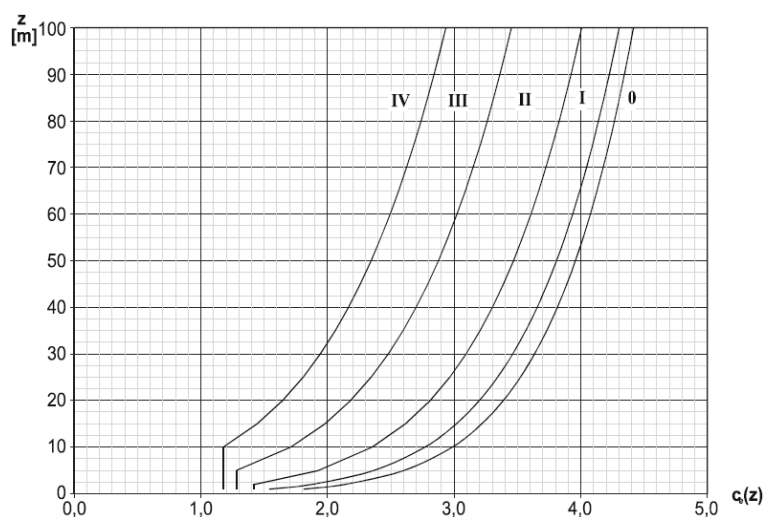
$$q_p = C_e(z_e) \cdot q_b$$

kjer je:

q_p – tlak pri največji hitrosti ob sunkih vetra

$C_e(z_e)$ – faktor izpostavljenosti

q_b – osnovni faktor vetra



Slika 19: Diagram faktorja izpostavljenosti $c_e(z)$

Vir: SIST EN 1991-1-4:2005,2005, 20

Iz tabele razberemo, da je $C_e(z_e) = 1,50$

$$q_p = C_e(z_e) \cdot q_b$$

$$q_p = 1,5 \cdot 0,250 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_p = 0,375 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Osnovni tlak vetra (SIST EN 1991-1-4:2005, 2005, 20)

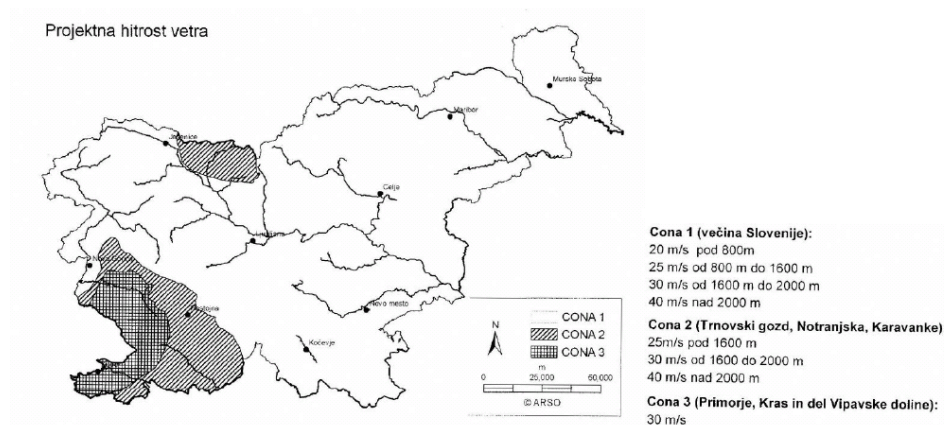
$$q_b = \frac{1}{2} \rho_z \cdot v_b^2$$

Kjer je:

ρ_z – gostota zraka, ki je odvisna od nadmorske višine, temperature in zračnega tlaka, pričakovanega med neurjem na obravnavanem območju. Priporočena vrednost $\rho_z = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

v_b – hitrost vetra v posameznem področju določena po nacionalnem dodatku

Za cono 1 in nadmorsko višino pod 800 m je podana temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra $v_{b,0} = 20 \text{ m/s}$



Slika 20: Temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra v_b

Vir: Inženirska zbornica Slovenije, 2009, 1-69.

Osnovni tlak vetra je tako:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho_z \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} 1,25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot \left(20 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 20 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0.250 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Osnovna hitrost vetra je:

$$v_b = C_{\text{dir}} \cdot C_{\text{season}} \cdot v_{b,0}$$

$$v_{b,0} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kjer je

C_{dir} - smerni faktor, čigar priporočena vrednost je 1,0

C_{season} - faktor letnega časa, čigar priporočena vrednost je 1,0

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

$$v_b = 1 \cdot 1 \cdot 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_b = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Faktor izpostavljenosti C_e (Z_e)

Faktor izpostavljenosti določimo s pomočjo diagrama faktorja izpostavljenosti po SIST EN 1991-1-4, 2005, 18.

Za teren III. kategorije in višino $z = 7,00 \text{ m}$ faktor znaša $C_e(z_e) = 1,50$

Kategorije terenskih parametrov: povzeto po SIST 1991-1-4: 2005, 2005, 18.

$$z_0 = 0,3$$

$$z_{\min} = 5 \text{ m}$$

$$z_{\max} = 200 \text{ m}$$

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

$$c_e = c_r^2(z) \cdot c_0^2(z) \cdot (1 + 7 \cdot l_v(z))$$

Hrapavost terena

Faktor hrapavosti $c_r(z)$ upošteva spremenljivost srednje hitrosti vetra na kraju konstrukcije zaradi višine nad tlemi in hrapavosti tal na privetni strani konstrukcije v smeri vetra.

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right) \text{ za } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \text{ za } z \leq z_{mi}$$

$$c_r(z) = 0,215 \cdot \ln\left(\frac{5}{0,3}\right)$$

$$c_r(z) = 0,1098$$

Kjer velja:

$c_r(z)$... hrapavostna dolžina terena

k_r ... faktor terena, ki je odvisen od hrapavostne dolžine z_0

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

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07}$$

$$k_r = 0,215389$$

Koeficient zunanjega pritiska c_{pe} .

A = izpostavljena površina vetru zgradbe:

$$A \geq 1 \text{ m}^2$$

$$C_{pe} = c_{pe,1}$$

$$1 \text{ m}^2 \leq A \leq 10 \text{ m}^2$$

$$C_{pe} = c_{pe} + (C_{pe} - c_{pe,1}) \cdot \log_{10} A$$

$$A \geq 10 \text{ m}^2$$

$$C_{pe} = c_{pe,10}$$

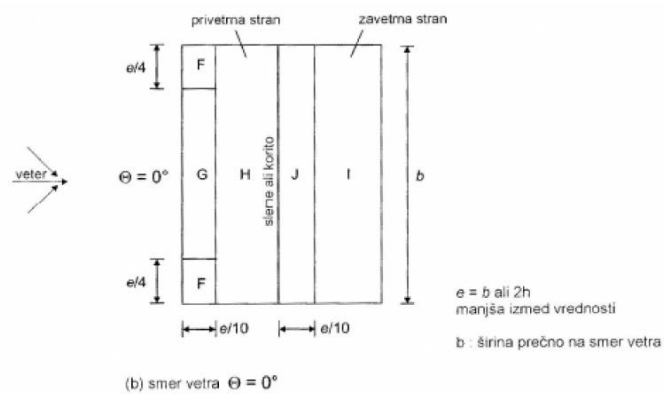
Veter pravokotno na sleme

$$b = 13,0 \text{ m}$$

$$h = 7,00 \text{ m}$$

$$e = \min(b, 2h)$$

$$e = 13,0 \text{ m}$$



Slika 21: Razdelitev dvokapnice na področja, veter pravokotno na sleme

Vir: SIST EN 1991- 1-4: 2005, 2005, 36

Površine področij strehe $\Theta = 0^\circ$

$$F: \quad A = 4,23 \text{ m}^2$$

$$G: \quad A = 8,45 \text{ m}^2$$

$$H: \quad A = 47,32 \text{ m}^2$$

$$I: \quad A = 16,9 \text{ m}^2$$

$$J: \quad A = 47,32 \text{ m}^2$$

$$w_e = C_{pe,10} \cdot q_p$$

$$C_{pe} = C_{pe,1} - (C_{pe,1} - C_{pe,10}) \cdot \log_{10} A$$

F	C_{pe}	-0,9	0,7
G	C_{pe}	-0,6	0,7
H	C_{pe}	-0,2	0,4
I	C_{pe}	-0,4	0,0
J	C_{pe}	-0,5	0,0

Tlaki na strehi - SRKI

$$w_e = C_{pe} \cdot q_p(z_e)$$

cona	$w_e = C_{pe} \cdot q_p(z_e)$
F	$w_{eF} = -0,9 \cdot 0,375 = -0,34 \text{ kN/m}^2$
G	$w_{eG} = -0,6 \cdot 0,375 = -0,23 \text{ kN/m}^2$
H	$w_{eH} = -0,2 \cdot 0,375 = -0,08 \text{ kN/m}^2$
I	$w_{eI} = -0,4 \cdot 0,375 = -0,15 \text{ kN/m}^2$
J	$w_{eJ} = -0,5 \cdot 0,375 = -0,19 \text{ kN/m}^2$

Zunanji tlaki na strehi - TLAKI

cona	$w_e = C_{pe} \cdot q_p(z_e)$
F	$w_{eF} = 0,7 \cdot 0,375 = 0,26 \text{ kN/m}^2$
G	$w_{eG} = 0,7 \cdot 0,375 = 0,26 \text{ kN/m}^2$
H	$w_{eH} = 0,4 \cdot 0,375 = 0,15 \text{ kN/m}^2$
I	$w_{eI} = 0 \cdot 0,375 = 0 \text{ kN/m}^2$
J	$w_{eJ} = 0 \cdot 0,375 = 0 \text{ kN/m}^2$

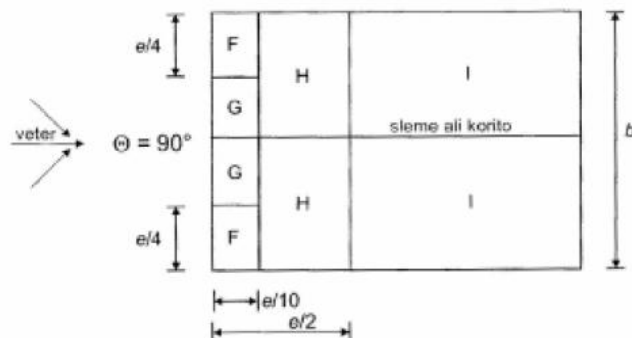
Veter pravokotno na sleme

$$b = 9,88 \text{ m}$$

$$h = 7,00 \text{ m}$$

$$e = \min(b, 2h)$$

$$e = 9,88 \text{ m}$$



Slika 22: Razdelitev dvokapnice na področja, veter pravokotno na sleme

Vir: SIST EN 1991- 1-4: 2005, 2005, 36

Površine področij strehe $\Theta = 90^\circ$

F	$A = 2,44 \text{ m}^2$
G	$A = 2,44 \text{ m}^2$
H	$A = 19,52 \text{ m}^2$
I	$A = 40,80 \text{ m}^2$

Koeficient zunanjega tlaka na strehi $\Theta = 90^\circ$

F	C_{pe}	-1,4
G	C_{pe}	-1,8
H	C_{pe}	-0,7
I	C_{pe}	-0,5

Zunanji tlaki na strehi – SRKI

cona	$w_e = C_{pe} \cdot q_p(z_e)$
F	$w_{eF} = -1,4 \cdot 0,375 = -0,53 \text{ kN/m}^2$
G	$w_{eG} = -1,8 \cdot 0,375 = -0,68 \text{ kN/m}^2$
H	$w_{eH} = -0,7 \cdot 0,375 = -0,26 \text{ kN/m}^2$
I	$w_{eI} = -0,5 \cdot 0,375 = -0,19 \text{ kN/m}^2$

5.2.4 Analiza obtežb ostrešja

OP1	g -	lastna teža
OP2	k -	koristna obtežba
OP3	s ₁ -	obtežba snega
OP4	s ₂ -	obtežba snega
OP5	s ₃ -	obtežba snega
OP6	w ₁ -	veter na streho
OP7	w ₂ -	veter na streho

$$\begin{aligned}\text{OP1} \quad g &= \text{l.t.šp} + \text{obtežba.strehe} \cdot e \\ g &= 0,081 + 0,5 \cdot 0,76 = 0,46 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{OP2} \quad g &= \text{koristna obtežba strehe} \cdot e \\ g &= 0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,76 \text{ m} = 0,30 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{OP3} \quad s_1 &= \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k \cdot e \\ s_1 &= 0,59 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,76 \cdot 0,76 = 0,79 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\end{aligned}$$

OP4 $s_2 = 0,5 \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_p \cdot S_k \cdot e$

$$s_2 = 0,5 \cdot 0,59 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,76 \cdot 0,76 = 0,4 \frac{kN}{m^2}$$

OP5 $s_3 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_p \cdot S_k \cdot e$

$$s_3 = 0,59 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,76 \cdot 0,76 = 0,79 \frac{kN}{m^2}$$

OP6 W_3 veter piha pravokotno na daljšo stranico

F $q_p \cdot C_{pe} \cdot e$ $0,375 \cdot (-0,9) \cdot 0,76 = \mathbf{-0,26}$

G $q_p \cdot C_{pe} \cdot e$ $0,375 \cdot (-0,6) \cdot 0,76 = -0,17$

H $q_p \cdot C_{pe} \cdot e$ $0,375 \cdot (-0,2) \cdot 0,76 = -0,06$

I $q_p \cdot C_{pe} \cdot e$ $0,375 \cdot (-0,4) \cdot 0,76 = -0,11$

J $q_p \cdot C_{pe} \cdot e$ $0,375 \cdot (-0,5) \cdot 0,76 = 0,14$

OP7 W_1 veter piha pravokotno na daljšo stranico

F $q_p \cdot C_{pe} \cdot e$ $0,375 \cdot 0,7 \cdot 0,76 = \mathbf{0,2}$

G $q_p \cdot C_{pe} \cdot e$ $0,375 \cdot 0,7 \cdot 0,76 = 0,2$

H $q_p \cdot C_{pe} \cdot e$ $0,375 \cdot 0,4 \cdot 0,76 = 0,11$

I $q_p \cdot C_{pe} \cdot e$ $0,375 \cdot 0 \cdot 0,76 = 0$

OP8 W_2 veter piha pravokotno na krajšo stranico

F $q_p \cdot C_{pe} \cdot e$ $0,375 \cdot (-1,4) \cdot 0,76 = -0,4$

G $q_p \cdot C_{pe} \cdot e$ $0,375 \cdot (-1,8) \cdot 0,76 = \mathbf{-0,51}$

H $q_p \cdot C_{pe} \cdot e$ $0,375 \cdot (-0,7) \cdot 0,76 = -0,2$

I $q_p \cdot C_{pe} \cdot e$ $0,375 \cdot 0 \cdot 0,76 = 0$

5.2.5 Kombinacija za mejno stanje nosilnosti MSN

OK1	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s_1$	1,81
OK2	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s_2$	1,22
OK3	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s_3$	1,81
OK4	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot w_1$	0,231
OK5	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot w_2$	0,92
OK6	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot w_3$	-1,4
OK7	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s_1 + 0,0 \cdot 0,6 \cdot w_1 + 1,5 \cdot 0,0 \cdot k$	1,81
OK8	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s_1 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot w_2 + 1,5 \cdot 0,0 \cdot k$	1,99
OK9	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s_1 + 0,0 \cdot 0,6 \cdot w_3 + 1,5 \cdot 0,0 \cdot k$	1,81
OK10	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s_2 + 0,0 \cdot 0,6 \cdot w_1 + 1,5 \cdot 0,0 \cdot k$	1,22
OK11	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s_2 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot w_2 + 1,5 \cdot 0,0 \cdot k$	1,40
OK12	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s_2 + 0,0 \cdot 0,6 \cdot w_3 + 1,5 \cdot 0,0 \cdot k$	1,22
OK13	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s_3 + 0,0 \cdot 0,6 \cdot w_1 + 1,5 \cdot 0,0 \cdot k$	1,81
OK14	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s_3 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot w_2 + 1,5 \cdot 0,0 \cdot k$	1,99
OK15	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s_3 + 0,0 \cdot 0,6 \cdot w_3 + 1,5 \cdot 0,0 \cdot k$	1,81
OK16	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot w_2 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot s_1 + 1,5 \cdot 0,0 \cdot k$	1,51
OK17	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot w_2 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot s_2 + 1,5 \cdot 0,0 \cdot k$	1,22
OK18	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot w_2 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot s_3 + 1,5 \cdot 0,0 \cdot k$	1,51

6 DIMENZIONIRANJE OSNOVNIH ELEMENTOV

6.1 *Materialne lastnosti ter opisi nosilnih elementov*

Elementi so iz lesa C24:

$f_{m,k} = 2,40 \text{ kN} / \text{cm}^3$... karakteristična upogibna trdnost

$f_{t,0,k} = 1,40 \text{ kN} / \text{cm}^2$... karakteristična natezna trdnost, vzporedno z vlakni

$f_{c,0,k} = 2,10 \text{ kN} / \text{m}^2$... karakteristična tlačna trdnost, vzporedno z vlakni

$f_{v,k} = 0,25 \text{ kN} / \text{cm}^2$... karakteristična strižna trdnost

$E_{0,\text{mean}} = 1100,00 \text{ kN} / \text{cm}^3$... modul elastičnosti, vzporedno z vlakni

$E_{0,05} = 740 \text{ kN} / \text{cm}^2$... 5-odstotna kvantila vrednosti modula elastičnosti

γ_m = delni faktor za lastnosti materiala, ki upošteva tudi negotovost modela in spremenljivost dimenzij

Varnostni faktorji za material:

$\gamma_m = 1,30$... masiven les, iverke, priključki

$\gamma_m = 1,25$... lepljen lameliran les

$\gamma_m = 1,20$... iz furnirjev lepljen les

k_{mod} = modifikacijski faktor, s katerim se upošteva vpliv trajanja obtežbe in vlažnosti lesa

Modifikacijski faktor se spreminja glede na trajanje obtežb in vlažnost lesa. Razvrstitev obtežb glede na njihovo trajanje in pripadajoče vrednosti modifikacijskih faktorjev k_{mod} so prikazane v spodnji tabeli. Modifikacijski faktorji veljajo za 1. in 2. uporabnostni faktor, do 20% vlage lesa. To velja za masiven les, lepljen lameliran les ter iz furnirjev lepljen les.

Material	Standard	Razred uporabnosti	Razred trajanja obtežbe				
			Stalni vpliv (P)	Dolgotrajni vpliv (L)	Srednje trajni vpliv (M)	Kratkotrajni vpliv (S)	Trenutni vpliv
Masivni les	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10

Tabela 3: Vrednosti modifikacijskih faktorjev

Vir: SIST EN 1995-1-1:2005, 2005, 29

Razred trajanja obtežbe:

P ... stalna obtežba

L ... dolgotrajna obtežba (nad 10 let)

M ... srednje dolga obtežba (do 6 mesecev)

S ... kratkotrajna obtežba (do 1 tedna)

V primeru sestavljene obtežne kombinacije, ki pripada različnim razredom trajanja obtežbe, je potrebno uporabiti k_{mod} za vpliv z najmanjšim trajanjem.

Obtežba

$$g = 0,46 \text{ kN/m}$$

$$s = 0,79 \text{ kN/m}^2$$

$$w = 0,51 \text{ kN/m}^2$$

6.2 Dimenzioniranje špirovcev

Notranje statične količine dobljene s statično analizo nam dajo maksimalne vrednosti glede na različne kombinacije obtežnih primerov.

Najvišjo vrednost dobimo pri OK8.

Notranje statične količine

Upogibni moment (Povzeto po Inženirska zbornica Slovenije, 2009, 5-96).

$$M_{d,max} = \frac{q_d \cdot l^2}{8}$$

$$M_{d,max} = \frac{1,99 \cdot 3,91^2}{8}$$

$$M_{d,max} = 3,80 \text{ kNm}$$

Osne sile (Povzeto po Inženirska zbornica Slovenije, 2009, 5-96).

$$V_{d,max} = \frac{1,99 \cdot 3,91}{2}$$

$$V_{d,max} = 3,89 \text{ kN}$$

Dimenzioniramo posamezne konstrukcijske elemente, za katere smo predhodno izračunali notranje statične količine in vitkost elementa.

Pri dimenzioniranju upogibno obremenjenih nosilcev moramo zadostiti osnovnim zahtevam.

Računske normalne napetosti morajo biti manjše od računske upogibne trdnosti. (Povzeto po Inženirska zbornica Slovenije, 2009, 5-22).

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{d,max}}{W_y} \leq f_{m,d}$$

Kjer je:

$\sigma_{m,y,d}$ – projektna upogibna napetost

$M_{d,max}$ – maksimalni upogibni moment v nosilcu

W_y – odpornostni moment okoli y – osi

$f_{m,d}$ – računska upogibna trdnost

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} \text{ (velja za pravokotne prereze)}$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$$

Kjer je:

k_{mod} – modifikacijski faktor, s katerim se upošteva vpliv trajanja obtežbe in vlažnosti lesa ($k_{mod} = 0,9$ za kratkotrajno obtežbo)

γ_m – delni faktor za lastnosti materiala, ki upošteva tudi negotovost modela in spremenljivost dimenzij (1,3 za masiven les)

$f_{m,k}$ – karakteristična upogibna trdnost

$f_{m,y,d}$ = projektna upogibna trdnost

Projektne strižne napetosti morajo biti manjše od projektne strižne trdnosti. (Povzeto po Inženirska zbornica Slovenije, 2009, 5-26).

$$\tau_{d,max} = \frac{1,5 \cdot V_{d,max}}{b \cdot h} \leq f_{v,d} \text{ (za pravokotne prereze)}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m}$$

Kjer je:

$\tau_{d,max}$ – maksimalna projektna strižna napetost v nosilcu

$V_{d,max}$ – maksimalna projektna prečna sila v nosilcu

$f_{v,k}$ – karakteristična strižna trdnost

Za dimenzioniranje elementov, ki so tlačno in upogibno obremenjeni, moramo zadostiti naslednjim osnovnim zahtevam:

Relativni vitkosti λ_{rel} :

$$i = \frac{b}{\sqrt{12}}$$

$$\lambda = \frac{L_u}{i} < \lambda_{max} = 150$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

Kjer je:

i – vztrajnostni moment

λ_{rel} – relativna vitkost

λ – vitkost

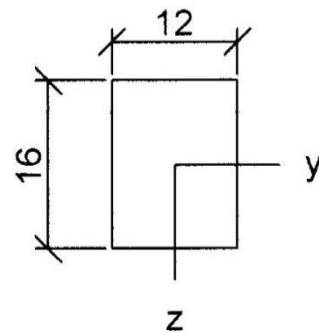
L_u – uklonska dolžina

Odpornostni moment okoli y – osi (Berdajs idr, 2004, 252)

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$W_y = \frac{12 \cdot 16^2}{6}$$

$$W_y = 512 \text{ cm}^2$$



Slika 23: Karakteristika prereza špirovca

Vir: Lasten

Vztrajnostni moment okoli y – osi (Berdajs idr, 2004, 252)

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I_y = \frac{12 \cdot 16^3}{12}$$

$$I_y = 4096 \text{ cm}^4$$

Vztrajnostni polmer

$$i = \sqrt{\frac{h \cdot b^3}{12 \cdot b \cdot h}} = \frac{b}{\sqrt{12}}$$

$$i = 3,46 \text{ cm}$$

Relativna vitkost

$$\lambda = \frac{L_u}{i}$$

$$\lambda = \frac{373}{3,46}$$

$$\lambda = 107,80 < \lambda_{max} = 150$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{107,8}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2,1}{740}}$$

$$\lambda_{rel} = 1,83 > 0,5$$

Uklonski koeficient (k_c)

Določimo ga iz tabele 2.5a – Lesene in jeklene konstrukcije, Tadej Gruden, 2010, 36.

$$\lambda_{rel} = 1,83 \rightarrow k_c = 0,269$$

Upogib

$$M_{d,max} = 3,80 \text{ kNm}$$

$$N_{d,max} = 3,89 \text{ kN}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{d,max}}{W_y} = \frac{3,80 \text{ kNcm} \cdot 100}{512 \text{ cm}^2} = 0,74 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,74 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < f_{m,d} = 1,66 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Kontrola upogiba: (Povzeto po Inženirska zbornica Slovenije, 2009, 5-22).

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,74}{1,66} + 0,7 \cdot \frac{0,02}{1,45} = 0,46 \leq 1$$

Kjer je:

$\sigma_{m,y,d}$, $\sigma_{m,z,d}$ – projektna upogibna napetost glede na glavne osi

k_m – faktor, s katerim se upošteva zmanjšanje napetosti zaradi njihove prerazporeditve in vpliva nehomogenosti materiala v prečnem prerezu (0,7 za pravokotne prereze)

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{m,d} = 0,9 \cdot \frac{2,4}{1,3}$$

$$f_{m,d} = 1,66 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Strig

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

Kjer je:

τ_d – projektna strižna napetost

$f_{v,d}$ – projektna strižna trdnost za dejansko stanje

$$\tau_{d,max} = \frac{1,5 \cdot V_{d,max}}{A} = 1,5 \cdot \frac{3,89 \text{ kN}}{192,00 \text{ cm}^2} = 0,03 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{v,d} = 0,9 \cdot \frac{0,25}{1,3}$$

$$f_{v,d} = 0,17 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{d,max} = 0,02 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < f_{v,d} = 0,17 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

6.3 Dimenzioniranje strešnih leg

Notranje statične količine

Upogibni moment

$$M_{d,max} = \frac{q_d \cdot l^2}{8}$$

$$M_{d,max} = \frac{4,37 \cdot 6^2}{8}$$

$$M_{d,max} = 19,67 \text{ kNm}$$

Osne sile

$$V_{d,max} = \frac{4,37 \cdot 6,5}{2}$$

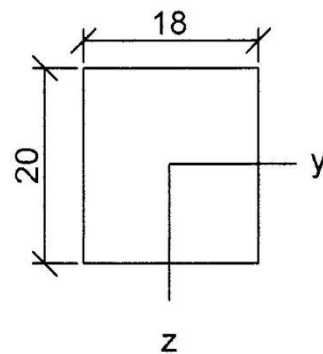
$$V_{d,max} = 14,20 \text{ kN}$$

Odpornostni moment okoli y – osi

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$W_y = \frac{18 \cdot 20^2}{6}$$

$$W_y = 1200 \text{ cm}^2$$



Slika 24: Karakteristika prereza slemenske lege

Vir: Lasten

Vztrajnostni moment okoli y – osi

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I_y = \frac{18 \cdot 20^3}{12}$$

$$I_y = 12000 \text{ cm}^4$$

Upogib

$$M_{d,max} = 19,67 \text{ kNm}$$

$$V_{d,max} = 14,20 \text{ kN}$$

Kontrola upogiba

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{d,max}}{W_y} = \frac{19,67 \text{ kNcm} \cdot 100}{1200 \text{ cm}^2} = 1,64 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{m,d} = 1,64 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < f_{m,d} = 1,66 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Strig

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{d,max} = \frac{1,5 \cdot V_{d,max}}{A} = \frac{1,5 \cdot 14,20}{360 \text{ cm}^2} = 0,06 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{d,max} = 0,06 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < f_{v,d} = 0,17 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

7 ZAKLJUČEK

Les je okolju prijazna rešitev za gradnjo hiš, življenje v leseni hiši je udobno in zdravo. Ljudje preživimo večino časa v zaprtih prostorih, zato je za naše zdravje in počutje izredno pomembno, iz kakšnega materiala je naša hiša. Les je naravni material in kot tak izredno pomemben v leseni gradnji, saj zagotavlja najvišje zdravstvene in življenjske standarde. Naravni ekološki materiali, iz katerih so grajene lesene hiše omogočajo zdravo klimo, vplivajo pa tudi na fizično zdravje in psihično počutje posameznika. Les ne oddaja škodljivih snovi, ne povzroča alergij in skrbi za uravnavanje vlažnosti v prostorih. K slednjemu pripomore dejstvo, da les sprejme odvečno vlago v prostoru in jo sprošča, ko je potrebno. Tako po naravni poti zagotavlja zdravo klimo v bivalnem prostoru.

Vedno več ljudi se odloča za gradnjo iz lesa, za kar gre zahvala večji osveščenosti ljudi o prednosti lesene gradnje. Les je najbolj varčna snov med vsemi gradivi in surovinami. Lesene stavbe prištevamo med objekte z majhno porabo energije, kar dolgoročno pomeni tudi prihranek v energiji. Je naravno obnovljiv in ustreza načelom trajnostnega razvoja. Ena najpomembnejših prednosti je hitra gradnja, saj suh način gradnje omogoča takojšnjo vselitev.

Veliko pa se še vedno izpostavljajo slabosti lesene gradnje. Med ključnimi razlogi zakaj se ljudje ne odločajo za gradnjo je prav izpostavljenost lesa padavinam, sončni svetlobi ter temperaturam, ki lahko povzročijo poškodbe lesa. Poudariti je potrebno tudi izpostavljenost škodljivcev, ki se jim lahko z ustrezno zaščito lesa uspešno izognemo.

Za izvedbo diplomskega dela je bilo prvo potrebno zasnovati leseno konstrukcijo. S pomočjo programa Autocad sem izrisala brunarico z vsemi elementi konstrukcije. Pri tem sem se posluževala Neufertovega priročnika, Projektiranje v stavbarstvu ter upoštevala standarde in predpise, ki veljajo za konstrukcije.

V diplomski nalogi sem se ukvarjala s projektiranjem lesene hiše. Želela sem ugotoviti, ali tako zasnovana lesena brunarica ustreza veljavni zakonodaji oziroma veljavnim evrokod standardom. Določitev objekta je tako zajemala določitev lastne teže elementov, koristne obtežbe, obtežbe vetra in snega. Smernice za določitev obtežb snega zajema slovenski standard SIST EN 1991-1-3:2004. Pri projektiranju sem upoštevala njegovo porazdelitev pri

dvokapnicah pri naklonu 38° ter obtežbo snega, ki je značilna za koroško območje, kjer je lesena konstrukcija predvidena. Pri računski analizi vpliva vetra sem sem upoštevala tlake, ki delujejo na zunanje površine, faktor izpostavljenosti, ki je odvisen od vrste terena. Pravila za analizo vetra najdemo v SIST EN 1991-1-4:2005.

Lesene elemente strešne konstrukcije sem dimenzionirala v skladu s standardom SIST EN 1995-1-1:2005. Lesene lege in špirovce sem dimenzionirala na kritičnih območjih, kjer je razpon največji in kjer deluje največja sila. Pri analizi rezultatov se je izkazalo, da so konstrukcijski elementi ostrešja dimenzionirani tako, da zadostijo zahtevam Evrokoda.

8 SEZNAM UPORABLJENE LITERATURE IN VIROV

8.1 Literatura

1. Berdajs, A., Galonja, S., Gruden, T., Murn, Z., Musi, A., Petek, I., Slokan, I., Smolej, B., Štembal – Capuder, M., Žitnik, D., Žitnik, J.: *Gradbeniški priročnik*, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 2006.
2. Gruden, T.: *Lesene in jeklene konstrukcije: Skripta za višje strokovne šole – program gradbeništvo*, Maribor, 2010.
3. Inženirska zbornica Slovenije: *Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih*, Inženirska zbornica Slovenije, Ljubljana, 2009.
4. Neufert, E.: *Projektiranje v stavbarstvu: osnove, standardi, predpisi za konstrukcije, gradnja, oblikovanje, potrebni prostor, namembnost prostorov, mere zgradb, prostorov in opreme - s človekom kot merilom in ciljem : priročnik za projektante, izvajalce in študente*, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 2008.
5. Premrov, M. in Dobrila, P.: *Lesene konstrukcije*, Tiskarna tehniških fakultet, Maribor, 2008.

8.2 Standardi

1. SIST EN 1990. *Evrokod. Osnove projektiranja konstrukcij*. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2004.
2. SIST EN 1991-1-1:2004, *Evrokod 1. Vplivi na konstrukcije. Del 1-1: Splošni vplivi – prostorninske teže, lastna teža, koristne obtežbe stavb*, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2004.
3. SIST EN 1991-1-1:2004/A101. *Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije. Del 1-1: Splošni vplivi – prostorninske teže, lastna teža, koristne obtežbe stavb - Nacionalni dodatek*, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2004
4. SIST EN 1991-1-3:2004. *Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-3. Del: Splošni vplivi – Obtežba snega*, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2004.

5. SIST EN 1991-1-3:2004/A101. *Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-3. Del: Splošni vplivi – Obtežba snega – Nacionalni dodatek*, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2008.
6. SIST EN 1991-2-3:1998. *Evrokod 1: Osnove projektiranja in vplivi na konstrukcije. Del 2-3: Vplivi na konstrukcije – Obtežbe snega*, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 1998.
7. SIST EN 1991-1-4:2005. *Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-4. Del: Splošni vplivi – Vplivi vetra*, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2005.
8. SIST EN 1991-2-4:1998. *Evrokod 1: Osnove projektiranja in vplivi na konstrukcije. Del 2-4: Vplivi na konstrukcije – Obtežbe vetra*, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 1998.
9. SIST EN 1995-1-1:2005. *Evrokod 5: Projektiranje lesenih konstrukcij. Del 1-1, Splošna pravila za stavbe*, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2005.

8.3 Internetni viri

1. <http://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=RADLJE>, dne 22.4.2012