

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Tomc, B., 2016. Projektiranje lesenega ostrešja primorske hiše v Zaloščah. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Saje, D.): 78 str.

Datum arhiviranja: 13-07-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Tomc, B., 2016. Projektiranje lesenega ostrešja primorske hiše v Zaloščah. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Saje, D.): 78 pp.

Archiving Date: 13-07-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
SMER OPERATIVNO
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

BORIS TOMC

**PROJEKTIRANJE LESENEGA OSTREŠJA
PRIMORSKE HIŠE V ZALOŠČAH**

Diplomska naloga št.: 537/SOG

**THE DESIGN OF WOODEN ROOF-BEARING
STRUCTURE OF LITTORAL HOUSE IN ZALOŠČE**

Graduation thesis No.: 537/SOG

Mentor:

doc. dr. Drago Saje

Ljubljana, 30. 06. 2016

POPRAVKI

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani/-a študent/-ka **Boris Tomc**,

vpisna številka **26103600**, avtor/-ica pisnega zaključnega dela študija z naslovom:

Projektiranje lesenega ostrešja primorske hiše v Zaloščah

IZJAVLJAM

1. Obkrožite eno od variant a) ali b)
 - a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
 - b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: _____

Datum: _____

Podpis študenta/-ke:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK	624.011.1(497.4)(043.2)
Avtor:	Boris Tomc
Mentor:	doc. dr. Drago Saje
Naslov:	Projektiranje lesenega ostrešja primorske hiše v Zaloščah
Tip dokumenta:	diplomsko delo
Obseg in oprema:	78 str., 33 pregl., 71 sl.
Ključne besede:	dimenzioniranje, statična zasnova, ostrešje, špirovec, grebenki nosilec, primorska hiša

Izvleček

Diplomska naloga predstavlja zasnovo in dimenzioniranje lesenega ostrešja primorske hiše. V njej so predstavljeni v nosilni konstrukciji uporabljeni materiali in njihove lastnosti. V skladu s predpisom Evrokod 1 so določeni zunanji vplivi na strešno konstrukcijo, to so lastna teža konstrukcije, koristna obtežba, obremenitev snega in vetra. Statični računi so narejeni z računalniškim programom AMSES frame 2D.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 624.011.1(497.4)(043.2)
Author: Boris Tomc
Supervisor: Assist. Prof. dr. Drago Saje
Title: The design of wooden roof-bearing structure of Littoral house in Zalošče
Document type: Graduation Thesis - University studies
Notes: 78 p., 33 tab., 71 fig.
Key words: the design, static concept, roofing, rafters, reef beam, Littoral house

Abstract

Graduation thesis represents the design and dimensioning of wooden roof structure of Littoral house. Materials used for the load-bearing structure and their properties are described. The external influences on the roof structure such as dead load, live load, snow and wind load, are determined in accordance with the standard Eurocode 1. Static accounts are made by a computer program AMSES frame 2D.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svoji družini, soprogi Katarini in najinim šestim otrokom, ki so mi stali ob strani v času študija. Zahvaljujem se jim za ves čas, ki so mi ga podarili, da sem se lahko v miru pripravljaj na izpite ter obiskoval predavanja in vaje.

KAZALO VSEBINE

Popravki	II
Izjave	II
Bibliografsko-dokumentacijska stran in izvleček	III
Bibliographic-documentalistic information and abstract	IV
Zahvala	V
1 UVOD	1
1.1 Predstavitev diplomske naloge	1
1.2 Arhitekturne podloge	1
2 TEHNIČNO POROČILO	7
2.1 Zasnova	7
2.2 Material	7
2.3 Temelji	7
2.4 Medetažna konstrukcija	8
2.5 Zidovi	8
2.6 Streha	9
3 LASTNOSTI UPORABLJENIH MATERIALOV	10
3.1 Les	10
3.2 Beton	11
3.3 Jeklo	11
3.4 Opeka	12
3.5 Varnostni faktorji za material	13
4 OBTEŽBA	14
4.1 Lastna teža	14
4.2 Koristna obtežba	14
4.3 Obtežba snega	15
4.4 Vpliv vetra	18
4.5 Varnostni in kombinacijski faktorji za obtežbe	36
5 DIMENZIONIRANJE LESENIH DELOV OSTREŠJA	38
5.1 Dimenzioniranje lesene konstrukcije pri dvokapnici	38
5.1.1 Zasnova	38

5.1.2	Lastnosti materiala	38
5.1.3	Obtežni primeri	39
5.1.4	Obtežne kombinacije	43
5.1.5	Statični izračun s pomočjo računalniškega programa: AMSES frame 2D	44
5.1.6	Dimenzioniranje špirovca	46
5.1.7	Dimenzioniranje škarnika	54
5.1.8	Dimenzioniranje leg	55
5.2	Dimenzioniranje lesene konstrukcije pri večkapnici	65
5.2.1	Zasnova	65
5.2.2	Geometrijski podatki o špirovcu š8	66
5.2.3	Obtežbe	66
5.2.4	Dimenzioniranje najdaljšega špirovca	69
5.2.5	Priključki lesenih elementov	76
6	ZAKLJUČEK	78

VIRI

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 2.1: Armatura vodoravnih in navpičnih zidnih vezi v odvisnosti od števila nadstropij in seizmičnega območja (jeklo $f_y = 240$ MPa, po [11])	9
Preglednica 3.1: Karakteristične in projektne vrednosti trdnosti lesa	10
Preglednica 3.2: Materialni varnostni faktorji za beton, jeklo in les	13
Preglednica 4.1: Kategorije površin v stavbah - splošno.....	15
Preglednica 4.2: Koristne obtežbe na tleh, stanovanjska gradnja.....	15
Preglednica 4.3: Koeficient izpostavljenosti C_e	17
Preglednica 4.4: Oblikovni koeficient obtežbe snega – dvokapnica	17
Preglednica 4.5: Kategorije terena in terenski parametri	20
Preglednica 4.6: Koeficienti zunanjšega tlaka za dvokapnice in nagib strehe 15° in 30°	28
Preglednica 4.7: Koeficienti zunanjšega tlaka za dvokapnice, preračunano za nagib strehe 21°	28
Preglednica 4.8: Koeficienti preračunani za nagib in dejanske velikosti področij na naši strehi.	28
Preglednica 4.9: Koeficienti zunanjšega tlaka za dvokapnice in nagib strehe 15° in 30°	29
Preglednica 4.10: Koeficienti zunanjšega tlaka za dvokapnice, preračunano za nagib strehe 21°	29
Preglednica 4.11: Koeficienti zunanjšega tlaka za dvokapnice, preračunano za nagib strehe 21° in dejanske velikosti področij na naši strehi.	30
Preglednica 4.12: Koeficienti zunanjšega tlaka za štirikapnice in nagib strehe 15° in 30°	30
Preglednica 4.13: Koef. zunanjšega tlaka za štirikapnice, interpolirano za dejanske nagibe strehe.....	30
Preglednica 4.14: Koeficienti zunanjšega tlaka za štirikapnice preračunano za dejanske nagibe strehe in površine posameznih področij. Smer vetra vzhod - zahod.	31
Preglednica 4.15: Koef. za štirikapnice preračunano za dejanske nagibe strehe in površine.....	31
Preglednica 4.16: Koef. za štirikapnice preračunano za dejanske nagibe strehe in površine	31
Preglednica 4.17: Priporočena vrednost koef. zunanjšega tlaka za navpične stene stavb.....	32
Preglednica 4.18: Vrednosti zunanjšega tlaka na posameznih področjih dvokap. za smer vetra $\theta=0^\circ$..	34
Preglednica 4.19: Vrednosti zunanjšega tlaka na posameznih področjih dvokap. za smer vetra $\theta=90^\circ$..	34
Preglednica 4.20: Vrednosti zunanjšega tlaka na posameznih področjih štirikap. za smer vetra $\theta=0^\circ$..	34
Preglednica 4.21: Vrednosti zunanjšega tlaka na posameznih področjih štirikap. za smer vetra $\theta=90^\circ$	35
Preglednica 4.22: Vrednosti zunanjšega tlaka na posameznih področjih nadstreška nad vhodom.	35
Preglednica 4.23: Delni varnostni faktorji za obtežbo.....	36
Preglednica 4.24: Kombinacijski faktorji za obtežbo na strehi	37
Preglednica 5.1: Karakteristične in projektne trdnosti za izbrano vrsto lesa, glede na smer vlaken.	39
Preglednica 5.2: Kombinacije obtežb na dvokapnici za MSU.	44
Preglednica 5.3: Velikosti sil, ki se prenašajo na lego preko posameznih špirovcev.	57
Preglednica 5.4: Kombinacije obtežb na dvokapnici za MSU.	57
Preglednica 5.5: Kombinacije obtežb na dvokapnici za MSU.	58
Preglednica 5.6: Reakcije na podporo	70

KAZALO SLIK

Slika 1.1: Obstoječe stanje	1
Slika 1.2: Tloris pritličja.....	2
Slika 1.3: Tloris nadstropja	2
Slika 1.4: Tloris mansarde.....	3
Slika 1.5: Prečni prerez	3
Slika 1.6: Vzдолžni prerez.....	4
Slika 1.7: Južna fasada	4
Slika 1.8: Vzhodna fasada.....	5
Slika 1.9: Zahodna fasada	5
Slika 1.10: 3D model.....	6
Slika 3.1: Modularni blok 290 cm×250 cm×190 cm	12
Slika 3.2: Opečni strešnik - korec	12
Slika 3.3: Detajl obešanja korcev na letve	13
Slika 4.1: Cone snega v Republiki Sloveniji.....	16
Slika 4.2: Oblikovni koeficienti obtežbe snega pri dvokapnici.....	17
Slika 4.3: Temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra $v_{b,0}$	19
Slika 4.4: Ilustracija izbrane kategorije terena	21
Slika 4.5: Diagram faktorja izpostavljenosti $c_e(z)$ za $c_0=1,0$ in $k_f=1,0$	24
Slika 4.6: Primer smeri delovanja tlakov vetra na zunanje površine	25
Slika 4.7: Razdelitev dvokapnice na področja za smer vetra $\theta = 0^\circ$	26
Slika 4.8: Razdelitev dvokapnice na področja za smer vetra $\theta = 90^\circ$	26
Slika 4.9: Razdelitev štirikapnice na področja za smer vetra.....	27
Slika 4.10: Razdelitev strehe na področja za smer vetra $\theta = 0^\circ$ z izračunanimi površinami.....	27
Slika 4.11: Razdelitev strehe na področja za smer vetra $\theta = 90^\circ$ z izračunanimi površinami.....	29
Slika 4.12: Razdelitev sten na področja	32
Slika 4.13: Referenčne višine z_c v odvisnosti od h, b in profila tlakov vetra.....	33
Slika 4.14: Tlaki na ploskve.....	35
Slika 4.15: Slikovni prikaz maksimalnih negativnih in pozitivnih tlakov vetra na ploskve, glede na smer vetra. Posamezna področja so ločena s sivo črto. Prikazane so tudi osi leg in špirovcev.	36
Slika 5.1: Statični sistem špirovca pri dvokapnici	38
Slika 5.2: Obtežni primer - lastna teža	39
Slika 5.3: Obtežni primer - koristna obtežba.....	40
Slika 5.4: Obtežni primer - sneg 1.....	40
Slika 5.5: Obtežni primer - sneg 2.....	41
Slika 5.6: Obtežni primer - sneg 3.....	41
Slika 5.7: Obtežni primer - veter 1. Maksimalni tlaki.....	42
Slika 5.8: Obtežni primer - veter 2. Največji srki na obeh strešinah.....	42
Slika 5.9: Obtežni primer - veter 3. Največji srki na obeh strešinah.....	42
Slika 5.10: Maksimalni upogibni momenti v [kNm]	45
Slika 5.11: Maksimalne osne sile v [kN]	45
Slika 5.12: Maksimalne prečne sile v [kN]	45
Slika 5.13: Dimenzije zaseka špirovca.....	47
Slika 5.14: Diagram upogibnih momentov (OK8).....	48
Slika 5.15: Diagram osnih sil v (OK8).....	48
Slika 5.16: Diagram prečnih sil v (OK8)	49
Slika 5.17: Diagram začetnih pomikov zaradi lastne teže.....	51

Slika 5.18: Diagram začetnih pomikov zaradi koristne obtežbe	52
Slika 5.19: Diagram začetnih pomikov zaradi teže snega	52
Slika 5.20: Diagram začetnih pomikov zaradi obremenitve vetra.....	53
Slika 5.21: Škarnik v prerezu	54
Slika 5.22: Shematski prikaz, kako vpliva srk vetra preko posameznih špirovcev na lego	56
Slika 5.23: Maksimalni upogibni momenti na legi v [kNm]	58
Slika 5.24: Maksimalne prečne sile na legi v [kNm].....	59
Slika 5.25: Maksimalni osne sile na legi v [kNm].....	59
Slika 5.26: Diagram začetnih pomikov zaradi lastne teže	61
Slika 5.27: Diagram začetnih pomikov zaradi koristne obtežbe	62
Slika 5.28: Diagram začetnih pomikov zaradi teže snega	62
Slika 5.29: Diagram začetnih pomikov zaradi obremenitve vetra.....	63
Slika 5.30: JV fasada, kjer je dobro vidna obravnavana streha (risano s programom REVIT).....	65
Slika 5.31: Shematski prikaz strehe, elementov strehe, vetrovna obremenitev in vplivno območje špirovca (š8)	66
Slika 5.32: Obtežni primer - lastna teža	66
Slika 5.33: Obtežni primer - koristna obtežba.....	67
Slika 5.34: Obtežni primer - sneg	67
Slika 5.35: Obtežni primer - tlak vetra	68
Slika 5.36: Obtežni primer - srk vetra	68
Slika 5.37: Diagrama momentov in prečnih sil	69
Slika 5.38: Diagram začetnih pomikov zaradi lastne teže	72
Slika 5.39: Diagram začetnih pomikov zaradi koristne obtežbe	73
Slika 5.40: Diagram začetnih pomikov zaradi teže snega	73
Slika 5.41: Diagram začetnih pomikov zaradi obremenitve vetra.....	74
Slika 5.42: Prikaz lesne zveze z kovinskim BMF elementom.....	76
Slika 5.43: Prikaz sidranja grebenskih nosilcev na nosilni zid preko sidrne plošče in navojnih palic ..	77

1 UVOD

1.1 Predstavitev diplomske naloge

V diplomski nalogi dimenzioniram leseno ostrešje enostanovanjske primorske hiše, ki jo bomo gradili v bližnji prihodnosti. Obstoječo, približno 100 let staro hišo mi je podaril tast z željo, da jo obnovim ali pa na istem mestu zgradim novo. Objekt je rojstna hiša mojega tasta. Po ogledu in posvetovanju z izkušenim statikom sem se odločil, da del hiše rekonstruiram, ostalo pa porušim in zgradim novo. Novogradnjo in delno rekonstrukcijo sem vzel kot izziv, da znanje, ki sem ga pridobil med študijem gradbeništva, uporabim v praksi. Ker je objekt manj zahteven, sem se pripravljen preizkusiti kot samograditelj. Del dokumentacije projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja PGD bom poizkusil izdelati sam. S pomočjo programa AUTODESK REVIT za 3D modeliranje sem izrisal arhitekturo, ki je podlaga za diplomsko nalogo.

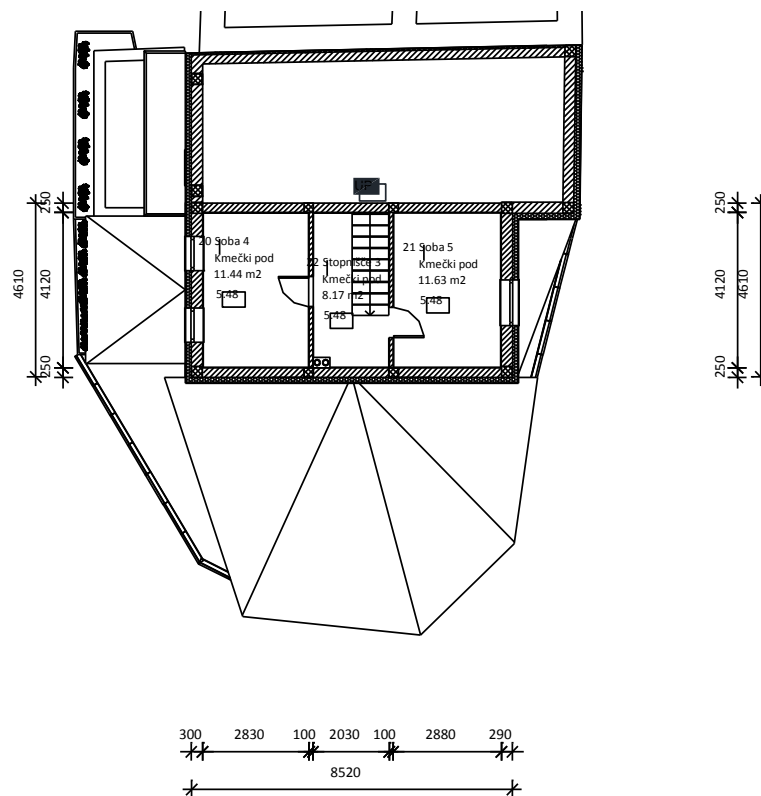
Naloga zajema zasnovo, tehnično poročilo in izris arhitekture. Z mentorjem sva se dogovorila, da se v diplomski nalogi natančno osredotočim zgolj na eno področje. Odločil sem se natančno dimenzionirati leseno ostrešje, z upoštevanjem veljavnih standardov SIST EN.



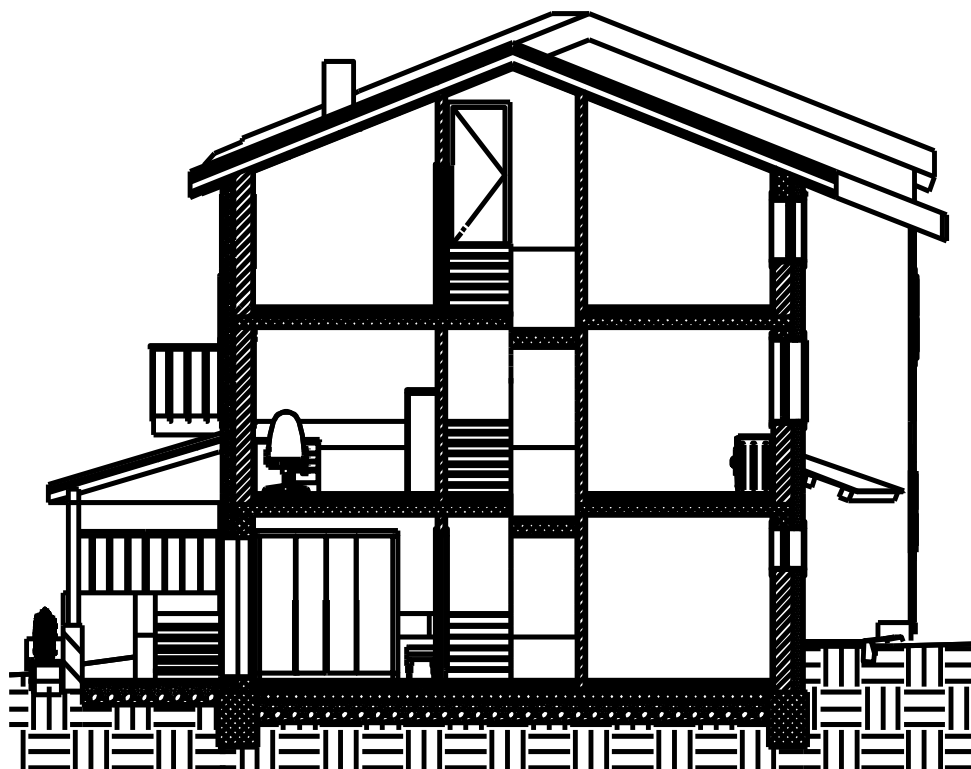
Slika 1.1: Obstoječe stanje obravnavanega objekta

1.2 Arhitekturne podloge

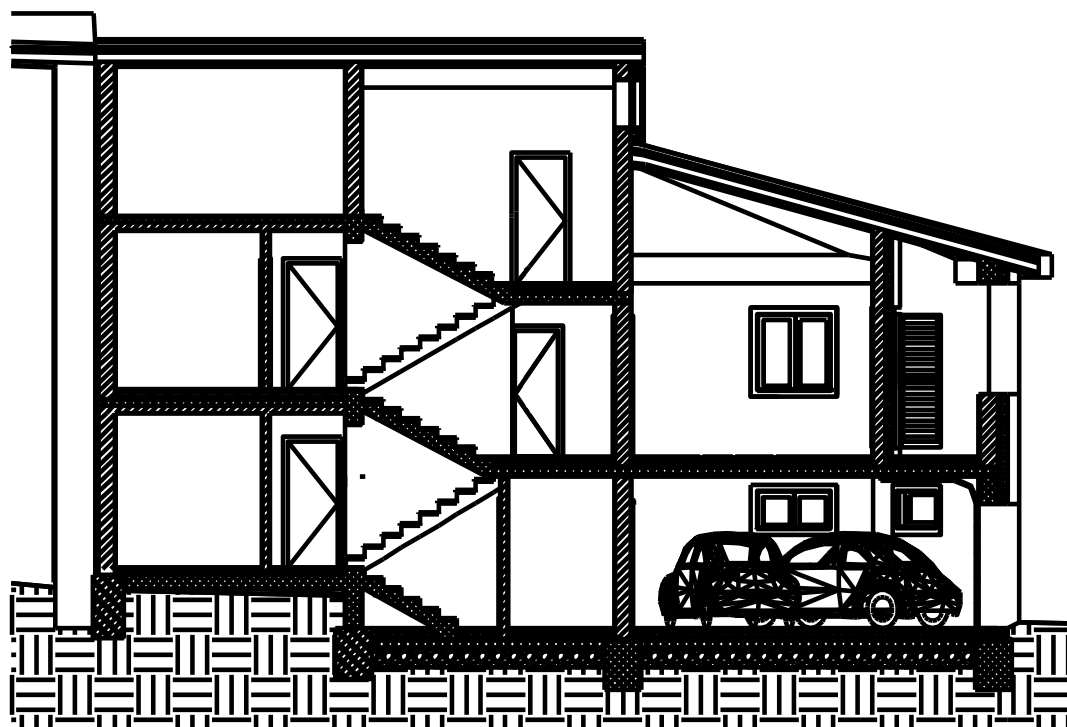
Obstoječo hišo bom delno rušil, na njenem mestu pa je predvidevam gradnjo nove enodružinske hiše približno enakih gabaritov. Hiša, oblike likalnika, je krajna v strnjem nizu hiš, v vaškem jedru vasi Zalošče v Vipavski dolini. Na severu se hiša dotika sosednje hiše, z ostalih strani jo obdaja ulica, ki se tesno ob njej razcepi v dve smeri. Po večini je meja parcele hkrati tudi rob zidu in meja ulice. Iz navedenih vzrokov je hiša nepravilnih oblik in takšna je tudi načrtovana streha. Približno dve tretjini strehe je dvokapnica, od katere se tretjina ene kapi nekoliko podaljša. Zadnja tretjina hiše je oblike večkotnika. V pritličju tega dela je garaža za dva avtomobila, zgoraj pa dnevni prostor s kuhinjo, jedilnim kotom ter zunanjo ložo. Strop v tem delu je višji in v naklonu mansarde. Vidni so glavni tramovi in špirovci. Ob višjem delu tega prostora je na višini 220 cm od nivoja etaže izdelana galerija oziroma notranji balkon. Streha na tem delu je nepravilna večkapnica. Glavni tramovi se stekajo iz približno istega izhodišča preko vogalov večkotnika. Nanje so preko kovinskih BMF elementov za lesne zveze priključeni škarniki v smeri pravokotno na kapno lego. Največja osna razdalja med špirovci je 100 cm. Streha je prezračevana, pokrita s strešno kritino korci, ki je značilna za to področje. Strešina je v nagibu 15° do 21°. Vhod v hišo je pokrit z nadstreškom v obliki trokapnice.



Slika 1.4: Tloris mansarde



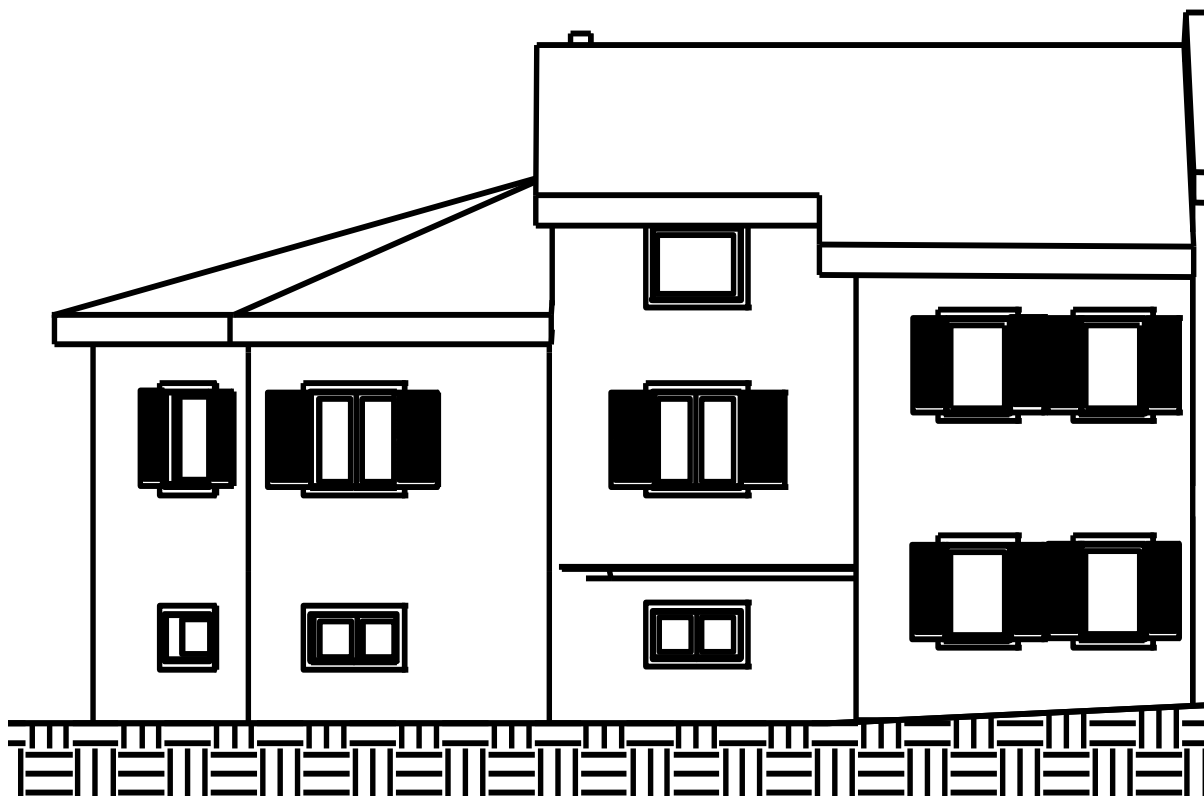
Slika 1.5: Prečni prerez



Slika 1.6: Vzdolžni prerez



Slika 1.7: Južna fasada



Slika 1.8: Vzhodna fasada



Slika 1.9: Zahodna fasada



Slika 1.10: 3D model

2 TEHNIČNO POROČILO

2.1 Zasnova

Hiša je usmerjena od severovzhoda, kjer se drži sosednje hiše v strjenem nizu vrstnih hiš, proti jugozahodu, kjer se razcepi ulica. Najlažje jo opišem po tretjinah, ki so ločene z nosilnimi zidovi. Predvideni sistem gradnje je klasičen, z opečnimi zidovi in armiranobetonskimi ploščami. Zunanji gabariti hiše so 10,2 m širine in 14,9 m dolžine ter 9,4 m višine.

Severovzhodni del hiše je bil pred časom statično utrjen, zato ta del hiše ni namenjen rušenju. Nivo tal je na tem delu nekoliko višji kot v ostalem objektu. Tu bomo v spodnji etaži uredili dnevni prostor s kuhinjo, kopalnico in spalni prostor. Ker bomo omenjene prostore potrebovali tudi v času gradnje, jih bom uredil pred rušenjem ostalih dveh tretjin. V zgornjem nadstropju bosta dve sobi. Mansarda ne bo namenjena bivanju, saj bo strop prenizek.

Ostali dve tretjini nameravam porušiti do tal in zgraditi nov del objekta, vključno s temelji. V srednjem delu hiše je spodaj predviden glavni vhod, predsoba, kurilnica, stopnišče in shramba, v prvem nadstropju ena soba, pralnica in kopalnica. Nad omenjenimi prostori sta v mansardi predvideni dve sobi.

Jugozahodni del hiše, v obliki večkotnika, je zaradi svoje odprte lege na ulico in dvojnimi dvižnimi vrati, idealna garaža za dva avtomobila, kar je pomembno, ker parcela zunaj objekta nima parkirnega prostora. V nadstropju je predviden bivalni prostor, s povišanim mansardnim stropom in zunanjo ložo.

2.2 Material

Predvideni nosilni zidovi so grajeni z modularno opeko.

Predvidene vezi in stropne plošče so iz armiranega betona C30/37.

V armiranem betonu je uporabljena mrežna armatura in/ali rebrasta armatura, trdnostnega razreda S500-B, in stremena, trdnostnega razreda S240.

Predvideno leseno ostrešje je izdelano iz smrekovega lesa II. kvalitete, trdnostnega razreda C24.

Predvidena streha je pokrita z opečno kritino korci.

2.3 Temelji

Pod nosilnimi zidovi se izvede betonske pasovne temelje, širine 60cm in globine 80cm. Predvideni temelji bodo na mestu, kjer stoji stara hiša, zato je zemljina pod njimi konsolidirana. Teža novega objekta ne presega teže obstoječega. Iz navedenih podatkov ocenjujem, da dodatne raziskave tal niso potrebne.

2.4 Medetažna konstrukcija

V novo pozidanem delu hiše so predvidene monolitne betonske plošče, debeline 15 cm, armirane s Q mrežo. Na delu, ki ni namenjen rušenju, je že izveden polmontažni armirano betonski strop z opečnimi polnili.

2.5 Zidovi

Obodni nosilni zidovi so iz modularne opeke. Predelne stene bomo zidali iz votle opeke. Nosilni zidovi bodo obdani z vertikalnimi in horizontalnimi armiranobetonskimi vezmi.

Za povezano zidovje velja, da morajo zadostiti nekaterim zahtevam, ki so navedeni v SIST 1996 in SIST 1998 (člen 9.5.3), po katerih lahko sklepamo, da smo na varni strani in posebna potresna analiza ni potrebna. V nadaljevanju sem te zahteve povzel v nekaj točkah.

- Vodoravni in navpični povezovalni elementi konstrukcije morajo biti med seboj povezani in sidrani v elemente glavnega sistema konstrukcije.
- Da bi se dosegla učinkovita povezava med povezovalnimi elementi in zidovjem, je treba elemente zabetonirati po končanem zidanju.
- Dimenzije prereza tako vodoravnih kot navpičnih povezovalnih elementov ne smejo biti manjše od 150 mm. Pri dvoslojnih zidovih mora debelina povezovalnih elementov zagotoviti spoj obeh slojev ter nujno učinkovito povezanost.
- Navpični povezovalni elementi morajo biti izvedeni ob prostih robovih vsakega konstrukcijskega zidnega elementa, na obeh straneh katerikoli odprtine s površino večjo od $1,5 \text{ m}^2$. Če je potrebno, v samem zidu, da se ne preseže medsebojna razdalja 5 m med povezovalnimi elementi, pa tudi na stičiščih konstrukcijskih zidov, kjer je medsebojna razdalja med povezovalnimi elementi postavljenimi po zgornjih pravilih večja od 1,5 m.
- Vodoravni povezovalni elementi morajo biti izvedeni v ravnini zidu v višini vsakega stropa, v nobenem primeru pa razmik med njimi v navpični smeri ne sme biti večji od 4 m.
- Površina prereza vzdolžne armature povezovalnih elementov naj ne bo manjša od 300 mm^2 oziroma ne manj kot 1% površine povezovalnega elementa.
- Okrog vzdolžne armature morajo biti predvidena stremena s premerom ne manj kot 5 mm, ki morajo biti vložena na medsebojni razdalji ne več kot 150 mm.
- Uporablja se armaturno jeklo razreda B ali C.
- Dolžina preklopa armature na stičnih mestih naj ne bo manjša od 60 premerov palice. Povezovalni elementi nimajo vloge nosilnih elementov za prevzem navpične in vodoravne obtežbe, zato SIST EN 1996 določa, da se pri preverjanju elementov konstrukcije na vodoravno obtežbo, ki deluje v ravnini zidu, upošteva samo doprinos zidovja in betona, ne pa tudi doprinos armature vezi. Ta se lahko upošteva le pri preverjanju elementa na vodoravno obtežbo, ki deluje pravokotno na ravnino

zidu. SIST EN 1998 ne daje priporočil o tem, kako se izbere količina armature povezovalnih elementov, pač pa le predpiše minimalno armaturo.

Preglednica 2.1: Armatura vodoravnih in navpičnih zidnih vezi v odvisnosti od števila nadstropij in seizmičnega območja (jeklo $f_y = 240$ MPa, po [11]) (Beg, Pogačnik, 2009, str. 6-31)

Vrsta vezi	Število nadstropij	Projektni pospešek tal		
		$a_g \leq 0,1 g$	$0,1 g < a_g \leq 0,2 g$	$0,2 g < a_g \leq 0,4 g$
Navpične	2	4 Φ 14 mm	4 Φ 14 mm	4 Φ 14 mm
	4 (1-2)	4 Φ 16 mm	4 Φ 16 mm	4 Φ 16 mm
	4 (2-4)	4 Φ 14 mm	4 Φ 14 mm	4 Φ 14 mm
Vodoravne	1	4 Φ 10 mm	4 Φ 10 mm	4 Φ 12 mm
	2	4 Φ 10 mm	4 Φ 10 mm	4 Φ 14 mm
	3	4 Φ 10 mm	4 Φ 12 mm	4 Φ 16 mm
	4	4 Φ 12 mm	4 Φ 14 mm	-

Želim se izogniti dodatni potresni analizi, zato upoštevam potrebne zahteve. Vertikalne in horizontalne vezi bom povezal z monolitno zabetonirano AB ploščo. Vezi bodo dimenzije 25 cm \times 25 cm, zalite po končanem zidanju. Pozicionirane bodo na vseh prostih robovih, vogalih, stikališčih dveh zidov in na obeh straneh odprtih večjih od 1,5 m. Vodoravni povezovalni elementi bodo izvedeni v ravnini zidu na višini vsakega stropa. Prerez vzdolžne armature ne bo manjši od zahtevanega. Okrog vzdolžne armature bodo stremena f_i 6 mm na razdalji 150 mm. Preklopi armature bodo večji od 60 premerov palice.

2.6 Streha

Streha varuje objekt pred atmosferskimi vplivi (dež, sneg, veter, mraz, vročina...).

Streho obravnavanega objekta sestavljajo lesena nosilna konstrukcija, termo in hidro izolacija ter kritina. Objekt je pokrit z opečno kritino. Del strehe je dvokapnica z naklonom 21°, ostalo pa nepravilna večkapnica. Streha ima 0,5 m širok napušč. Nosilna konstrukcija dvokapne strehe je povezje s podprtimi legami na prečnih zidovih. Na nivoju vmesnih leg si nasproti ležita špirovca, povezana s škarjami, ki ujamejo horizontalno reakcijo na mestu vmesnih leg. Špirovci so podprti s kapno in vmesno lego. Statični sistem vmesnih leg, ki ležijo na prečnih zidovih, je prosto ležeč nosilec. Obremenjen je s točkovnimi silami, ki predstavljajo reakcije na podpori pri računu špirovcev. Razdalja med špirovci je 97 cm. Kapne lege ležijo na zunanjih nosilnih zidovih in so zaradi horizontalnih obremenitev, ki se prenašajo iz špirovcev, sidrane preko navojne palice M16, v horizontalno AB vez na vrhu zidov.

Nepravilna štirikapnica je izvedena s štirimi vodoravnimi legami, ki nalegajo na obodnih zidovih. Iz petih vogalov se stekajo v stečišče grebenski nosilci. Iz teh se pravokotno na zunanje zidove stekajo špirovci. Statični sistem špirovcev je prosto ležeč nosilec s previsom. Tudi grebenski nosilec je obravnavan kot prosto ležeč nosilec. Obremenjen je s točkovnimi silami na mestih vpetja špirovcev. Velikost točkovne sile je enaka reakciji špirovca v točki vpetja v gredni nosilec.

3 LASTNOSTI UPORABLJENIH MATERIALOV

3.1 Les

Les je organska snov, zato je ob izmenični izpostavljenosti vplivom vlage in zraka, dokaj neobstojen. Na kvaliteto vgrajenega lesa močno vpliva sušenje. Vlažnost mora biti glede na posamezne primere uporabe lesa nižja od dopustne vlažnosti, ki je določena s standardi. S tem je onemogočen razvoj škodljivcev. Les uvrščamo med osnovne gradbene materiale. Njegovo pridobivanje in obdelava sta enostavna. Les je naraven material, sestavljen iz olesenih vzdolžnih vlaken, por in vode. Je material, ki je nehomogen v organskem, anatomskem in fizičnem smislu. Njegova tipična lastnost je anizotropnost, kar pomeni, da so njegove fizikalne lastnosti v različnih smereh različne.

Preglednica 3.1: Karakteristične in projektne vrednosti trdnosti lesa (vir www.fgg.uni-lj.si/kmlk/Drago/LK/2014_2015/Trdnostni_razredi_2008.pdf)

TRDNOSTNI RAZREDI - karakteristične in projektne vrednosti													EN 338:2003, EN 1995-1-1:2005							
		Iglavci in topolovina											Listavci							
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70	
Trdnost [N/cm ²]																				
Upogib	$f_{m,k}$	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2700	3000	3500	4000	4500	5000	3000	3500	4000	5000	6000	7000	
	$f_{m,d}$	P	646	738	831	923	1015	1108	1246	1385	1615	1846	2077	2308	1385	1615	1846	2308	2769	3231
		L	754	862	969	1077	1185	1292	1454	1615	1885	2154	2423	2692	1615	1885	2154	2692	3231	3769
		M	862	985	1108	1231	1354	1477	1662	1846	2154	2462	2769	3077	1846	2154	2462	3077	3692	4308
		S	969	1108	1246	1385	1523	1662	1869	2077	2423	2769	3115	3462	2077	2423	2769	3462	4154	4846
Nateg, paralelno	$f_{t,0,k}$	800	1000	1100	1200	1300	1400	1600	1800	2100	2400	2700	3000	1800	2100	2400	3000	3600	4200	
	$f_{t,0,d}$	P	369	462	508	554	600	646	738	831	969	1108	1246	1385	831	969	1108	1385	1662	1938
		L	431	538	592	646	700	754	862	969	1131	1292	1454	1615	969	1131	1292	1615	1938	2262
		M	492	615	677	738	800	862	985	1108	1292	1477	1662	1846	1108	1292	1477	1846	2215	2585
		S	554	692	762	831	900	969	1108	1246	1454	1662	1869	2077	1246	1454	1662	2077	2492	2908
Nateg, pravokotno	$f_{c,90,k}$	40	50	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
	$f_{t,90,d}$	P	18	23	23	23	23	23	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
		L	22	27	27	27	27	27	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
		M	25	31	31	31	31	31	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
		S	28	35	35	35	35	35	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Tlak, paralelno	$f_{c,0,k}$	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2500	2600	2700	2900	2300	2500	2600	2900	3200	3400	
	$f_{c,0,d}$	P	738	785	831	877	923	969	1015	1062	1154	1200	1246	1338	1062	1154	1200	1338	1477	1569
		L	862	915	969	1023	1077	1131	1185	1238	1346	1400	1454	1562	1238	1346	1400	1562	1723	1831
		M	985	1046	1108	1169	1231	1292	1354	1415	1538	1600	1662	1785	1415	1538	1600	1785	1969	2092
		S	1108	1177	1246	1315	1385	1454	1523	1592	1731	1800	1869	2008	1592	1731	1800	2008	2215	2354
Tlak, pravokotno	$f_{c,90,k}$	200	220	220	230	240	250	260	270	280	290	310	320	800	840	880	970	1050	1350	
	$f_{c,90,d}$	P	92	102	102	106	111	115	120	125	129	134	143	148	369	388	406	448	485	623
		L	108	118	118	124	129	135	140	145	151	156	167	172	431	452	474	522	565	727
		M	123	135	135	142	148	154	160	166	172	178	191	197	492	517	542	597	646	831
		S	138	152	152	159	166	173	180	187	194	201	215	222	554	582	609	672	727	935
Strig	$f_{v,k}$	170	180	200	220	240	250	280	300	340	380	380	380	300	340	380	460	530	600	
	$f_{v,d}$	P	78	83	92	102	111	115	129	138	157	175	175	175	138	157	175	212	245	277
		L	92	97	108	118	129	135	151	162	183	205	205	205	162	183	205	248	285	323
		M	105	111	123	135	148	154	172	185	209	234	234	234	185	209	234	283	326	369
		S	118	125	138	152	166	173	194	208	235	263	263	263	208	235	263	318	367	415
Deformabilnost - modul [N/cm ²]																				
Modul el., paralelno	$E_{0,mean}$	700	800	900	950	1000	1100	1150	1200	1300	1400	1500	1600	1000	1000	1100	1400	1700	2000	
Modul el., paralelno	$E_{0,05}$	470	540	600	640	670	740	770	800	870	940	1000	1070	800	870	940	1180	1430	1680	
Modul el., pravokotno	$E_{90,mean}$	23	27	30	32	33	37	38	40	43	47	50	53	64	69	75	93	113	133	
Strižni modul	G_{mean}	44	50	56	59	63	69	72	75	81	88	94	100	60	65	70	88	106	125	
Gostota [kg/cm ³]																				
Gostota, karakteristična	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900	
Gostota, povprečna	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080	

Največja trdnost lesa glede normalnih napetosti je v smeri vlaken, pada z odklonom glede na smer vlaken in doseže najslabše lastnosti s smeri pravokotno na vlakna. Zaradi teh posebnih lastnosti se les bistveno razlikuje od nekaterih drugih gradbenih materialov.

V računih uporabim les iglavcev, trdnostnega razreda C24, s karakterističnimi lastnostmi:

- upogibna trdnost	$f_{m,k}$	=	2,40 kN/cm ² ,
- natezna trdnost vzporedno z vlakni	$f_{t,0,k}$	=	1,40 kN/cm ² ,
- natezna trdnost pravokotno na vlakna	$f_{t,90,k}$	=	0,05 kN/cm ² ,
- tlačna trdnost vzporedno z vlakni	$f_{c,0,k}$	=	2,10 kN/cm ² ,
- tlačna trdnost pravokotno na vlakna	$f_{c,90,k}$	=	0,25 kN/cm ² ,
- strižna trdnost	$f_{v,k}$	=	0,25 kN/cm ² ,
- srednja vrednost modula elastičnosti	$E_{0,mean}$	=	1100 kN/cm ² .

3.2 Beton

Beton je eden najpomembnejših materialov v gradbeništvo. Sestavljen je iz agregata ustrezne zrnivosti in vode ter cementa, ki deluje kot vezivo. Ko se beton posuši doseže veliko trdnost in trdoto. Je krhek, izrazito nehomogen in anizotropen material. Ima zelo dobro tlačno trdnost in zelo slabo natezno trdnost. Z dodatkom jeklene armature dobimo armirani beton, ki se v gradbeništvo veliko uporablja, saj armatura prevzame natezne napetosti.

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

- tlačna trdnost	$f_{c,k}$	=	2,50 kN/cm ² ,
- natezna trdnost	$f_{c,t,m}$	=	0,26 kN/cm ² ,
- modul elastičnosti	$E_{c,m}$	=	3100 kN/cm ² .

3.3 Jeklo

Jeklo obravnavamo kot homogen, izotropen, žilav in elastoplastičen material. V naši konstrukciji ga bomo uporabili predvsem za armiranje, saj ima za razliko od betona, poleg tlačne trdnosti tudi zelo veliko natezno trdnost. Zaradi skoraj enakega koeficienta toplotne razteznosti, sta jeklo in beton kompatibilna materiala. Jeklo ima v betonu pretežno vlogo prevzema nateznih napetosti.

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

- trdnost na meji tečenja	$f_{y,k}$	=	50 kN/cm ² ,
- modul elastičnosti	E_s	=	20000 kN/cm ² ,
- srednja vrednost gostote	ρ	=	7850 kg/m ³ .

3.4 Opeka

Opeka je enota zgnetene glinene in drugih primesi. Da povečajo glini trdnost in trajnost, jo žgejo v pečeh. Glede na namen uporabe so opeke najrazličnejših dimenzij in oblik. Običajne polne opečne zidake so danes v veliki meri, zaradi manjše teže in boljše toplotne izolacije, nadomestile votle opeke. Lahke opeke so narejene iz ekspandiranega glinenega agregata. V našem primeru bomo uporabili modularne bloke dimenzij 290 cm × 250 cm × 190 cm. Modularni bloki so že dolgo nepogrešljivi člani klasične stanovanjske gradnje. Odlikuje jih visoka nosilnost, enostavna in hitra vgradnja, dobra zvočna in toplotna izolacija in zelo ugodne paropropustne lastnosti. Uporabili jih bomo za zidanje notranjih nosilnih zidov, debeline 25 cm, in zunanjih nosilnih zidov, debeline 29 cm. Nenosilne stene so prav tako zidane iz opečnih votlih zidakov, debeline 8 cm. Rege med zidaki se povsem zapolnijo z malto za splošno uporabo. Uporabljena opeka je razvrščena v 2. skupino, po standardu SIST EN 1996-1-1. Ima naslednje karakteristične lastnosti:

- | | | | |
|-------------------------|-------|---|--------------------------|
| - tlačna trdnost zidaka | f_b | = | 1,5 kN/cm ² , |
| - tlačna trdnost malte | f_m | = | 0,5 kN/cm ² . |



Slika 3.1: Modularni blok 290 cm × 250 cm × 190 cm (vir: <http://www.go-opekarne.si/>)

Streha bo pokrita z opečno kritino korcei. Korec je kakovostna in vsestransko preskušena opečna kritina značilna za kulturno krajino, razpeta med gorami in morjem. S korci prekrivajo stanovanjske, poslovne in javne zgradbe. Uporabljajo jih tudi pri restavriranju zgradb, ki sodijo v kulturno-zgodovinsko in arhitekturno dediščino. Strehe, pokrite s korci, uspešno kljubujejo poletni vročini in zimskim vetrovnim razmeram. Prednost korcev pred drugimi kritinami je v tem, da zaradi svoje značilne oblike prisekanega stožca dovoljujejo manjša odstopanja pri prekrivanju, tako v vzdolžni kot tudi v prečni smeri. To omogoča kakovostno prekrivanje vseh vrst streh tudi takih, katerih strešine so nepravilnih tlorisnih oblik.



Slika 3.2: Opečni strešnik - korec (vir: <http://www.go-opekarne.si/>)

Poznamo naslednje načine pritrdjevanja korcev:

- klasično na malto,
- utrjevanje korcev z poliuretansko peno,
- vijachenje korcev na letve,
- korec z nosom in obešen zgornji korec,
- korec z dolgim nosom in vijachen zgornji korec,
- obešanje korcev na letve.



Slika 3.3: Detajl obešanja korcev na letve (vir: <http://www.go-opekarne.si/>)

3.5 Varnostni faktorji za material

Materialni varnostni faktor je tem višji, čim večji je raztros rezultatov preskusa trdnosti na preizkušancih. Karakteristično vrednost zmanjšamo tako, da upoštevamo delne faktorje za material.

Preglednica 3.2: Materialni varnostni faktorji za beton, jeklo in les

PROJEKTN SITUACIJA	MSN			MSU		
	BETON (γ_c)	JEKLO (γ_s)	LES (γ_M)	BETON (γ_c)	JEKLO (γ_s)	LES (γ_M)
OSNOVNA	1,5	1,15	1,3	1,0	1,0	1,0
NEZGODNA	1,2	1,0	1,0	/	/	/

4 OBTEŽBA

Na gradbene konstrukcije delujejo različne obremenitve. Poleg koristne obtežbe, premagovanju katere je konstrukcija namenjena, je potrebno upoštevati tudi lastno težo konstrukcije, lokalno pogojene vremenske vplive, kot so sneg in veter ter vse možne obtežbe, ki se v življenjski dobi konstrukcije lahko bolj ali manj verjetno zgodijo, mednje sodijo tudi nezgodne obtežbe, kot so potres, trk vozila...

4.1 Lastna teža

Lastna teža spada med stalni in nepomični vpliv. Izračuna se iz dimenzij konstrukcijskega elementa in specifične teže materiala, iz katerega je. Pri kritini upoštevam samo težo strešnikov. Klasičen način »na malto« v sodobni arhitekturi nima več mesta. Da dosežemo udobno klimo, mora biti streha prezračevana. Obteževanje strehe s kamni, kar je zelo značilno na področju okoli Ajdovščine, v Zaloščah kjer bo obravnavana hiša ni značilno. Malta oziroma kamni bi predstavljali dodatno težo na konstrukcijo. Stalna obtežba na strehi se določi:

opečna kritina korci:	$30 \text{ kom/m}^2 \times 2 \text{ kg} = 60 \text{ kg/m}^2 =$	$0,600 \text{ kN/m}^2$
vzdolžne letve:	$0,05 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 / 0,33 \text{ m} = 0,0045 \text{ m}^3 \times 4,2 \text{ kN/m}^3 =$	$0,019 \text{ kN/m}^2$
prečne letve:	$0,05 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} \times 1/0,97 \times 1 \text{ m} = 0,0015 \text{ m}^3 \times 4,2 \text{ kN/m}^3 =$	$0,006 \text{ kN/m}^2$
deske:	$1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,025 \text{ m} = 0,025 \text{ m}^3 \times 4,2 \text{ kN/m}^3 =$	$0,105 \text{ kN/m}^2$
špirovci:	$0,14 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} \times 1/0,97 \times 1 \text{ m} = 0,0023 \text{ m}^3 \times 4,2 \text{ kN/m}^3 =$	$0,097 \text{ kN/m}^2$
mavčne obloge:	$9,2 \text{ kg/m}^2 =$	$0,092 \text{ kN/m}^2$
TI, HI, pritrdila...:		$0,009 \text{ kN/m}^2$

skupaj: $g = 0,928 \text{ kN/m}^2$

Zgoraj sem določil stalni nepomični vpliv na špirovec. Ko sem dimenzioniral nosilce, sem upošteval še težo le-teh.

4.2 Koristna obtežba

Koristno obtežbo se upošteva kot spremenljiv pomični vpliv, ki ga povzročamo ljudje, pohištvo, vozila... Za koristno obtežbo standard podaja različne vrednosti glede na namen uporabe in pomembnosti objekta ali dela objekta. Za pomembne objekte, kot so bolnišnice, trgovski centri, knjižnice, veljajo višje zahteve, kot za stanovanjsko gradnjo. Evakuacijske poti, na primer stopnice, so ob izrednih dogodkih zelo obremenjene, zato tu običajno veljajo višje vrednosti.

Preglednica 4.1: Kategorije površin v stavbah - splošno (SIST EN 1991-1-1:2004 str. 14, 20)

KATEGORIJA STAVBE	UPORABA
A	Stanovanja
B	Pisarne
C	Zbirališča ljudi
D	Trgovine
E	Skladišča in vhodne površine
H	Streha

Preglednica 4.2: Koristne obtežbe na tleh, stanovanjska gradnja (Beg, Pogačnik, 2009, str. 1-56)

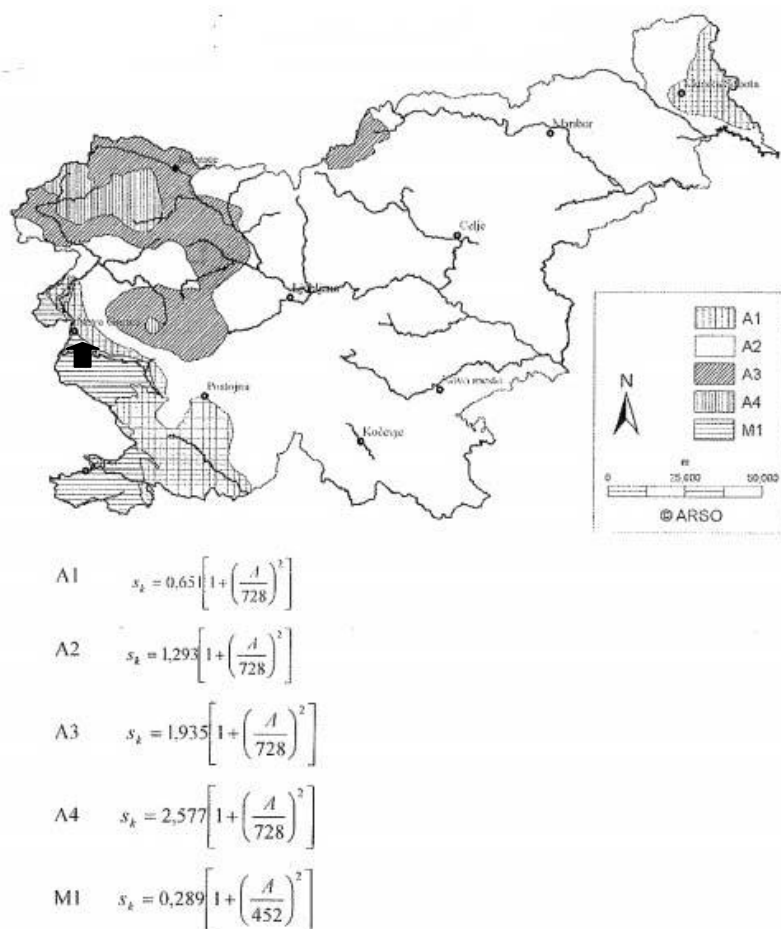
	KATEGORIJA UPORABE	q_k [kN/m ²]
A	TLA V PROSTORU	2,0
	STOPNICE	2,0
	BALKON	2,5
H	OBČASNO VZDRŽEVANJE STREHE	0,4

4.3 Obtežba snega

Obtežba snega s spada med spremenljive nepomične vplive. Na to obtežbo poglavitno vpliva geografska lega, oblika strehe, razmere v okolici objekta in prehoda toplote skozi streho. Določimo jo z upoštevanjem standarda SIST EN 1991-1-3:2004, po enačbi:

$$s = \mu_i \times C_e \times C_t \times s_k$$

Karakteristična obtežba snega na tleh s_k , je odvisna od cone, v kateri se objekt nahaja, in nadmorske višine. Obravnavani objekt se nahaja v coni M1 na nadmorski višini $A = 67$ m (njegova lega je označena na sliki).



Slika 4.1: Cone snega v Republiki Sloveniji (Beg, Pogačnik, 2009, str. 1-61)

Karakteristično obtežbo snega na tleh v coni M1, na nadmorski višini 67 m izračunamo:

$$s_k = 0,289 \times \left[1 + \left(\frac{67}{452} \right)^2 \right] = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

Toplotni koeficient C_t , je odvisen od prehoda toplote skozi streho. Pri normalno izolirani strehi, kjer je prehod toplote zanemarljiv, je koeficient enak 1,0.

$$c_t = 1,0$$

Koeficient izpostavljenosti C_e , predstavlja vpliv snežnih zametov, ki so posledica raznašanja snega z vetrom. V večini primerov je koeficient enak 1,0.

$$c_e = 1,0$$

Preglednica 4.3: Koeficient izpostavljenosti C_e (SIST EN 1991-1-3:2004)

Teren	C_e
Izpostavljen vetru ^a	0,8
Običajen ^b	1,0
Zaščiten pred vetrom ^c	1,2

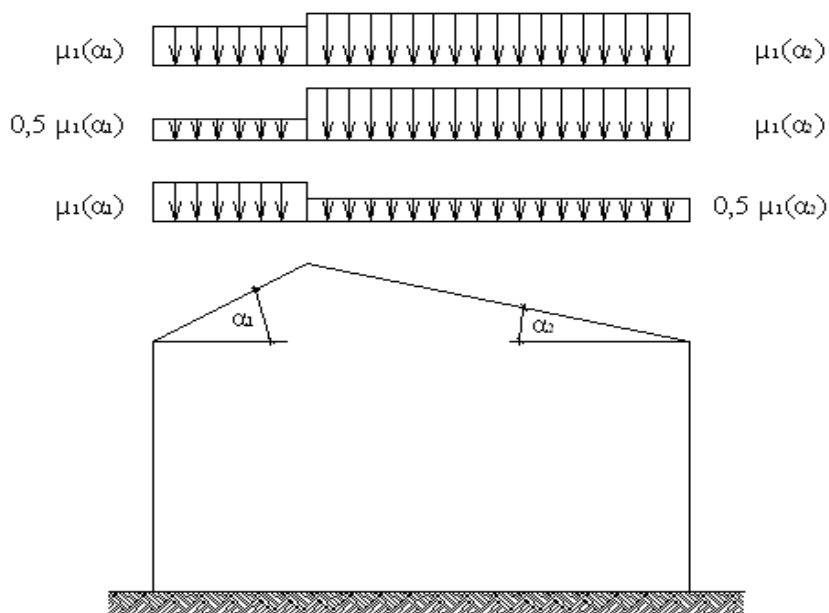
^a Teren, izpostavljen vetru: ravne površine brez ovir, izpostavljene vetru z vseh strani, ali z majhnimi zakloni, ki jih nudijo teren, višji objekti ali drevice.
^b Običajen teren: površine, kjer veter ne prenaša snega na objektih, ker so zaščiteni zaradi terena, drugih objektov ali dreves.
^c Teren, zaščiten pred vetrom: površine, kjer je obravnavani objekt občutno nižji kot okoliški teren, visoko drevice ali drugi objekti.

Oblikovni koeficient obtežbe s snegom μ_i , je odvisen od oblike in naklona strehe.

Preglednica 4.4: Oblikovni koeficient obtežbe snega – dvokapnica (SIST EN 1991-1-3:2004, 15 str.)

naklon strehe μ	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8(60-\alpha)/30$	0,00
μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,60	-

Vrednosti iz zgoraj navedene razpredelnice veljajo v primeru, da sneg lahko zdrsne s strehe. Če so na strehi snegobrani ali druge ovire ali če se nagib strehe zmanjša zaradi parapetov, oblikovni koeficient ne sme biti manjši od 0,8.



Slika 4.2: Oblikovni koeficienti obtežbe snega pri dvokapnici (SIST EN 1991-1-3:2004)

Izračun obtežbe snega na obravnavan objekt

Podatki:

- cona snega M1
- nadmorska višina 67 m
- naklon strehe 21°
- toplotni koeficient $C_t = 1,0$
- koeficient izpostavljenosti $C_e = 1,0$

$$s = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,3 = 0,24 \text{ kN/m}^2$$

4.4 Vpliv vetra

Tako kot obtežba snega, tudi vpliv vetra spada med spremenljive vplive. Vpliv vetra deluje neposredno na zunanje površine ploskev v obliki tlaka ali srka. Zaradi prepustnosti ovoja vpliva posredno tudi na notranje površine. Tlak ali srk deluje pravokotno na ploskev kot rezultirajoča sila.

Vpliv vetra določimo skladno s standardom SIST EN 1991-1-4: 2005.

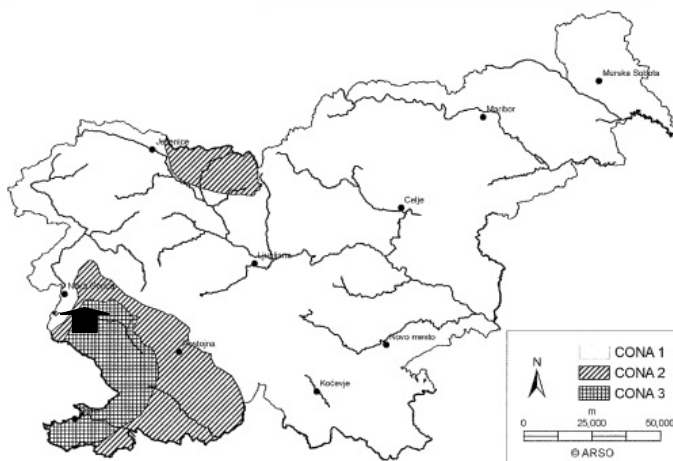
Učinek vetra na konstrukcije, se izračuna iz največjega tlaka pri sunkih vetra q_p , zaradi hitrosti, ki deluje na referenčni višini v nemotenem polju vetra, koeficientov sile in tlaka, ter konstrukcijskega faktorja $c_s c_d$. Učinek vetra q_p je enak tlaku pri srednji hitrosti vetra, povečanem za delež kratkotrajnih sprememb tlaka. Odvisen je od vetrne klime, hrapavosti in hribovitosti terena, ter referenčne višine.

Osnovna hitrost vetra v_b , se izračuna po enačbi:

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0}$$

Temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra $v_{b,0}$, je 10 – minutna srednja hitrost vetra, ne glede na smer in letni čas, na višini 10 m nad odprtim terenom z nizkim rastlinjem in posameznimi ovirami v oddaljenimi najmanj 20-kratne višine ovir.

Določimo jo s pomočjo karte v nacionalnem dodatku k standardu SIST EN 1991-1-4:2005 (glej sliko 4-3). Slovenija je razdeljena na tri cone. Temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra je odvisna od cone in nadmorske višine.



Hitrosti vetra:

Cona 1 (večina Slovenije):

20 m/s pod 800m
25 m/s od 800 m do 1600 m
30 m/s od 1600 m do 2000 m
40 m/s nad 2000 m

Cona 2 (Trnovski gozd, Notranjska, Karavanke):

25m/s pod 1600 m
30 m/s od 1600 do 2000 m
40 m/s nad 2000 m

Cona 3 (Primorje, Kras in del Vipavske doline):

30 m/s

Slika 4.3: Temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra $v_{b,0}$ (Beg, Pogačnik, 2009, str. 1-69)

Naš objekt leži v vetrovnem območju cone 3 (Primorje, Kras in del Vipavske doline):

$$v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$$

Faktor letnega časa c_{season} , je običajno kar 1,0. Za začasne konstrukcije in za vpliv na konstrukcije med gradnjo, bi bil lahko ta faktor manjši.

$$c_{season} = 1,0$$

Smerni faktor c_{dir} , za različne smeri vetra je lahko določen v nacionalnem dodatku. V Sloveniji se priporoča 1,0.

$$c_{dir} = 1,0$$

Osnovna hitrost vetra v_b na objekt je:

$$v_b = 1,0 \times 1,0 \times 30 = 30 \text{ m/s}$$

Srednja hitrost vetra v_m , se določi iz osnovne hitrosti vetra v_b in sprememb vetra po višini, na kar vplivata hrapavost in hribovitost terena. Izračunamo jo po enačbi:

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_o(z) \times v_b$$

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. Izračunamo ga po enačbi:

$$c_r(z) = k_r \times \ln(z/z_0) \dots z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \dots z \leq z_{\min}$$

kjer so:

Višina objekta z , merjena od kote terena do vrha slemena:

$$z = 9,4m$$

Hrapavostna dolžina z_0 , predstavlja višino hrap, odvisna je od kategorije terena.

Preglednica 4.5: Kategorije terena in terenski parametri (SIST EN 1991-1-3:2004, 18 str.)

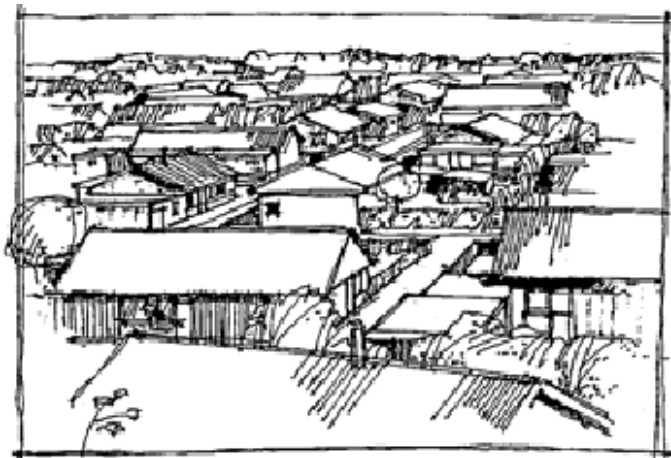
Kategorija terena		z_0 [m]	z_{min} [m]
0	Morsko ali obalno področje, izpostavljeno proti odprtemu morju.	0,003	1
I	Jezersko ali ravninsko področje z zanemarljivim rastlinjem in brez ovir.	0,01	1
II	Področje z nizkim rastlinjem (trava) in posameznimi ovirami (drevesi, stavbami) na razdalji najmanj 20 višin ovir.	0,05	2
III	Področje z običajnim rastlinjem ali stavbami ali s posameznimi ovirami na razdalji največ 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	10

Ker gre za vaško naselje v podeželskem okolju, upoštevam da leži objekt v III. kategoriji terena. Izberem iz preglednice:

$$z_0 = 0,3m$$

Najmanjša višina z_{min} , določena v preglednici za posamezno kategorijo terena.

$$z_0 = 0,3m \Rightarrow z_{min} = 5m$$



Slika 4.4: Ilustracija izbrane kategorije terena (SIST EN 1991-1-4:2005, 79 str)

Največja višina z_{max} , za katero še velja ta standard.

$$z_{max} = 200m$$

Faktor terena k_r , ki je odvisen od dolžine hrapavosti in se izračuna po izrazu:

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

Hrapavostna dolžina pri II. kategoriji terena $z_{0,II}$.

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

Faktor terena k_r , za naš obravnavani objekt znaša:

$$k_r = 0,19 (0,3/0,05)^{0,07} = 0,22$$

Višina obravnavane hiše, ustreza pogoju:

$$z_{min} \leq z \leq z_{max} \Rightarrow 5m \leq 9,4m \leq 200m$$

Faktor hrapavosti obravnavanega objekta je:

$$c_r(z) = 0,22 \times \ln(9,4/0,3) = 0,74$$

Faktor hribovitosti $c_0(z)$. Kjer hribovitost terena (npr. griči, strma pobočja itd.) povečuje hitrost vetra za več kot 5 %, se upošteva faktor hribovitosti. Učinek hribovitosti se lahko zanemari, če je privetni teren nagnjen za manj kot 3°.

V obravnavanem primeru je faktor hribovitosti:

$$c_0(z) = 1,0$$

Srednja hitrost vetra je:

$$v_m(z) = 0,74 \times 1,0 \times 30 = 22,3 \text{ m/s}$$

Zaščitena višina. Stavbe na terenu kategorije IV, blizu postavljene stavbe in druge ovire povzročijo, da se veter obnaša, kot da bi bila tla dvignjena na zaščiteno višino h_{dis} , ki se določi po navodilu opisanem pod točko A.5 v nacionalnem dodatku standarda SIST EN 1991-1-4: V našem primeru hiša v kategoriji terena III, zato tega vpliva ne upoštevamo.

Intenziteta vetrne turbulence $I_v(z)$ na višini z , je določena kot standardna deviacija turbulence, deljena s srednjo hitrostjo vetra.

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_l}{c_0(z) \times \ln(z/z_0)} \Leftrightarrow z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \Leftrightarrow z < z_{\min}$$

Turbolentna komponenta vetra ima srednjo vrednost 0 in **standardno deviacijo σ_v** , ki se določi po izrazu:

$$\sigma_v = k_r \times v_b \times k_l$$

Turbolenčni faktor k_l , je lahko določen v nacionalnem dodatku. V Sloveniji velja priporočena vrednost:

$$k_l = 1,0$$

Standardna deviacije turbulence je:

$$\sigma_v = 0,22 \times 30 \times 1,0 = 6,46 \text{ m/s}$$

Intenziteto vetrne turbulence $I_v(z)$ na višini z , za obravnavani objekt izračunamo:

$$I_v(z) = \frac{6,46}{22,3} = 0,29$$

Tlak pri največji hitrosti ob sunkih vetra q_p na višini z , ki vključuje srednjo hitrost in kratkotrajno spreminjanje hitrosti, izračunamo po enačbi:

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

$$q_p(9,4) = [1 + 7 \times 0,3] \times \frac{1,25 \times 22,3^2}{2} = 939 \text{ Pa}$$

$$q_p(9,4) = 0,94 \text{ kN/m}^2$$

ali

$$q_p(z) = c_e(z) \times q_b$$

Osnovni tlak vetra q_b izračunamo po izazu:

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2$$

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

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

Osnovni tlak vetra za naš primer je:

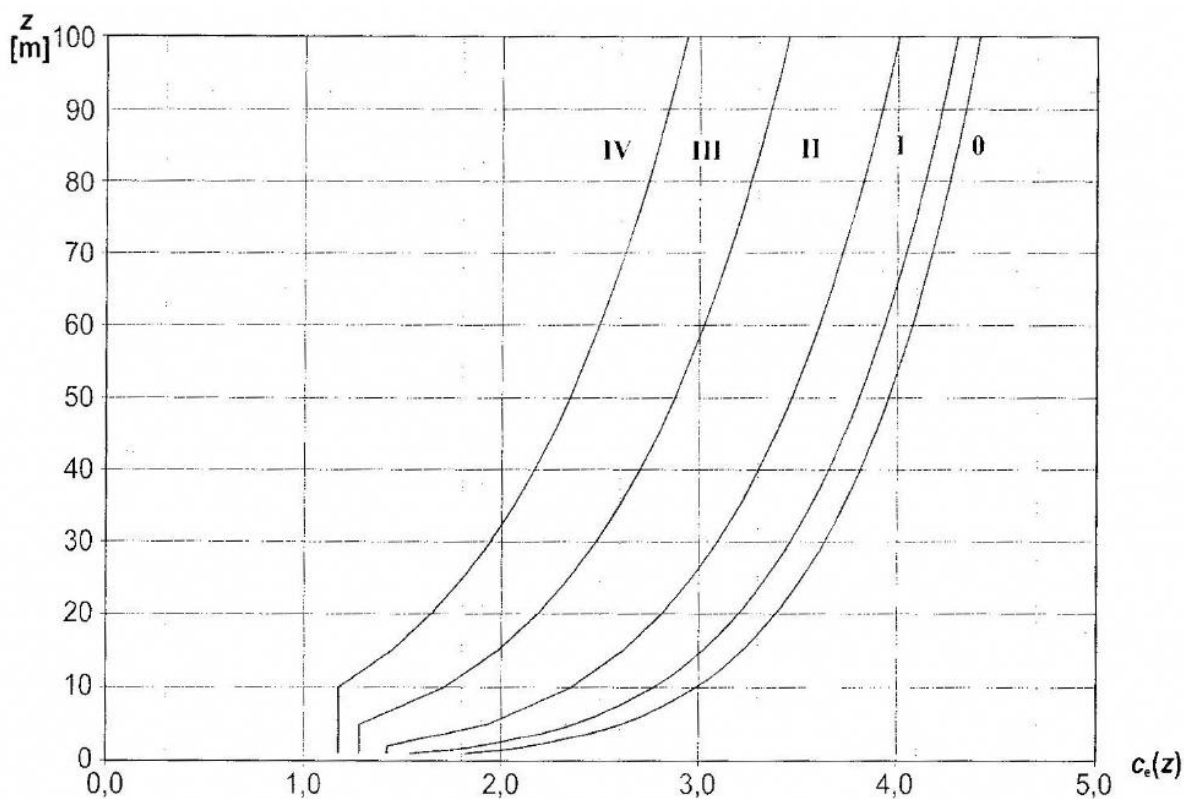
$$q_b = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 30^2 = 562 \text{ Pa} = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

Faktor izpostavljenosti $c_e(z)$, odvisen od kategorije terena, hribovitosti in faktorja turbulence.

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b}$$

$$c_e(z) = \frac{0,95}{0,56} = 1,7$$

Za primer ravnega terena ga lahko odčitamo iz diagrama:

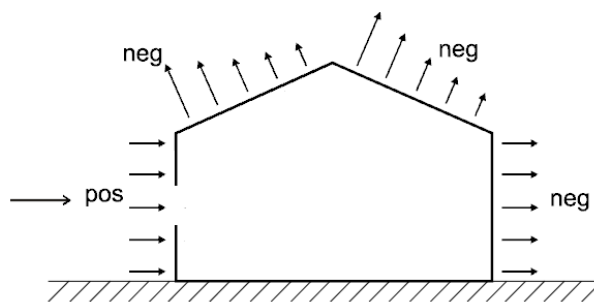


Slika 4.5: Diagram faktorja izpostavljenosti $c_e(z)$ za $c_0 = 1,0$ in $k_t = 1,0$ (SIST EN 1991-1-4:2005, 20 str.)

Tlak vetra w_e na zunanje ploskve se izračuna po izrazu:

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

Tlak usmerjen proti ploskvi, nosi pozitiven predznak, srk usmerjen od ploskve pa negativen predznak.



Slika 4.6: Primer smeri delovanja tlakov vetra na zunanje površine (SIST EN 1991-1-4:2005, 22 str.)

Referenčna višina za zunanji tlak z_e je najvišja točka strehe, torej sleme.

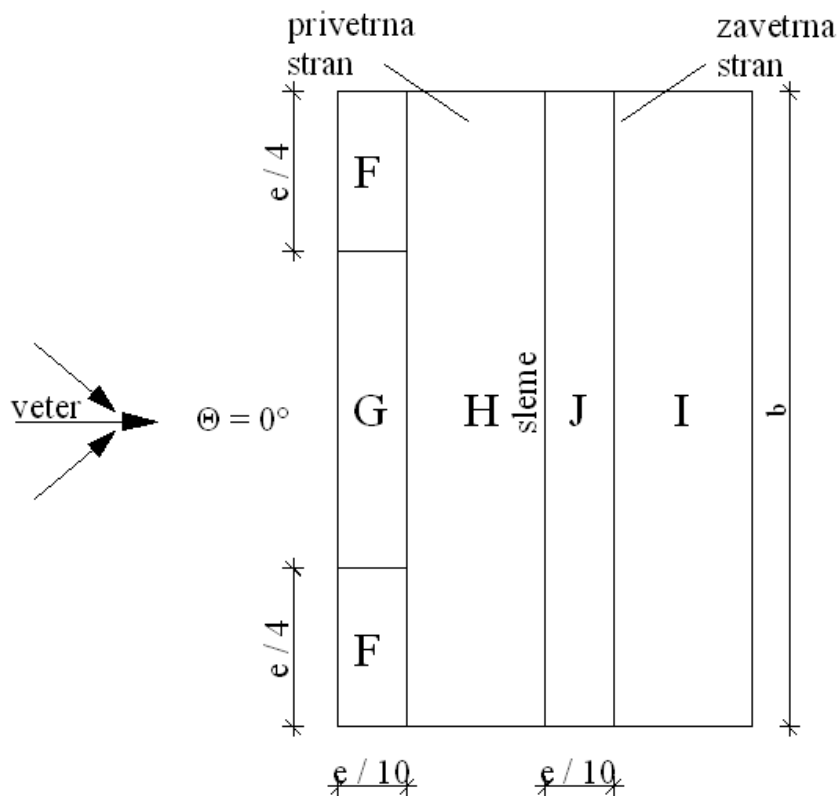
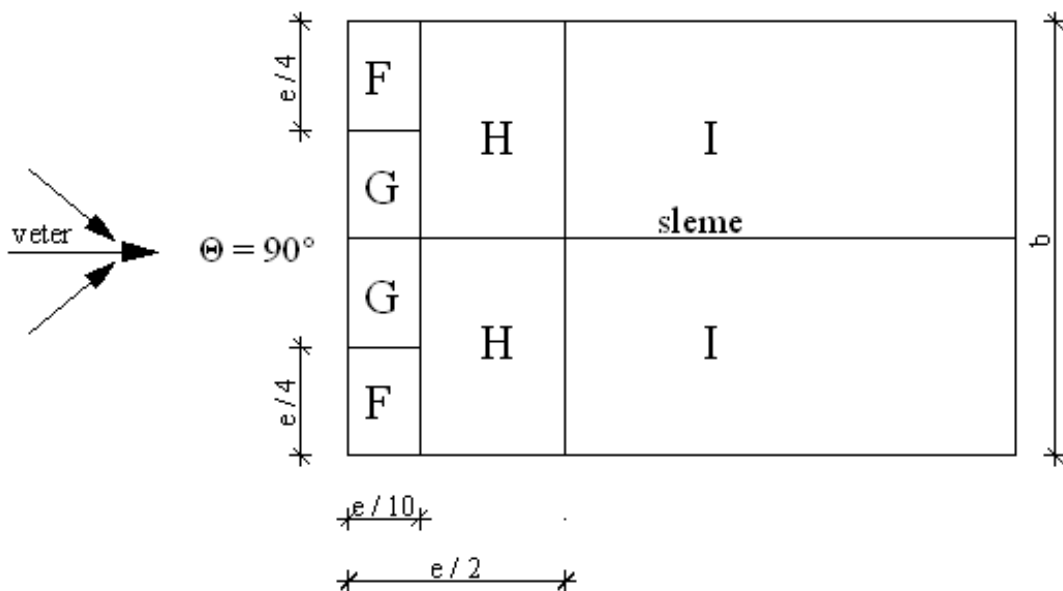
$$z_e (\text{dvokapnica}) = 9,4\text{m} \Rightarrow q_p(z_e) = 0,94\text{ kN/m}^2$$

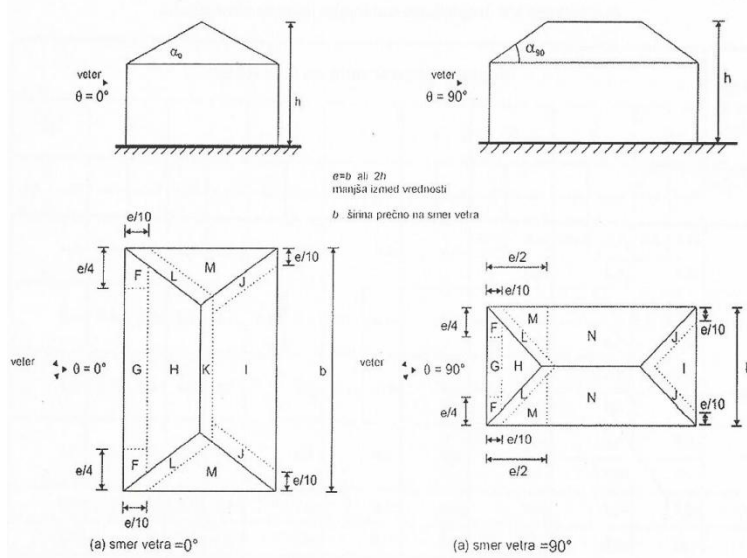
$$z_e (\text{štirikapnica}) = 7,73\text{m} \Rightarrow q_p(z_e) = 0,87\text{ kN/m}^2$$

$$z_e (\text{vhod}) = 3,63\text{m} \Rightarrow q_p(z_e) = 0,72\text{ kN/m}^2$$

Koeficienti zunanjega tlaka za strehe c_{pe} , so odvisni od naklona strehe in velikosti obtežene površine (A, B, C...). V standardu najdem tabele, kjer so za več različnih naklonov, podani koeficienti $c_{pe,10}$, za površine večje od 10 m^2 , oziroma $c_{pe,1}$, za površine manjše od 1 m^2 . Za vmesne vrednosti med $c_{pe,10}$ in $c_{pe,1}$, uporabim logaritemsko interpolacijo. Ti koeficienti so posledica dejstva, da je pritisk vetra neenakomerno porazdeljen po površini. Določeni deli strehe so obremenjeni bolj, drugi pa manj. Najbolj obremenjeni so vogalni deli in robovi. Na nekaterih delih lahko deluje tako pritisk kot srk, drugje pa zgolj srk ali pritisk. Koeficienti zunanjega tlaka so različni za različne dele stavbe (stene, ravne strehe, enokapnice, dvokapnice, štirikapnice...) in za različna področja posameznega dela stavbe (A, B, C, D, E...). Različni so tudi za različne smeri vetra.

Spodaj so slike, ki predstavljajo razdelitev področij na dvokapnicah in štirikapnicah, glede na smer vetra. Podobno se na področja razdelijo tudi ostali tipi streh (enokapnica, nadstrešek, več-slemenska streha, ravna streha...) in stene.

Slika 4.7: Razdelitev dvokapnice na področja za smer vetra $\theta = 0^\circ$ (SIST EN 1991-1-4:2005, 36 str.)Slika 4.8: Razdelitev dvokapnice na področja za smer vetra $\theta = 90^\circ$ (SIST EN 1991-1-4:2005, 36 str.)

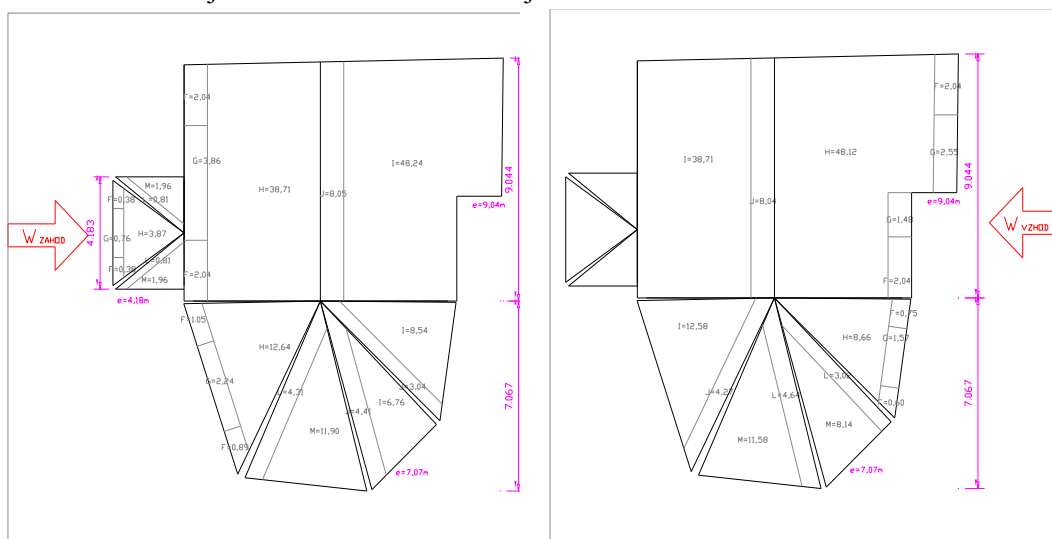


Slika 4.9: Razdelitev štirikapnice na področja za smer vetra (SIST EN 1991-1-4:2005, 39 str.)

Pri obravnavanem objektu gre za tri strehe, ki jih obravnavam ločeno. Ena je dvokapnica z podaljšano polovico ene kapi, druga nepravilna štirikapnica in še nadstrešek nad vhodom, ki je trokapnica. Zaradi asimetrije, poiščem koeficiente tako od zahoda proti vzhodu, kot tudi v obratni smeri in seveda v smeri jug-sever. Hiša se na severni strani nadaljuje v niz hiš, ki se obravnavane hiše držijo in so enako visoke ali višje od naše, zato smeri vetra sever-jug ne obravnavam.

koeficienti zunanje tlaka c_{pe} za smer vetra vzhod - zahod pri dvokapnici

Najprej razdelim strehe na področja in izračunam površine posameznih področij. To storim po postopku, predstavljenem v standardu *SIST EN 1991-1-4:2005*. Glej slike (sl. 4-7 do sl. 4-9). Koeficient e s katerim izračunam razdelitev na posamezna področja, dobim z mero objekta pravokotno na veter b ali dvojno višino h . Vzamem manjšo vrednost.



Slika 4.10: Razdelitev strehe na področja za smer vetra $\theta = 0^\circ$ z izračunanimi površinami

$$e = \min \begin{cases} b \\ 2h \end{cases}$$

$$e_{dvokapnica} = \min \begin{cases} 9,04 \\ 2 \times 9,4 \end{cases} = 9,04m$$

Preglednica 4.6: Koeficienti zunanjega tlaka za dvokapnice in nagib strehe 15° in 30° (SIST EN 1991-1-4:2005, 37 str.)

α	Področja za smer vetra $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	

V preglednici so podani koeficienti le za nekaj naklonov. Za dejanski naklon strehe vrednosti linearno interpoliram. Dobim koeficiente c_{pe} za dejanski naklon in velikosti površin področja $A \geq 10 \text{ m}^2$ in $A \leq 1 \text{ m}^2$.

Preglednica 4.7: Koeficienti zunanjega tlaka za dvokapnice, preračunano za nagib strehe 21°

α	Področje za smer vetra $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
21°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	

Dejansko vrednost koeficientov za vmesne velikosti površin dobim šele, ko dobljene rezultate logaritmsko interpoliram za dejansko površino po enačbi:

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

Dobim za vsako področje maksimalno pozitivno vrednost koeficienta in maksimalno negativno vrednost koeficienta c_{pe} zunanjega tlaka vetra.

Preglednica 4.8: Koeficienti zunanjega tlaka za dvokapnice, preračunano za nagib strehe 21° in dejanske velikosti področij na naši strehi.

α	Področje za smer vetra $\theta = 0^\circ$							
		F	G	G	G	H	I	J
		$c_{pe,2.04}$	$c_{pe,3.86}$	$c_{pe,1.48}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,8.05}$
21°	<i>min</i> c_{pe}	-1,47	-1,02	-1,36	-1,50	-0,26	-0,40	-0,83
	<i>max</i> c_{pe}	+0,40	+0,40	+0,40	+0,40	+0,28	+0,00	+0,00

Preglednica 4.11: Koeficienti zunanega tlaka za dvokapnice, preračunano za nagib strehe 21° in dejanske velikosti področij na naši strehi.

α	Področje za smer vetra $\theta = 90^\circ$					
		F	F	G	H	I
		$c_{pe,2.04}$	$c_{pe,1.57}$	$c_{pe,2.72}$	$c_{pe,1.0}$	$c_{pe,1.0}$
21°	$min c_{pe}$	-1,62	-1,69	-1,71	-0,68	-0,50

Koeficienti zunanega tlaka c_{pe} za smer vetra vzhod - zahod pri štirikapnici

Podobno kot sem storil pri dvokapnici, razdelim tudi pri štirikapnici strešine na področja in izračunam površine posameznih področij. Pri obravnavani strehi je to težavno, saj so v standardu predvidene samo najbolj pogoste izvedbe. Za našo situacijo smiselno uporabim obstoječe tabele, zavedajoč se, da gre pri tem le bolj ali manj za približek dejanskim vrednostim.

$$e_{\text{štirikap.}} = \min \begin{cases} 7,07 \\ 2 \times 8 \end{cases} = 7,07m$$

Preglednica 4.12: Koeficienti zunanega tlaka za štirikapnice in nagib strehe 15° in 30° (SIST EN 1991-1-4:2005, 40 str.)

Nagib α_0 za $\theta=0^\circ$ α_{90} za $\theta=90^\circ$	Področja za smer vetra $\theta = 0^\circ$ in $\theta = 90^\circ$																	
	F		G		H		I		J		K		L		M		N	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,5		-1,0	-1,5	-1,2	-2,0	-1,4	-2,0	-0,6	-1,2	-0,3	
	0,2		0,2		0,2													
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,7	-1,2	-0,5		-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,2	

Preglednica 4.13: Koeficienti zunanega tlaka za štirikapnice, interpolirano za dejanske nagibe strehe

Nagib α_0 za $\theta=0^\circ$ α_{90} za $\theta=90^\circ$	področja za smer vetra $\theta = 0^\circ$ in $\theta = 90^\circ$																	
	F		G		H		I		J		K		L		M		N	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
15°	-0,90	-2,00	-0,80	-1,50	-0,30	-0,30	-0,50	-0,50	-1,00	-1,50	-1,20	-2,00	-1,40	-2,00	-0,60	-1,20	-0,30	-0,30
	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	-0,50	-0,50	-1,00	-1,50	-1,20	-2,00	-1,40	-2,00	-0,60	-1,20	-0,30	-0,30
16°	-0,87	-1,97	-0,78	-1,50	-0,29	-0,29	-0,49	-0,49	-0,98	-1,48	-1,15	-1,90	-1,40	-2,00	-0,60	-1,20	-0,29	-0,29
	0,22	0,22	0,23	0,23	0,21	0,21	-0,49	-0,49	-0,98	-1,48	-1,15	-1,90	-1,40	-2,00	-0,60	-1,20	-0,29	-0,29
20°	-0,77	-1,83	-0,70	-1,50	-0,27	-0,27	-0,47	-0,47	-0,90	-1,40	-0,97	-1,50	-1,40	-2,00	-0,60	-1,20	-0,27	-0,27
	0,30	0,30	0,37	0,37	0,27	0,27	-0,47	-0,47	-0,90	-1,40	-0,97	-1,50	-1,40	-2,00	-0,60	-1,20	-0,27	-0,27
21°	-0,74	-1,80	-0,68	-1,50	-0,26	-0,26	-0,46	-0,46	-0,88	-1,38	-0,92	-1,40	-1,40	-2,00	-0,60	-1,20	-0,26	-0,26
	0,32	0,32	0,40	0,40	0,28	0,28	-0,46	-0,46	-0,88	-1,38	-0,92	-1,40	-1,40	-2,00	-0,60	-1,20	-0,26	-0,26

Preglednica 4.14: Koeficienti zunanega tlaka za štirikapnice preračunano za dejanske nagibe strehe in površine posameznih področij. Smer vetra vzhod - zahod.

Nagib α_0 za $\theta=0^\circ$ α_{90} za $\theta=90^\circ$	področja za smer vetra $\theta = 0^\circ$ in $\theta = 90^\circ$																	
	c_{pe}	F	F	G	G	H	H	I	I	I	J	J	J	L	L	L	M	M
		$c_{pe,1}$	$c_{pe,1.05}$	$c_{pe,1.57}$	$c_{pe,2.24}$	$c_{pe,8.66}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,6.76}$	$c_{pe,8.54}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,3.04}$	$c_{pe,4.27}$	$c_{pe,4.41}$	$c_{pe,3.02}$	$c_{pe,4.31}$	$c_{pe,4.64}$	$c_{pe,8.14}$	$c_{pe,10}$
15°	min	-2,00	-1,98	-1,36	-1,25	-0,30	-0,30	-0,50	-0,50	-0,50	-1,26	-1,18	-1,18	-1,71	-1,62	-1,60	-0,65	-0,30
	max	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16°	min	-1,97	-1,94	-1,36	-1,25	-0,29	-0,29	-0,49	-0,49	-0,49	-1,24	-1,16	-1,16	-1,71	-1,62	-1,60	-0,65	-0,29
	max	0,22	0,22	0,23	0,23	0,21	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20°	min	-1,83	-1,81	-1,34	-1,22	-0,27	-0,27	-0,47	-0,47	-0,47	-1,16	-1,08	-1,08	-1,71	-1,62	-1,60	-0,65	-0,27
	max	0,30	0,30	0,37	0,37	0,27	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21°	min	-1,80	-1,78	-1,34	-1,21	-0,26	-0,26	-0,46	-0,46	-0,46	-1,14	-1,06	-1,06	-1,71	-1,62	-1,60	-0,65	-0,26
	max	0,32	0,32	0,40	0,40	0,28	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

koeficienti zunanega tlaka c_{pe} za smer vetra jug - sever pri štirikapnici

$$e_{\text{štirikap.}} = \min \left\{ \begin{array}{l} 10,53 \\ 2 \times 7,73 \end{array} \right. = 10,53m$$

Preglednica 4.15: Koeficienti zunanega tlaka za štirikapnice preračunano za dejanske nagibe strehe in površine posameznih področij. Smer vetra jug - sever.

Nagib α_0 za $\theta=0^\circ$ α_{90} za $\theta=90^\circ$	področja za smer vetra $\theta = 0^\circ$ in $\theta = 90^\circ$											
	c_{pe}	F	F	G	G	H	J	L	L	M	M	M
		$c_{pe,1}$	$c_{pe,1.05}$	$c_{pe,1.31}$	$c_{pe,2.48}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,4.36}$	$c_{pe,1.76}$	$c_{pe,3.20}$	$c_{pe,6.93}$	$c_{pe,7.22}$	$c_{pe,10}$
15°	min c_{pe}	-2,00	-1,98	-1,42	-1,22	-0,30	-1,18	-1,85	-1,70	-0,70	-0,68	-0,60
	max c_{pe}	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16°	min c_{pe}	-1,97	-1,94	-1,42	-1,22	-0,29	-1,16	-1,85	-1,70	-0,70	-0,68	-0,60
	max c_{pe}	0,22	0,22	0,23	0,23	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20°	min c_{pe}	-1,83	-1,81	-1,41	-1,18	-0,27	-1,08	-1,85	-1,70	-0,70	-0,68	-0,60
	max c_{pe}	0,30	0,30	0,37	0,37	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21°	min c_{pe}	-1,80	-1,78	-1,40	-1,18	-0,26	-1,06	-1,85	-1,70	-0,70	-0,68	-0,60
	max c_{pe}	0,32	0,32	0,40	0,40	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

koeficienti zunanega tlaka c_{pe} pri nadstrešku nad vhodom

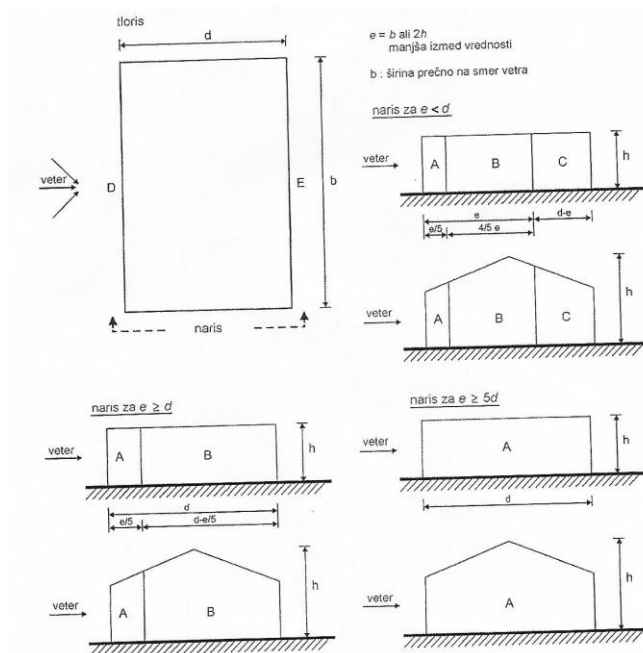
$$e_{\text{nadstrešek}} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4,18 \\ 2 \times 4 \end{array} \right. = 4,18m \Leftrightarrow \Theta = 0^\circ$$

$$e_{\text{nadstrešek}} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,75 \\ 2 \times 3,63 \end{array} \right. = 2,75m \Leftrightarrow \Theta = 90^\circ$$

Preglednica 4.16: Koeficienti zunanega tlaka za štirikapnice preračunano za dejanske nagibe strehe in površine posameznih področij (nadstrešek nad vhodom).

Nagib α_0 za $\theta=0^\circ$ α_{90} za $\theta=90^\circ$	področja za smer vetra $\theta = 0^\circ$ in $\theta = 90^\circ$									
	c_{pe}	F	G	H	H	I	J	L	M	M
		$c_{pe,1}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,2.09}$	$c_{pe,3.87}$	$c_{pe,2.22}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,1.96}$	$c_{pe,4.65}$
16°	min c_{pe}	-1,97	-1,50	-0,29	-0,29	-0,49	-1,48	-2,00	-1,02	-0,80
	max c_{pe}	0,22	0,23	0,21	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21°	min c_{pe}	-1,80	-1,50	-0,26	-0,26	-0,46	-1,38	-2,00	-1,02	-0,80
	max c_{pe}	0,32	0,40	0,28	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Koeficienti zunanjega tlaka za stene c_{pe} , so odvisni od razmerja h/d in velikosti obtežene površine (A, B, C...). V standardu najdemo tabele, kjer so za več različnih h/d , podani koeficienti $c_{pe,10}$, za površine večje od 10 m^2 , oziroma $c_{pe,1}$, za površine manjše od 1 m^2 . Za vmesne vrednosti med $c_{pe,10}$ in $c_{pe,1}$, uporabimo logaritemsko interpolacijo. Na nekaterih delih lahko deluje tako pritisk kot srk, drugje pa zgolj srk ali pritisk. Koeficienti zunanjega tlaka so različni za različne dele vertikalnih sten in tudi za različna področja posameznega dela stene (A, B, C, D, E...). Različni so tudi za različne smeri vetra. Spodaj je slika, ki predstavlja razdelitev področij na stenah, glede na smer vetra.



Slika 4.12: Razdelitev sten na področja (SIST EN 1991-1-4:2005, 30 str.)

Preglednica 4.17: Priporočena vrednost koeficientov zunanjega tlaka za navpične stene stavb s pravokotnim tlorisom (SIST EN 1991-1-4:2005, 31 str.)

Področje h/d	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,8	1,0	-0,7	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,8	1,0	-0,5	-0,5
0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,7	1,0	-0,3	-0,3

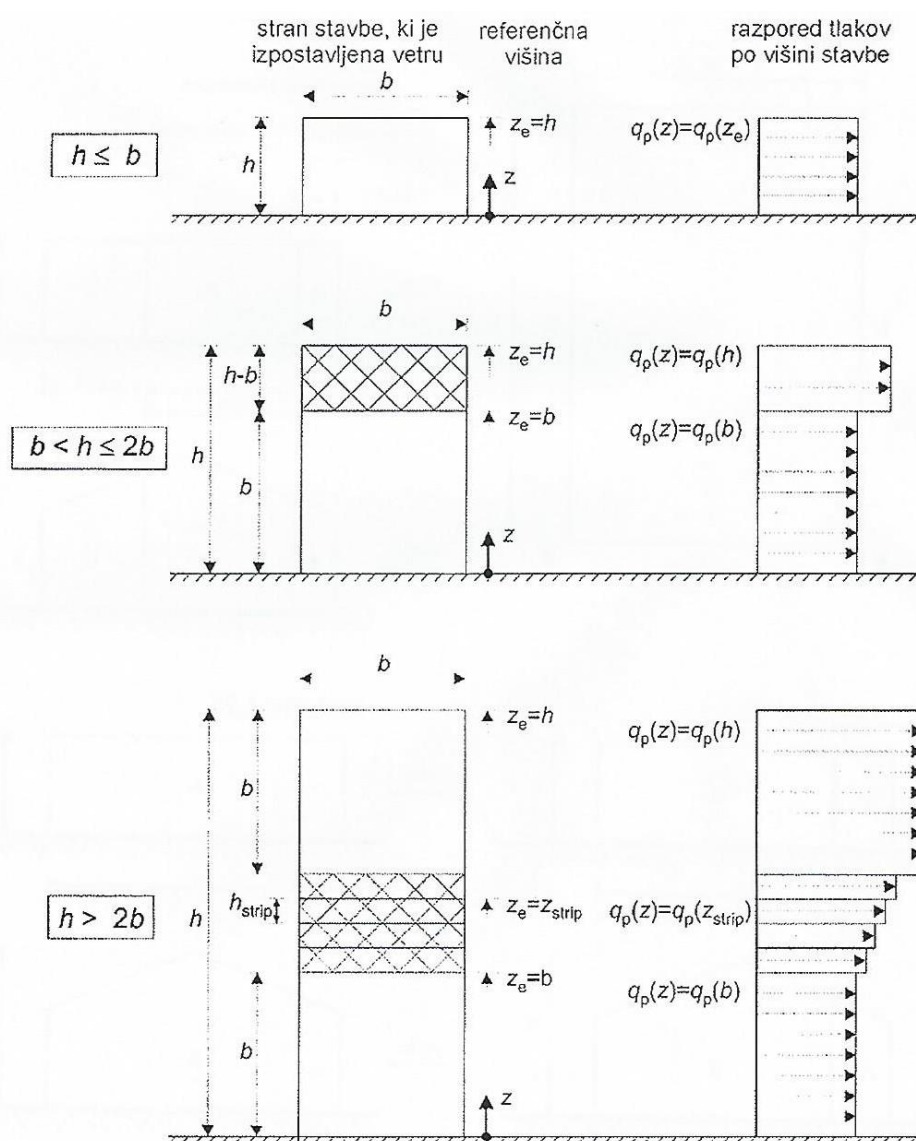
Za obravnavano streho so pomembni tudi koeficienti tlaka, ki delujejo pravokotno na steno pod napuščem, saj je streha v napušču obremenjena tudi od spodaj. Po standardu SIST EN 1991-1-1:2005, se pri napuščih na spodnji strani upošteva tlak na steno pod napuščem, na zgornji strani pa tlak v ustreznem področju na strehi.

$$\frac{h}{d} = \frac{9,4}{10,2} = 0,92$$

Za vpliv vetra pod napuščem je pomembno področje D. Pri velikosti področja $D > 10 \text{ m}^2$ in razmerju $h/d = 0,92$, dobimo c_{pe} :

$$c_{pe} = 0,79$$

Zunanji tlak w_e pod napuščem. Za velikost zunanjega tlaka vetra pod napuščem upoštevam enako vrednost, kot je zunanji tlak vetra na steno pod napuščem. Referenčna višina in razpored tlakov po višini stavbe se določi v skladu s sliko spodaj. Kadar je širina stavbe večja ali enaka kot višina, upoštevamo enakomeren razpored tlakov po celi višini. Za referenčno višino z_e , upoštevamo višino stavbe h .



OPOMBA: Tlak vetra je po vodoravnih pasovih enakomeren.

Slika 4.13: Referenčne višine z_e v odvisnosti od h, b in profila tlakov vetra (SIST EN 1991-1-4:2005, 29 str.)

Preglednica 4.21: Vrednosti zunanje tlaka na posameznih področjih štirikapnice za smer vetra $\theta = 90^\circ$

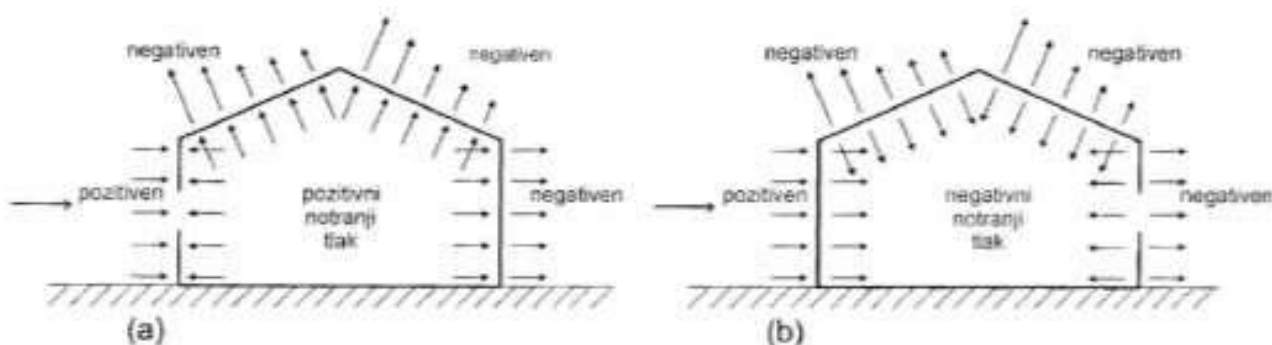
Nagib α_0 za $\theta=0^\circ$ α_{90} za $\theta=90^\circ$	področja za smer vetra $\theta = 0^\circ$ in $\theta = 90^\circ$											
	c_{pe}	F	F	G	G	H	J	L	L	M	M	M
		$c_{pe,1}$	$c_{pe,1.05}$	$c_{pe,1.31}$	$c_{pe,2.48}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,4.36}$	$c_{pe,1.76}$	$c_{pe,3.20}$	$c_{pe,6.93}$	$c_{pe,7.22}$	$c_{pe,10}$
15°	min w_e	-1,74	-1,72	-1,23	-1,06	-0,26	-1,03	-1,61	-1,47	-0,60	-0,60	-0,52
	max w_e	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16°	min w_e	-1,71	-1,69	-1,23	-1,06	-0,25	-1,01	-1,61	-1,47	-0,60	-0,60	-0,52
	max w_e	0,19	0,19	0,20	0,20	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20°	min w_e	-1,59	-1,57	-1,22	-1,03	-0,23	-0,94	-1,61	-1,47	-0,60	-0,60	-0,52
	max w_e	0,26	0,26	0,32	0,32	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21°	min w_e	-1,56	-1,54	-1,22	-1,02	-0,23	-0,92	-1,61	-1,47	-0,60	-0,60	-0,52
	max w_e	0,28	0,28	0,35	0,35	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Preglednica 4.22: Vrednosti zunanje tlaka na posameznih področjih nadstreška nad vhodom.

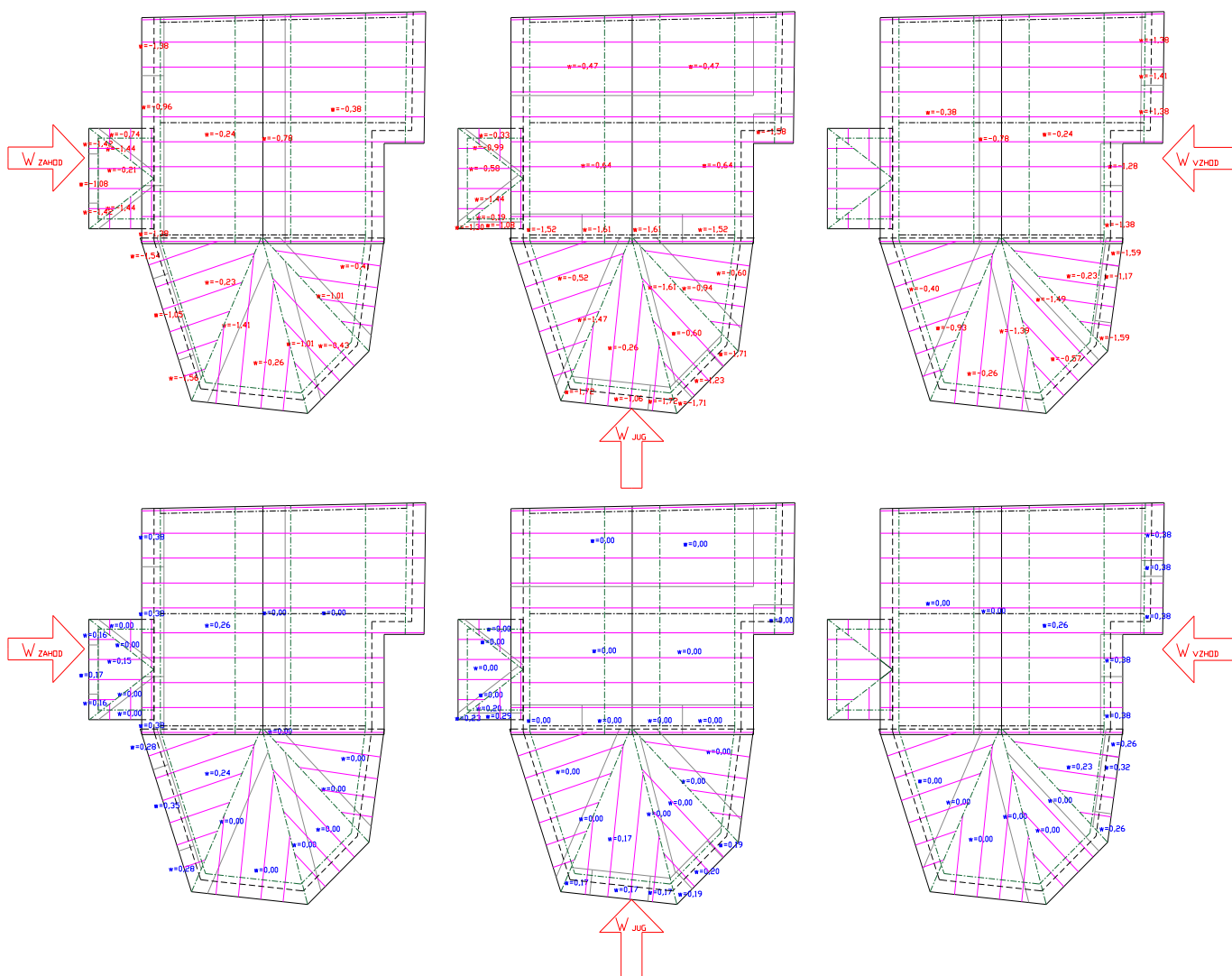
Nagib α_0 za $\theta=0^\circ$ α_{90} za $\theta=90^\circ$	področja za smer vetra $\theta = 0^\circ$ in $\theta = 90^\circ$									
	c_{pe}	F	G	H	H	I	J	L	M	M
		$c_{pe,1}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,2.09}$	$c_{pe,3.87}$	$c_{pe,2.22}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,1.96}$	$c_{pe,4.65}$
16°	min w_e	-1,42	-1,08	-0,21	-0,21	-0,36	-1,07	-1,44	-0,74	-0,58
	max w_e	0,16	0,17	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21°	min w_e	-1,30	-1,08	-0,19	-0,19	-0,33	-0,99	-1,44	-0,74	-0,58
	max w_e	0,23	0,29	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tlak vetra w_i na notranje ploskve v skladu z (SIST EN 1991-1-4:2005, 43 str.) ne upoštevam. Vrata in okna se pri mejnem stanju nosilnosti obravnavajo kot zaprta, razen če zaradi obratovanja niso odprta.

Neto tlak na steno, streho ali element, je razlika med tlakoma na nasprotnih ploskvah, upošteva njegov predznak. Tlak, usmerjen proti ploskvi, je pozitiven, srk, usmerjen od ploskve, je negativen.



Slika 4.14: Tlaki na ploskve (SIST EN 1991-1-4:2005, 22 str.)



Slika 4.15: Slikovni prikaz maksimalnih negativnih in pozitivnih tlakov vetra na ploskve, glede na smer vetra. Posamezna področja so ločena s sivo črto. Prikazane so tudi osi leg in špirovcev.

4.5 Varnostni in kombinacijski faktorji za obtežbe

Velikost obtežbe, ki se bo dejansko zgodila v življenjski dobi konstrukcije, je nemogoče natančno napovedati, zato je potrebno pričakovane obtežbe povečati z varnostnim faktorjem.

Preglednica 4.23: Delni varnostni faktorji za obtežbo (SIST EN 1990:2004 str.41)

VPLIV	MSN		MSU	
	stalni vpliv G	spremenljivi vpliv Q	stalni vpliv G	spremenljivi vpliv Q
ugoden	1,0	0	1,0	0
neugoden	1,35	1,5	1,0	1,0

Verjetnost, da bodo vsi vplivi na konstrukcijo delovali hkrati v polnem iznosu je zelo majhna, zato uporabimo kombinacijske faktorje, ki nam nekatere vplive nekoliko reducirajo. V polnem iznosu upoštevamo samo največjo spremenljivo obtežbo.

Preglednica 4.24: Kombinacijski faktorji za obtežbo na strehi (SIST EN 1990:2004 str. 41)

VRSTA OBTEŽBE	trajno stanje ψ_0	začasno stanje ψ_1	nezgodno stanje ψ_2
kategorija H: strehe	0,0	0,0	0,0
sneg	0,6	0,2	0,0
veter	0,6	0,5	0,0

5 DIMENZIONIRANJE LESENIH DELOV OSTREŠJA

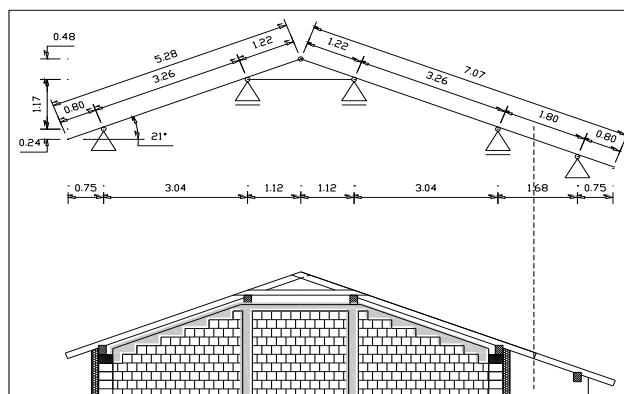
Na začetku dimenzioniranja najprej ugotovim statični sistem. Pozicioniram podpore in jim določim prostostne stopnje. Predvidim vse možne obremenitve, ki bi lahko na konstrukcijo delovale, njihovo velikost in smer delovanja. Poiščem najbolj neugodno kombinacijo obtežb, ki bi se lahko v življenjski dobi konstrukcije pripetila. Določim tak material in prerez elementov konstrukcije, da se le ta ne bo mogla porušiti. Preračunam konstrukcijo na mejno stanje nosilnosti, nato pa izbrani prerez kontroliram še na mejno stanje uporabnosti (velikost povsesov).

V diplomski nalogi dimenzioniram špirovce in vmesni legi pri dvokapni strehi. Pri večkapni strehi izračunam dimenzije najbolj obremenjenega špirovca, nato preračunam vse druge špirovce, da dobim reakcije na grebensko lego. Reakcije bodo predstavljale obremenitev grebenske lege, na podlagi teh, bom določil prerez grebenske lege. Enak postopek se uporabi tudi pri strehi nad vhodom.

5.1 Dimenzioniranje lesene konstrukcije pri dvokapnici

5.1.1 Zasnova

Dvokapnica je sestavljena iz špirovcev dveh dolžin. Šest špirovcev je daljših, dolgi so 7,07 m in se nahajajo na delu, kjer se strešina podaljša, ostali so dolgi 5,28 m. Podprti so na kapnih legah in vmesni legi. Pari špirovcev so v slemenu med seboj členkasto povezani, horizontalne sile prevzamejo škarniki. Daljši špirovci imajo še eno dodatno podporo, ki podpira podaljšek. Zaradi te dodatne podpore in kontinuirnega poteka preko treh polj, daljšega špirovca posebej ne obravnavam. Uporabim enak prerez kot pri krajšem špirovcu.



Slika 5.1: Statični sistem špirovca pri dvokapnici

5.1.2 Lastnosti materiala

V računih bom uporabil les iglavcev, trdnostnega razreda C24, s karakterističnimi lastnostmi:

- srednja vrednost modula elastičnosti

$$E_{0,\text{mean}} = 1100 \text{ kN/cm}^2.$$

Preglednica 5.1: Karakteristične in projektne trdnosti za izbrano vrsto lesa, glede na smer vlaken (vir www.fgg.uni-lj.si/kmlk/Drago/LK/2014_2015/Trdnostni_razredi_2008.pdf).

IGLAVCI razred C24		karakteristična trdnost [N/cm ²]	projektna trdnost [N/cm ²]			
			stalna P	dolgotrajna L	srednje dolga M	kratkotrajna S
upogibna trdnost	f_m	2400	1108	1292	1477	1662
natezna trdnost vzporedno z vlakni	$f_{t,0}$	1400	646	754	862	969
natezna trdnost pravokotno na vlakna	$f_{t,90}$	50	18	22	25	28
tlačna trdnost vzporedno z vlakni	$f_{c,0}$	2100	969	1131	1292	1454
tlačna trdnost pravokotno na vlakna	$f_{c,90}$	250	245	285	326	367
strižna trdnost	f_v	250	115	135	154	173

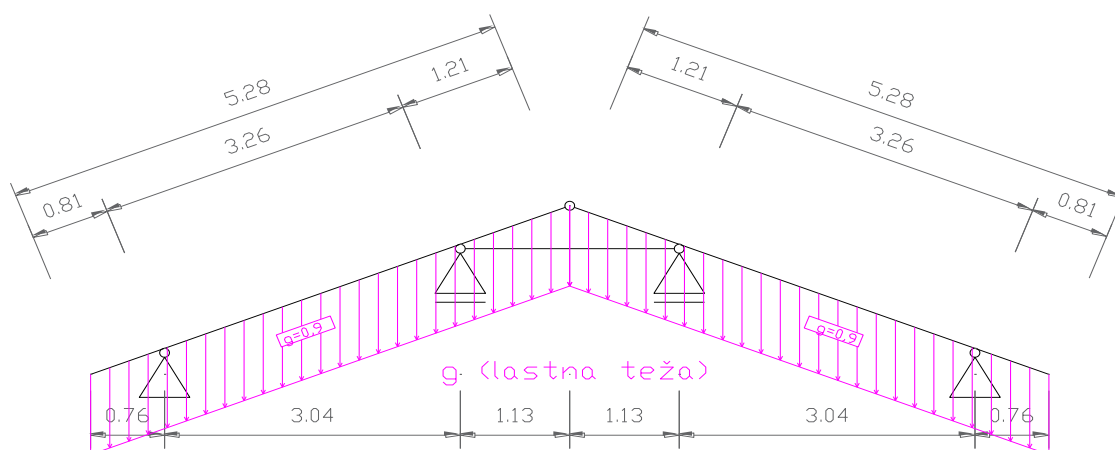
5.1.3 Obtežni primeri

Obtežbo, ki sem jo do sedaj določal na površino 1 m², bom pretvoril na m¹ špirovca.

Razdalja med špirovci e :

$$e = 0,97m$$

Lastna teža: OP1 ... g



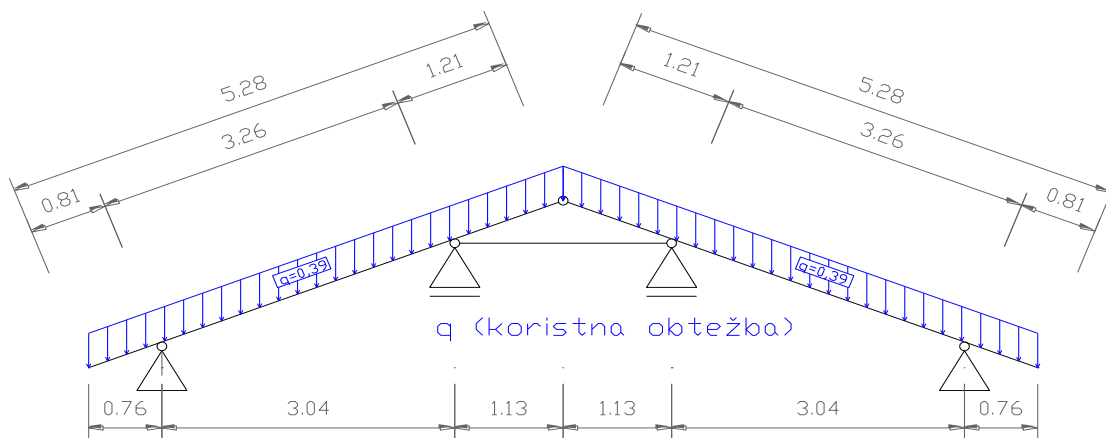
Slika 5.2: Obtežni primer - lastna teža

V lastni teži upoštevam vse kar je na konstrukciji stalno, vključno s konstrukcijo: strešniki, letve, opaž, špirovci, hidro izolacija, termo izolacija, obloge stropa...

$$g = 0,928kN/m^2 \times 0,97m = 0,90kN/m$$

Koristna obtežba: OP2 ... q

Občasno je potrebno na streho zaradi vzdrževanja, čiščenje dimnika, zamenjavo poškodovanega strešnika, obrob... Standard Evrokod zahteva upoštevanje tudi te obtežbe. Priporočena vrednost je $0,4\text{kN/m}^2$.

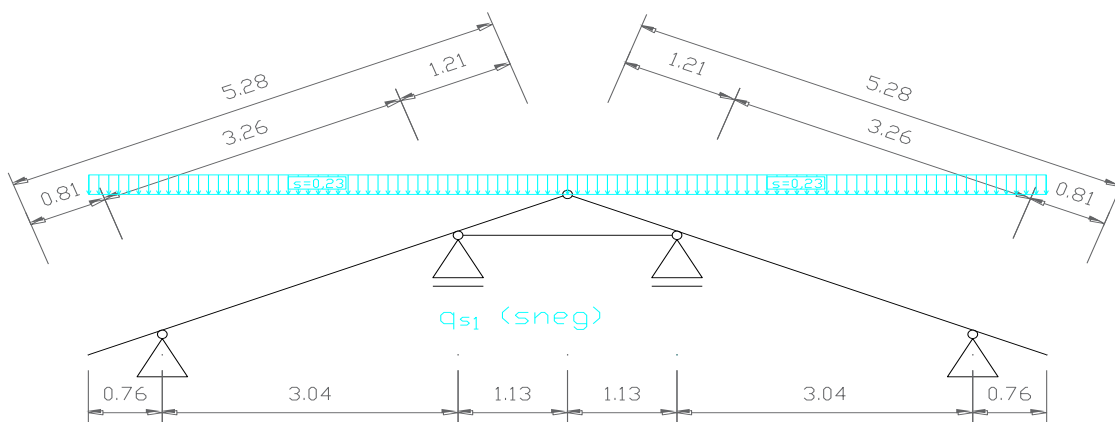


Slika 5.3: Obtežni primer - koristna obtežba

$$q = 0,4\text{kN/m}^2 \times 0,97\text{m} = 0,39\text{kN/m}$$

Obremenitev snega: OP3 ... q_{s1}

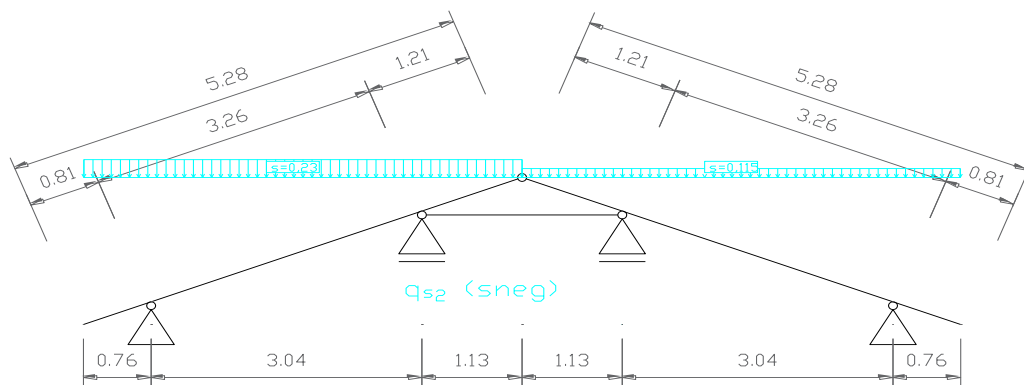
Sneg pada na tloris strehe, zato moramo tlorisno obtežbo razporediti na dolžino špirovca. V skladu s pravili iz Eurokoda, za vpliv snega na našo dvokapno streho, obravnavamo tri obtežne primere. Naprej preverimo celotno količino snega na obe strešini. V drugih dveh primerih, polno obremenimo eno strešino, medtem ko za drugo upoštevamo polovično vrednost.



Slika 5.4: Obtežni primer - sneg 1

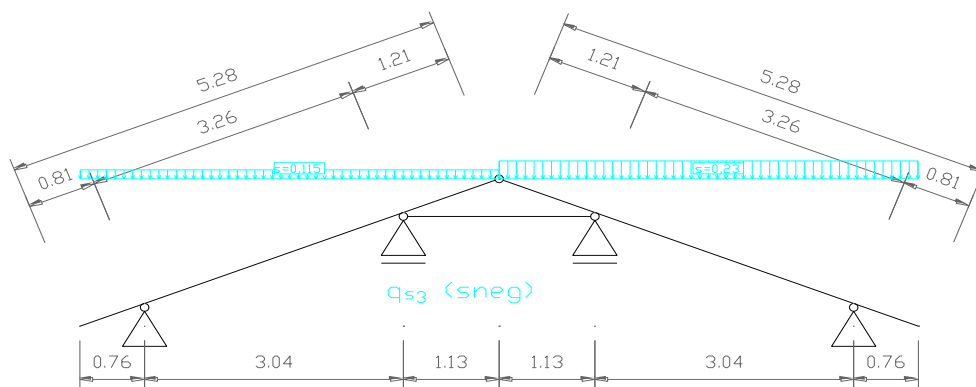
$$q_s = 0,24\text{kN/m}^2 \times 0,97\text{m} = 0,23\text{kN/m} \times \cos 21^\circ = 0,22\text{kN/m}$$

Obremenitev snega: OP4 ... q_{s2}



Slika 5.5: Obtežni primer - sneg 2

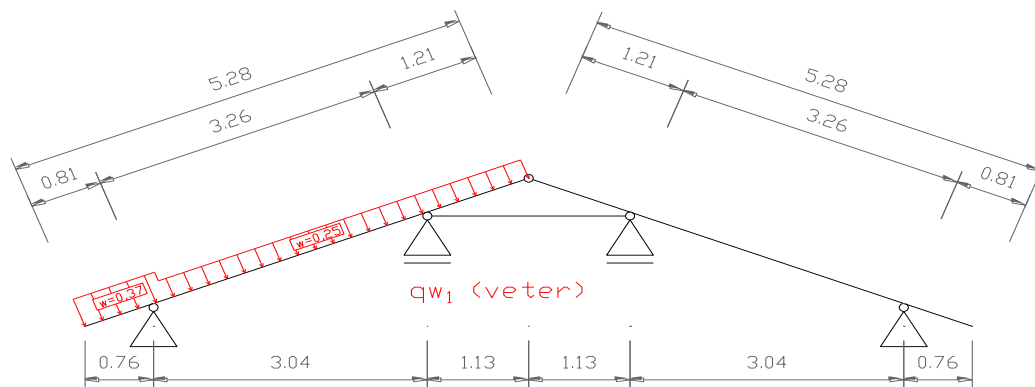
Obremenitev snega: OP5 ... q_{s3}



Slika 5.6: Obtežni primer - sneg 3

Obremenitev vetra: OP6 ... q_{w1}

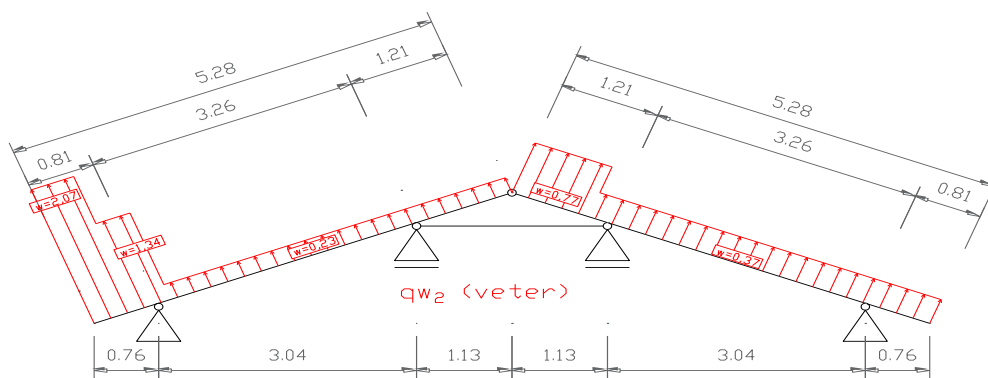
Za smer vetra $\theta = 0^\circ$ in kot nagiba strehe 21° se tlak na privetni strani lahko spreminja med pozitivno in negativno vrednostjo. Za take strehe je potrebno obravnavati štiri primere, kjer so največje ali najmanjše vrednosti za področja F, G in H kombinirane z največjimi in najmanjšimi vrednostmi v področjih I in J. Mešanje pozitivnih in negativnih vrednosti na isti strešini ni dovoljeno. Veter deluje vedno pravokotno na površino strehe. Za račun iščem vertikalno in horizontalno komponento.



Slika 5.7: Obtežni primer - veter 1 maksimalni tlaki

Obremenitev vetra: OP7 ... q_{w2}

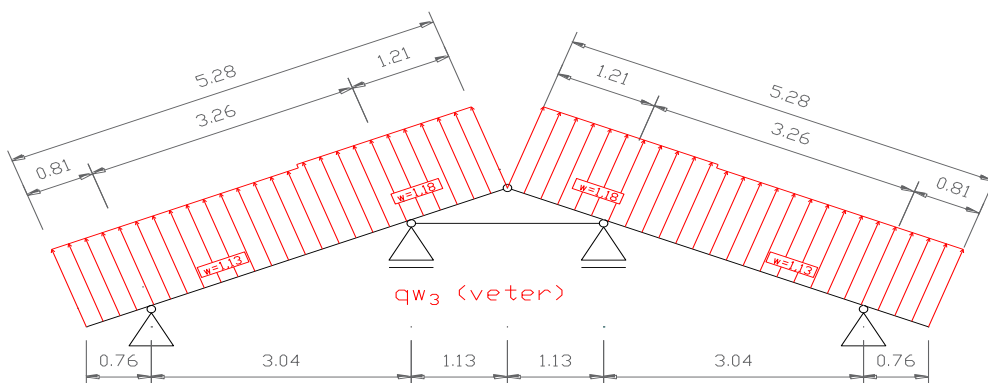
Srku na robu strehe prištejem še tlak pod napuščem, ker deluje v isto smer in ima neugoden vpliv.



Slika 5.8: Obtežni primer - veter 2. Največji srki na obeh strešinah

Obremenitev vetra: OP8 ... q_{w3}

Za smer vetra $\theta = 90^\circ$, je najbolj obremenjen drugi špirovec.



Slika 5.9: Obtežni primer - veter 3 največji srki na obeh strešinah

5.1.4 Obtežne kombinacije

Iz obtežnih primerov je potrebno preveriti vse možne obtežne kombinacije. Računske vrednosti zunanjih vplivov se določijo s pomočjo kombiniranja delujočih obtežb. V grobem jih delimo v dve skupini in sicer mejno stanje nosilnosti ali na kratko MSN in majno stanje uporabnosti ali na kratko MSU. Pri mejnem stanju nosilnosti konstrukcijo dimenzioniramo iz vidika varnosti, da se nam objekt ne poruši, zaradi česar so lahko ogrožena človeška življenja ali njegovo imetje. Iz tega razloga se tu pri obtežbi upoštevajo dokaj visoki varnostni faktorji. Ker pa je lahko konstrukcija, kljub temu, da se ne poruši, neuporabna za njen namen, kontroliramo še povese, razpoke ali vibracije, torej mejno stanje uporabnosti. Tu se varnostnih faktorjev praktično ne upošteva, oziroma je njihova vrednost običajno kar 1,0. Obtežne kombinacije določimo z upoštevanjem standarda SIST EN 1990.

Za mejno stanje nosilnosti v splošnem upoštevamo dve obtežni kombinaciji:

- osnovno obtežno kombinacijo
$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- nezgodno obtežno kombinacijo
$$\sum \gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_A \cdot A_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Preglednica 5-2: Kombinacije obtežb na dvokapnici za mejno stanje nosilnosti.

MSN - mejno stanje nosilnosti																						
OK	G		Q		Q _{s1}			Q _{s2}			Q _{s3}			Q _{w1}			Q _{w2}			Q _{w3}		
	γ _g	g	γ _q	q	γ _q	ψ ₀	q _{s1}	γ _q	ψ ₀	q _{s2}	γ _q	ψ ₀	q _{s3}	γ _q	ψ ₀	q _{w1}	γ _q	ψ ₀	q _{w2}	γ _q	ψ ₀	q _{w3}
1	1,35	g																				
2	1,35	g	1,5	q																		
3	1,35	g			1,5		q _{s1}															
4	1,35	g						1,5		q _{s2}												
5	1,35	g									1,5		q _{s3}									
6	1,35	g												1,5		q _{w1}						
7	1,00	g															1,5		q _{w2}			
8	1,00	g																		1,5		q _{w3}
9	1,35	g	1,5	q	1,5	0,6	q _{s1}															
10	1,35	g	1,5	q				1,5	0,6	q _{s2}												
11	1,35	g	1,5	q							1,5	0,6	q _{s3}									
12	1,35	g	1,5	q										1,5	0,6	q _{w1}						
13	1,35	g			1,5		q _{s1}							1,5	0,6	q _{w1}						
14	1,35	g						1,5		q _{s2}				1,5	0,6	q _{w1}						
15	1,35	g									1,5		q _{s3}	1,5	0,6	q _{w1}						
16	1,35	g			1,5	0,6	q _{s1}							1,5		q _{w1}						
17	1,35	g						1,5	0,6	q _{s2}				1,5		q _{w1}						
18	1,35	g									1,5	0,6	q _{s3}	1,5		q _{w1}						
19	1,35	g	1,5	q	1,5	0,6	q _{s1}							1,5	0,6	q _{w1}						
20	1,35	g	1,5	q				1,5	0,6	q _{s2}				1,5	0,6	q _{w1}						
21	1,35	g	1,5	q							1,5	0,6	q _{s3}	1,5	0,6	q _{w1}						

Za mejno stanje uporabnosti v splošnem upoštevamo naslednje obtežne kombinacije:

- redka obtežna kombinacija $\sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$
- pogosta obtežna kombinacija $\sum G_{k,j} + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$
- navidezno stalna obtežna kombinacija $\sum G_{k,j} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

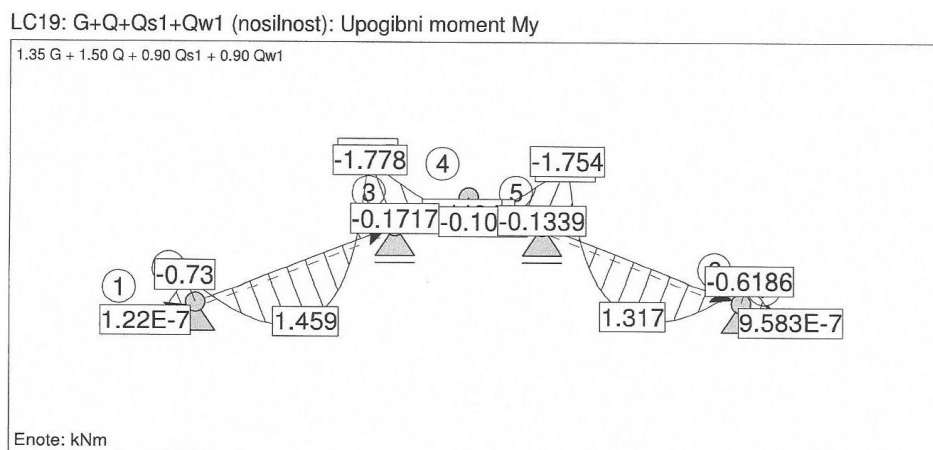
Preglednica 5.3: Kombinacije obtežb na dvokapnici za mejno stanje uporabnosti

MSU - mejno stanje uporabnosti																						
OK	G		Q		Q _{s1}			Q _{s2}			Q _{s3}			Q _{w1}			Q _{w2}			Q _{w3}		
	γ _g	g	γ _q	q	γ _q	ψ ₀	q _{s1}	γ _q	ψ ₀	q _{s2}	γ _q	ψ ₀	q _{s3}	γ _q	ψ ₀	q _{w1}	γ _q	ψ ₀	q _{w2}	γ _q	ψ ₀	q _{w3}
22	1,0	g																				
23	1,0	g	1,0	q																		
24	1,0	g			1,0		q _{s1}															
25	1,0	g						1,0		q _{s2}												
26	1,0	g									1,0		q _{s3}									
27	1,0	g												1,0		q _{w1}						
28	1,0	g															1,0		q _{w2}			
29	1,0	g																		1,0		q _{w3}
30	1,0	g	1,0	q	1,0	0,6	q _{s1}															
31	1,0	g	1,0	q				1,0	0,6	q _{s2}												
32	1,0	g	1,0	q							1,0	0,6	q _{s3}									
33	1,0	g	1,0	q										1,0	0,6	q _{w1}						
34	1,0	g			1,0		q _{s1}							1,0	0,6	q _{w1}						
35	1,0	g						1,0		q _{s2}				1,0	0,6	q _{w1}						
36	1,0	g									1,0		q _{s3}	1,0	0,6	q _{w1}						
37	1,0	g			1,0	0,6	q _{s1}							1,0		q _{w1}						
38	1,0	g						1,0	0,6	q _{s2}				1,0		q _{w1}						
39	1,0	g									1,0	0,6	q _{s3}	1,0		q _{w1}						
40	1,0	g	1,0	q	1,0	0,6	q _{s1}							1,0	0,6	q _{w1}						
41	1,0	g	1,0	q				1,0	0,6	q _{s2}				1,0	0,6	q _{w1}						
42	1,0	g	1,0	q							1,0	0,6	q _{s3}	1,0	0,6	q _{w1}						

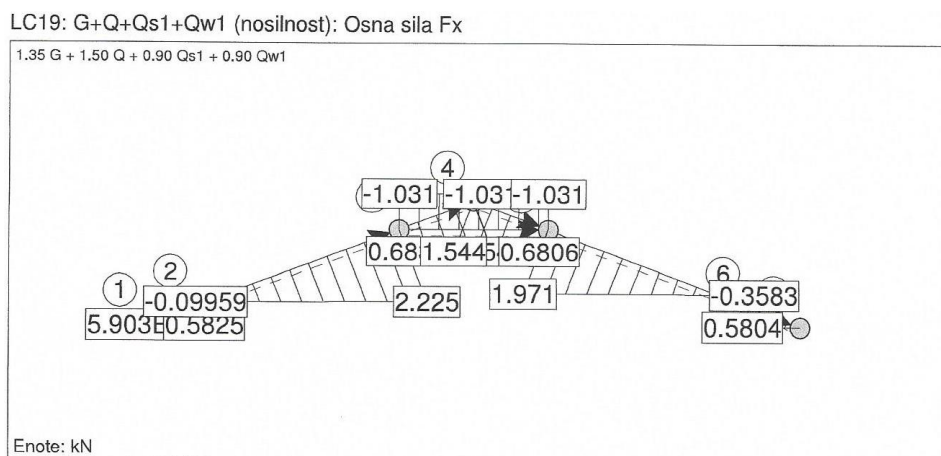
5.1.5 Statični izračun s pomočjo računalniškega programa: AMSES frame 2D

V program vrišem geometrijo, določim podpore, prereze ter material elementov. Preidem na podajanje obtežnih primerov in kombinacij, nato dam ukaz preračunaj in program mi preračuna notranje statične količine, ter izriše diagrame notranjih napetosti za posamezne obtežne kombinacije.

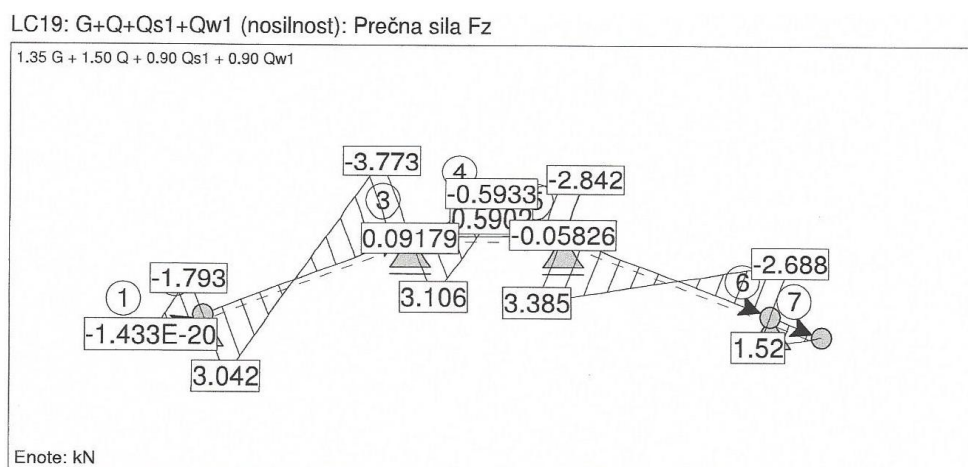
Izkaže se, da je merodajna obtežna kombinacija OK19, ki nam da maksimalne upogibne momente tako v polju, kot nad podporo. Prav tako nam da maksimalne prečne in tudi osne sile.



Slika 5.10: Maksimalni upogibni momenti v [kNm]



Slika 5.11: Maksimalne osne sile v [kN]



Slika 5.12: Maksimalne prečne sile v [kN]

5.1.6 Dimenzioniranje špirovca

Izbira začetnega prereza

Glede na največji izračunani moment $M_{d,max}$ na špirovec, iščemo pravokotni prerez, ki ima večji odpornostni moment W od potrebnega.

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{d,max}}{W} = \frac{M_{d,max}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} \leq f_{m,d}$$

$$M_{d,max} = 1,778kNm = 177,8kNcm$$

Največji odpornostni moment prereza dobimo, kadar je razmerje:

$$h/b = \sqrt{2} \Leftrightarrow W_{max}$$

$$b \geq \sqrt[3]{\frac{3 \cdot M_{d,max}}{f_{m,d}}} \geq \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 177,8}{1,662}} \geq 6,85cm$$

$$h = b \cdot \sqrt{2} = 6,85 \cdot \sqrt{2} = 9,68cm$$

Lahko bi izbral začetni prerez $b/h = 8/10$, vendar se odločim bolj konzervativno in zberem začetni prerez špirovca $b/h = 10/14$ cm.

Zasek špirovca

Ker je tlačna trdnost lesa pravokotno na vlakna manjša, kot v smeri vlaken, je merodajna kontaktna površina na nosilcu.

$$f_{c,90,d} = 173N/cm^2$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,max}}{a \cdot b} \leq f_{c,90,d} \Rightarrow a \geq \frac{F_{c,max}}{f_{c,90,d} \cdot b}$$

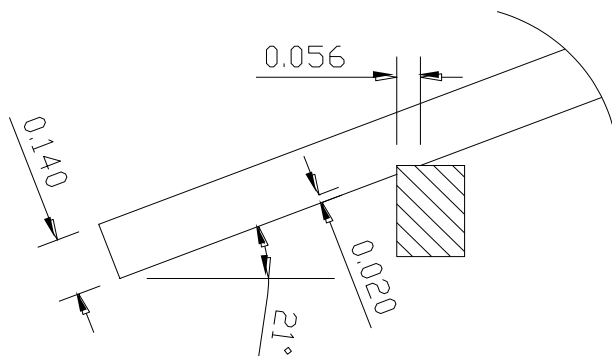
$F_{c,max}$ je največja sila na podporo, po velikosti je enaka kot reakcija na podpori.

$$F_{c,max} = 7,07kN$$

$$a \geq \frac{7,07}{0,173 \cdot 10} \geq 4,09cm$$

$$t = \sin \alpha \cdot a = \sin 21 \cdot 4,09 = 1,46 \text{ cm} \leq \frac{h}{4} = \frac{14}{4} = 3,5 \text{ cm}$$

Kljub temu, da bi bil lahko zasek nekoliko manjši, se zaradi majhnega naklona špirovca, odločim za globino zaseka $t = 2 \text{ cm}$, sledi da je $a = 5,6 \text{ cm}$.



Slika 5.13: Dimenzije zaseka špirovca

Upogib z natezno osno silo OK19

Kontrolo za upogib izvedemo na stiku špirovca z vmesnim nosilcem, kjer so bili ugotovljeni največji upogibni momenti.

$$M_{d,\max} = 1,778 \text{ kNm} = 177,8 \text{ kNcm}$$

$$N_{d,\text{prip}} = 2,225 \text{ kN}$$

$$f_{t,0,d} = 0,969 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{m,d} = 1662 \text{ kN/cm}^2$$

$$h_{\text{net}} = h - t = 14 - 2 = 12 \text{ cm}$$

$$A_{\text{net}} = b \cdot h_{\text{net}} = 10 \cdot 12 = 120 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{d,\text{prip}}}{A_{\text{net}}} = \frac{2,225}{120} = 0,0185 \text{ kN/cm}^2$$

$$W_{\text{net}} = \frac{b \cdot h_{\text{net}}^2}{6} = \frac{10 \cdot 12^2}{6} = 240 \text{ cm}^3$$

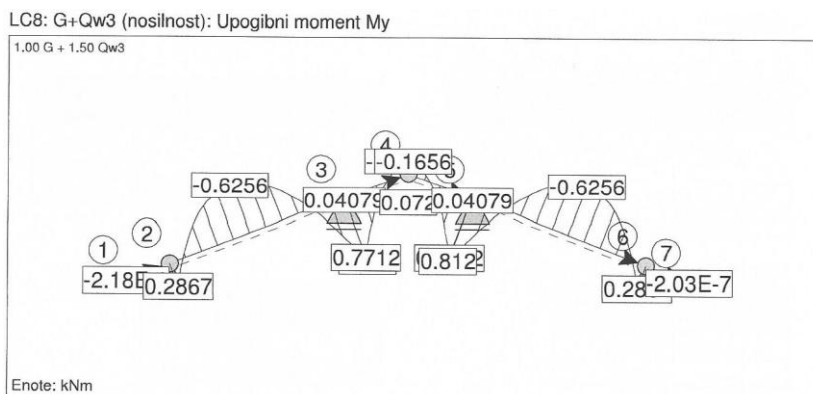
$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{d,\max}}{W_{net}} = \frac{177,8}{240} = 0,741 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0 \dots \text{pogoj}$$

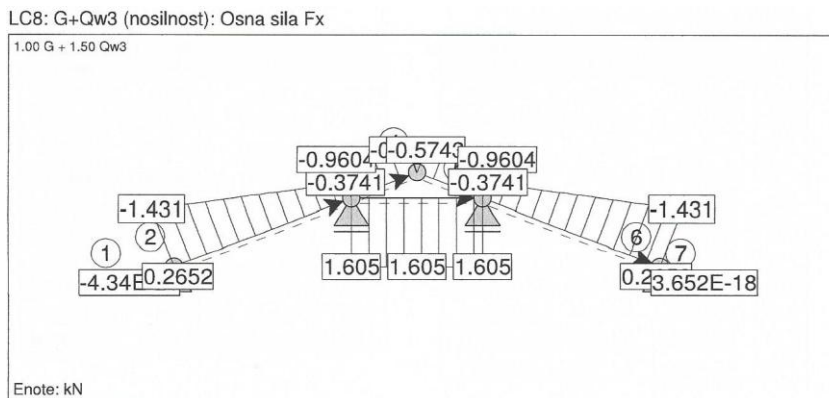
$$\frac{0,0185}{0,969} + \frac{0,741}{1,662} = 0,46 \leq 1,0 \dots \text{pogoju je zadoščeno}$$

Upogib z tlačno osno silo (OK8)

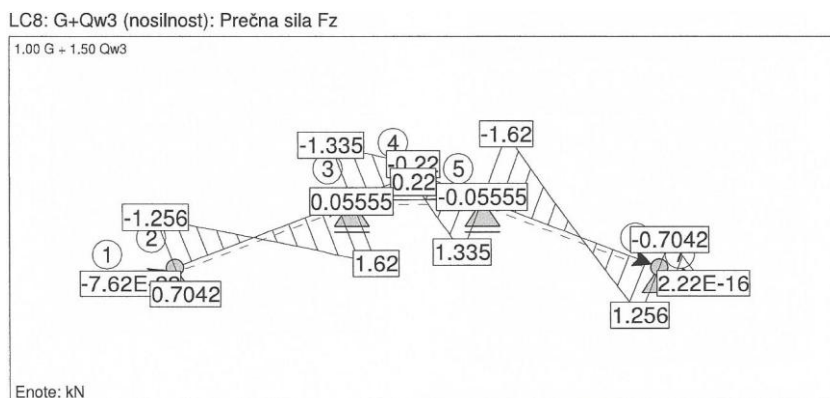
V situaciji, kjer je na obravnavani konstrukciji upogib maksimalen, tlačne osne sile ne nastopajo. Tlačna osna sila na obravnavanem špirovcu nastane, pri obtežni kombinaciji OK8, ko upoštevam zgolj največje srke vetra in ugodno deluje le lastna teža. Najmočneje je tako obremenjen drugi špirovec, ko piha veter vzporedno s slemenom. Kontrolo za upogib izvedem na stiku špirovca s kapnim nosilcem, kjer so bili gotovljene največje tlačne osne sile.



Slika 5.14: Diagram upogibnih momentov (OK8)



Slika 5.15: Diagram osnih sil v (OK8)



Slika 5.16: Diagram prečnih sil v (OK8)

$$N_{d,\max} = 0,96kN$$

$$M_{d,príp} = 0,812kNm = 81,2kNcm$$

$$f_{c,0,d} = 1,454kN/cm^2$$

$$f_{m,d} = 1,662kN/cm^2$$

$$f_{c,0,k} = 2,1kN/cm^2$$

$$E_{0,05} = 740kN/cm^2$$

$$\beta_c = 0,2$$

$$l_{uz} = 326cm$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{d,\max}}{A_{net}} = \frac{0,96}{120} = 0,008kN/cm^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{d,príp}}{W_{net}} = \frac{81,2}{240} = 0,338kN/cm^2$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{h_{net}^2}{12}} = \sqrt{\frac{12^2}{12}} = 3,46cm$$

$$\lambda_z = \frac{l_{uz}}{i_z} = \frac{0,9 \cdot 326}{3,46} = 84,8$$

$$\sigma_{crit,z} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \frac{\pi^2 \cdot 740}{84,8^2} = 1,016 \text{ kN/cm}^2$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{crit,z}}} = \sqrt{\frac{2,1}{1,016}} = 1,438$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (1,438 - 0,5) + 1,438^2) = 1,6278$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z \cdot \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,6278 \cdot \sqrt{1,6278^2 - 1,438^2}} = 0,805$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,z} = 1,56 - 0,75 \cdot 1,438 = 0,4815$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 \leq 1,0 \dots \text{pogoj}$$

$$\frac{0,008}{0,805 \cdot 1,454} + \left(\frac{0,338}{0,4815 \cdot 1,662} \right)^2 = 0,185 \leq 1,0 \dots \text{pogoju je zadoščeno}$$

Strig (OK19)

Tudi za strig je merodajna OK19. Največja prečna sila se pojavi v stiku špirovca z vmesno lego.

$$V_{d,\max} = 3,773 \text{ kN}$$

$$f_{v,d} = 0,173 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 10 = 6,7 \text{ cm}$$

$$k_{cr} = 0,67 \dots$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{d,\max}}{2 \cdot b_{ef} \cdot h} \leq f_{v,d} \dots \text{pogoj}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot 3,773}{2 \cdot 6,7 \cdot 14} = 0,06 \leq 0,173 \text{ kN/cm}^2 \dots \text{ pogoju je zadoščeno}$$

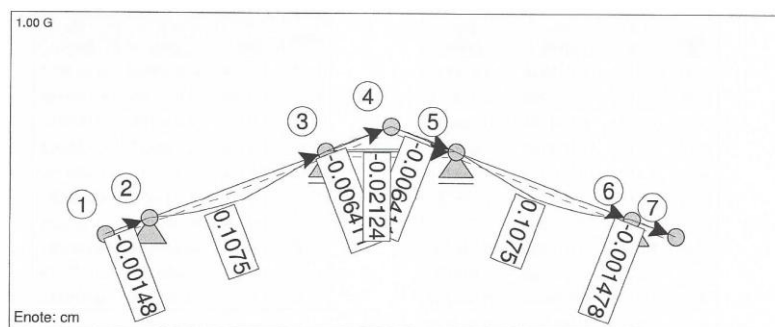
Mejno stanje uporabnosti (MSU), kontrola povesa

Pri projektiranju lesenih konstrukcij po Evrokod standardih je potrebno, poleg napetostnim kriterijem, zadovoljiti tudi eksploatacijskim pogojem. To pomeni, da v času svoje življenjske dobe obravnavan konstrukcijski element zadrži tudi svoj uporabnostni vidik. Konstrukcija mora zadostiti dvema uporabnostnima kriterijema. Prvi je ta, da deformacije ali povesi, ki vplivajo na uporabnost in izgled konstrukcijskega elementa, ne smejo presegati neke predpisane vrednosti. Prav tako vibracije, ki bi lahko povzročile nelagodnost bivanja ali oteževale obratovanje konstrukcije, morajo biti v predpisanih mejah. Pomiki so običajno največji na sredini med dvema podporama. Pri konzolah jih kontroliramo na koncu konzole. Pomiki ne vplivajo na varnost življenja ljudi in njihovega premoženje, zato se varnostnih faktorjev na strani obtežbe ne upošteva, oziroma imajo vrednost kar 1,0.

Obravnavam pomik špirovca med kapno in vmesno lego. Dolžina razpona pri obravnavanem špirovcu znaša 326cm. Pomik obravnavam dvostopenjsko, najprej začetne pomike, nato še pomike ob koncu življenjske dobe konstrukcije.

Začetni pomiki:

Pomiki zaradi stalne obtežbe - w_g :



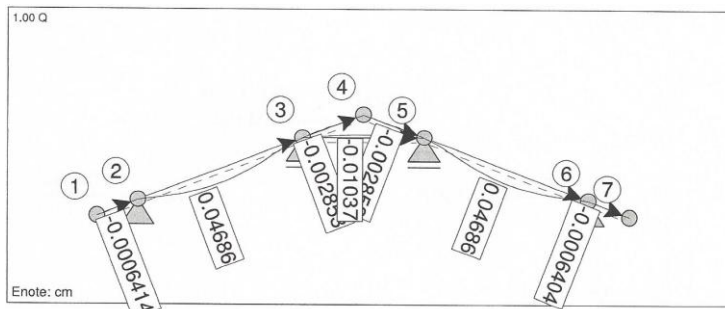
Slika 5.17: Diagram začetnih pomikov zaradi lastne teže

$$w_{inst,G} = 0,1075 \text{ cm}$$

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 0,1075 \cdot (1 + 0,80) = 0,1935 \text{ cm}$$

$$k_{def} = 0,80 \dots \text{ koeficient lezenja}$$

Pomiki zaradi koristne obtežbe - w_q :



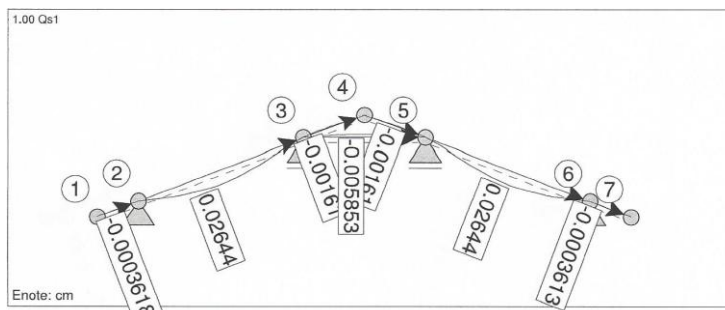
Slika 5.18: Diagram začetnih pomikov zaradi koristne obtežbe

$$w_{inst,Q} = 0,04686\text{cm}$$

$$w_{fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q}) = 0,04686 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,30) = 0,0581\text{cm}$$

$$\psi_{2,Q} = 0,30$$

Pomiki zaradi teže snega - w_s :



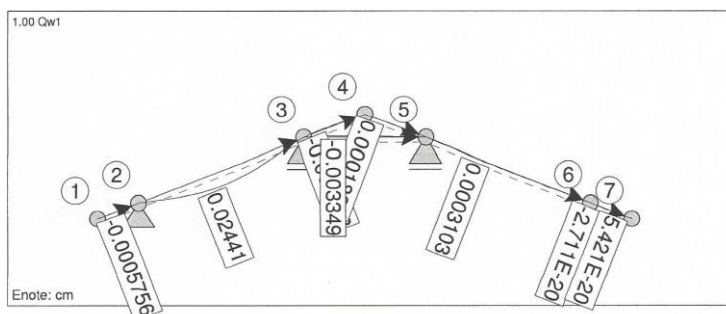
Slika 5.19: Diagram začetnih pomikov zaradi teže snega

$$w_{inst,Q_s} = 0,02644\text{cm}$$

$$w_{fin,Q_s} = w_{inst,Q_s} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q_s}) = 0,02644 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,0) = 0,02644\text{cm}$$

$$\psi_{2,Q_s} = 0,0$$

Pomiki zaradi obremenitve vetra - w_w :



Slika 5.20: Diagram začetnih pomikov zaradi obremenitve vetra

$$w_{inst,Q_w} = 0,02441\text{cm}$$

$$w_{fin,Q_w} = w_{inst,Q_w} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q_w}) = 0,02441 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,0) = 0,02441\text{cm}$$

$$\psi_{2,Q_w} = 0,0$$

Pomiki skupaj:

$$w_{inst} \leq \frac{l}{300} \dots \text{pogoj}$$

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} + w_{inst,Q_s} + w_{inst,Q_w} = 0,1075 + 0,04686 + 0,02644 + 0,02441$$

$$w_{inst} = 0,205\text{cm} \leq \frac{326}{300} = 1,087\text{cm}$$

$$w_{fin} \leq \frac{l}{250} \dots \text{pogoj}$$

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q} + w_{fin,Q_s} + w_{fin,Q_w} = 0,1935 + 0,0581 + 0,02644 + 0,02441$$

$$w_{fin} = 0,302\text{cm} \leq \frac{326}{250} = 1,304\text{cm}$$

Zaključni sklep glede dimenzioniranja špirovca

Izbrana dimenzija špirovca 10/14 cm je nekoliko bolj konzervativna, saj se je pri vseh kontrolah izkazalo, da je prerez slabo izkoriščen. Zaradi vizualnega razloga sem izbral sem večji prerez od potrebnega. Verjetno bi bil dovolj že prerez 8/12 cm.

Ocenjujem, da so obtežbe na obravnavani objekt veliko manjše, kakor bi bile v primeru gradnje v osrednji Sloveniji. Sneg na obravnavani lokaciji ni pogost pojav. Kadar zapade, je količina snega

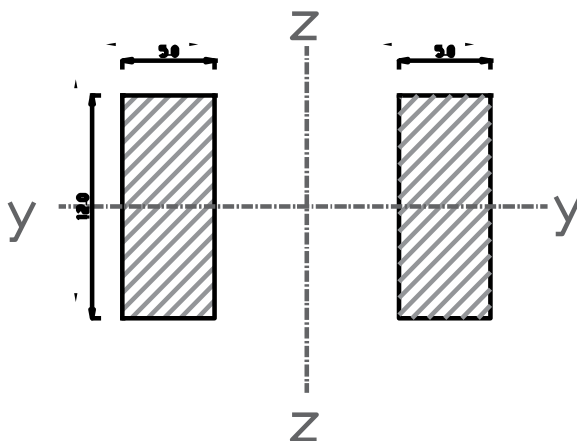
majhna, predvsem pa je ta obremenitev tudi kratkotrajna. Pričakoval sem mnogo večjo vetrovno obremenitev, saj gre za Vipavsko dolino, vendar tudi ta vpliv špirovcev ne obremenjuje preveč. Prišel sem do spoznanja, da majhen nagib strehe povzroča velike srke na strehi in v večini primerov deluje ugodno. Pozitivni tlaki, ki dejansko obremenjujejo špirovce, pa so relativno majhni. Zaradi močnih srkov bom pri gradnji posvetil veliko pozornosti pritrjevanju elementov strehe. Pri dveh obtežnih primerih se izkaže, da srk vetra preseže lastno težo strehe, saj so reakcije špirovca nad podporo v skrajnih primerih usmerjene proti dol, v velikosti do 1,8 kN. Z najmanj tolikšno silo bom špirovce sidral v lego. Še posebno sta obremenjena krajna dva špirovca, saj je na tem delu strehe obremenitev s srkom največja. Enako pozornost pa bom posvetil tudi pritrjevanju ostalih delov strehe.

Staroselci se negativnega tlaka vetra že dolgo zavedajo in se s posebnim načinom gradnje proti temu tudi dokaj uspešno borijo. Značilnost primorskih hiš so majhni napušči. V nalogi sem upošteval, da je pritisk vetra na napušč takšen, kot je pritisk na steno pod napuščem. Če temu pritisku prištejemo še srk na strehi, ki je ob robovih največji, pride do velikih sil vetra, ki lahko povzročijo precejšnje gmotno škodo. Poleg majhnih napuščev so značilnost primorskih hiš tudi blagi nagibi streh. Zime so tukaj mile skoraj brez snega, zato nagibi kot na alpskih hišah tu res niso potrebni. Mnogi domačini so pred orkansko burjo, streho zavarovali preprosto tako, da so namesto lesenega ostrešja, kar zabetonirali armirano betonsko ploščo v blagem nagibu, zgoraj so položili, za primorsko okolje značilno opečno kritino korce, kar na malto. Še bolj zanimive pa so strehe v Vipavski dolini in po Krasu, kjer si domačini streho obtežijo s kamenjem. Razlog polaganja kamenja na streho, je želja doseči večjo težo opeke in kamenja, kot pa je srk vetra. Kamenja je bilo v teh krajih vedno na pretek. Naklon strehe je moral biti majhen, drugače bi se kamenje kotalilo dol. Rešitev je zelo preprosta in očitno deluje.

5.1.7 Dimenzioniranje škarnika

Škarje se nahajajo na nivoju vmesne lege. S svojim delovanjem ujamejo horizontalno reakcijo vmesnih leg, ki jo povzročajo pari špirovcev. Za izračun privzamemo, da na škarje deluje natezna osna sila ali tlačna osna sila, kot posledica reakcije vmesnih leg, prečno silo in upogibni moment pa povzroča lastna teža.

Karakteristike prereza



Slika 5.21: Škarnik v prerezu

Izberem škarnik: $2 \times 5/12$ cm

$$A = b \cdot h = 10 \cdot 12 = 120 \text{ cm}^2$$

$$f_{t,0,d} = 0,969 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 1,454 \text{ kN/cm}^2$$

Notranje statične količine škarnika

$$N_{d,\max} = 2,338 \text{ kN} \quad \dots \text{ tlak}$$

$$N_{d,\max} = 1,754 \text{ kN} \quad \dots \text{ nateg}$$

$$M_{d,\max} = 0,1881 \text{ kNm} = 18,81 \text{ kNcm}$$

$$V_{d,\max} = 0,1086 \text{ kN}$$

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{d,\max}}{A} = \frac{1,754}{120} = 0,0146 \text{ kN/cm}^2 \leq 0,969 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{d,\max}}{A} = \frac{2,338}{120} = 0,0195 \text{ kN/cm}^2 \leq 1,454 \text{ kN/cm}^2$$

5.1.8 Dimenzioniranje leg

Na dvokapnici ima obravnavana streha dve kapni legi in dve vmesni legi. Za vse lege izberem enak prerez, zato dimenzioniram samo najbolj obremenjeno lego, za ostale pa zgolj ugotovim, da prenesejo pričakovane obremenitve.

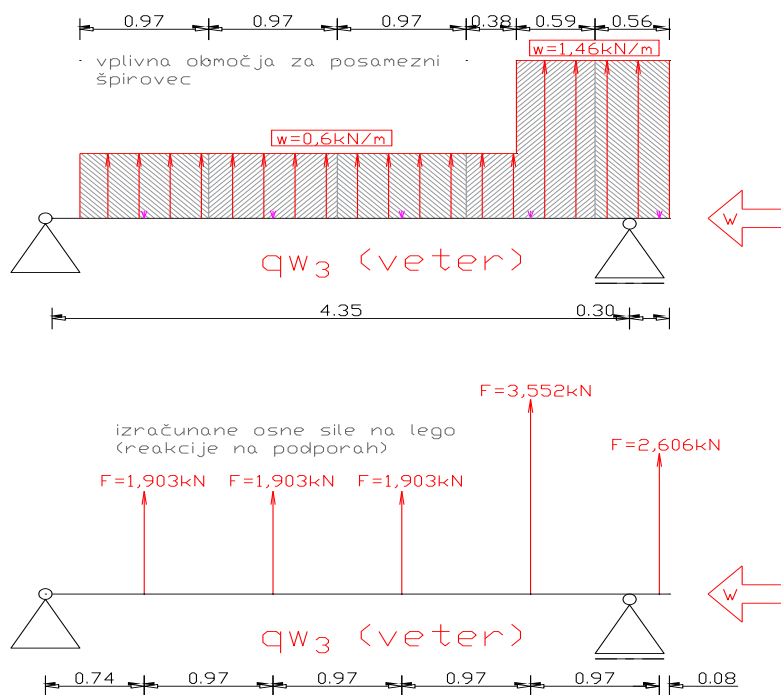
Kapne lege ležijo na zunanjih zidovih, torej so linijsko podprte po celi dolžini, razen na previsu. Zaradi negativnih tlakov, ki jih povzroča veter, se lege na zidovih sidra prek navojnih palic M16 v vertikalne vezi.

Vmesne lege ležijo na prečnih nosilnih zidovih, ki so med seboj razmaknjeni 4 m in 4,4 m. Previs je minimalen, znaša samo 0,3 m. Ker je dolžina 8,7 m prevelika, da bi potekala lega kontinuirno čez dva polja s previsom, obravnavam lego kot dva prosto ležeča nosilca. Eden je dolžine 4 m brez previsa,

drugi pa skupaj s previsom 4,7 m. Ker je le ta merodajen, bom dimenzioniral tega. Na lego deluje zunanja obtežba, ki se prenaša preko špirovcev, v obliki točkovnih sil. Točkovne sile so pravzaprav reakcije, zaradi delovanja špirovcev na podporo, ki sem jih izračunal že pri preračunu špirovcev.

Obtežni primeri

Ponovno uporabim obtežne primere (od OP1, do OP8 iz točke: 5.1.3 Obtežni primeri), ki delujejo na streho. V poštev pridejo, primeri g , q , s_1 , s_2 , s_3 , w_1 in seveda w_2 ter w_3 , ki delujeta v nasprotno smer. Vpliv vetra w_3 deluje na previsu in nam morda daje večje momente v polju. Obtežni primer w_3 sem, zaradi njegove specifičnosti, posebej predstavil v nadaljevanju. Na previsu leži končni špirovec, na katerega odpade le nekaj več kot polovica obtežbe, to upoštevam s faktorjem 0,56. Za posamezne obtežne primere, dobim reakcije špirovcev, ki jih v nadaljnjih računih uporabim kot točkovne sile. Zaradi škarnikov, so te reakcije zgolj v vertikalni smeri.



Slika 5.22: Shematski prikaz, kako vpliva srk vetra preko posameznih špirovcev na lego

Lastna teža:

lega 14/20 cm: $0,14 \text{ m} \times 0,02 \text{ m} = 0,028 \text{ m}^3 \times 4,2 \text{ kN/m}^3 = 0,1176 \text{ kN/m}$

Lastna teža lege q_l je linijska obtežba in jo obravnavam posebej.

Škarnik: $2 \times 5/12 \text{ cm}$, $L=2,63\text{m}$: $0,10 \text{ m} \times 0,12 \text{ m} \times 0,5 \times 2,63 \text{ m} = 0,016 \text{ m}^3 \times 4,2 \text{ kN/m}^3 = 0,066 \text{ kN}$

Težo škarnikov upoštevam kot točkovna sila in jo priključim stalni obtežbi q , ki se preko špirovcev prenaša na lego.

Točkovne obtežbe na lego

Preglednica 5.4: Velikosti sil, ki se prenašajo na lego preko posameznih špirovcev.

VRSTA OBTEŽBE	SILE KI SE PRENAŠAJO NA LEGO PREKO ŠPIROVCA				
	<i>F1</i>	<i>F2</i>	<i>F3</i>	<i>F4</i>	<i>F5</i>
<i>g</i>	2,936	2,936	2,936	2,936	1,673
<i>q</i>	1,218	1,218	1,218	1,218	0,682
<i>s₁</i>	0,687	0,687	0,687	0,687	0,384
<i>s₂</i>	0,691	0,691	0,691	0,691	0,387
<i>s₃</i>	0,339	0,339	0,339	0,339	0,190
<i>w₁</i>	0,776	0,776	0,776	0,776	0,434
<i>w₂</i>	-0,328	-0,328	-0,328	-0,328	-0,184
<i>w₃</i>	-1,903	-1,903	-1,903	-3,552	-2,606

Obtežne kombinacije

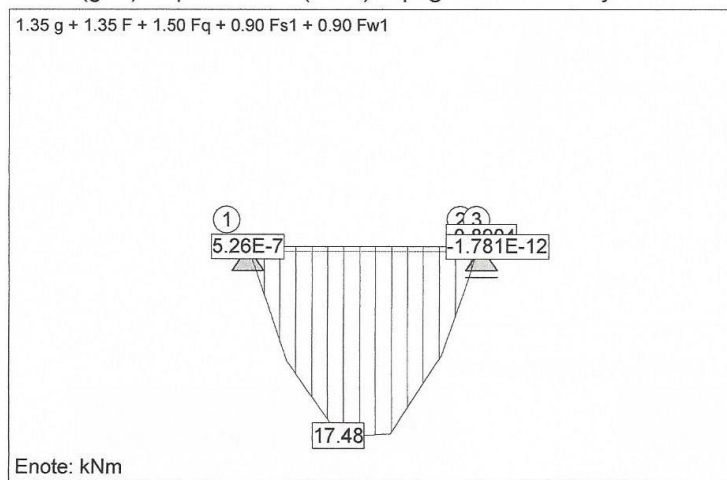
Preglednica 5.5: Kombinacije obtežb na dvokapnici za mejno stanje nosilnosti

MSN - mejno stanje nosilnosti																						
OK	<i>G</i>		<i>F_q</i>		<i>F_{s1}</i>			<i>F_{s2}</i>			<i>F_{s3}</i>			<i>F_{w1}</i>			<i>F_{w2}</i>			<i>F_{w3}</i>		
	γ_g	<i>g</i>	γ_q	<i>q</i>	γ_q	ψ_0	<i>q_{s1}</i>	γ_q	ψ_0	<i>q_{s2}</i>	γ_q	ψ_0	<i>q_{s3}</i>	γ_q	ψ_0	<i>q_{w1}</i>	γ_q	ψ_0	<i>q_{w2}</i>	γ_q	ψ_0	<i>q_{w3}</i>
1	1,35	<i>g</i>																				
2	1,35	<i>g</i>	1,5	<i>q</i>																		
3	1,35	<i>g</i>			1,5		<i>q_{s1}</i>															
4	1,35	<i>g</i>						1,5		<i>q_{s2}</i>												
5	1,35	<i>g</i>									1,5		<i>q_{s3}</i>									
6	1,35	<i>g</i>												1,5		<i>q_{w1}</i>						
7	1,00	<i>g</i>															1,5		<i>q_{w2}</i>			
8	1,00	<i>g</i>																		1,5		<i>q_{w3}</i>
9	1,35	<i>g</i>	1,5	<i>q</i>	1,5	0,6	<i>q_{s1}</i>															
10	1,35	<i>g</i>	1,5	<i>q</i>				1,5	0,6	<i>q_{s2}</i>												
11	1,35	<i>g</i>	1,5	<i>q</i>							1,5	0,6	<i>q_{s3}</i>									
12	1,35	<i>g</i>	1,5	<i>q</i>										1,5	0,6	<i>q_{w1}</i>						
13	1,35	<i>g</i>			1,5		<i>q_{s1}</i>							1,5	0,6	<i>q_{w1}</i>						
14	1,35	<i>g</i>						1,5		<i>q_{s2}</i>				1,5	0,6	<i>q_{w1}</i>						
15	1,35	<i>g</i>									1,5		<i>q_{s3}</i>	1,5	0,6	<i>q_{w1}</i>						
16	1,35	<i>g</i>			1,5	0,6	<i>q_{s1}</i>							1,5		<i>q_{w1}</i>						
17	1,35	<i>g</i>						1,5	0,6	<i>q_{s2}</i>				1,5		<i>q_{w1}</i>						
18	1,35	<i>g</i>									1,5	0,6	<i>q_{s3}</i>	1,5		<i>q_{w1}</i>						
19	1,35	<i>g</i>	1,5	<i>q</i>	1,5	0,6	<i>q_{s1}</i>							1,5	0,6	<i>q_{w1}</i>						
20	1,35	<i>g</i>	1,5	<i>q</i>				1,5	0,6	<i>q_{s2}</i>				1,5	0,6	<i>q_{w1}</i>						
21	1,35	<i>g</i>	1,5	<i>q</i>							1,5	0,6	<i>q_{s3}</i>	1,5	0,6	<i>q_{w1}</i>						

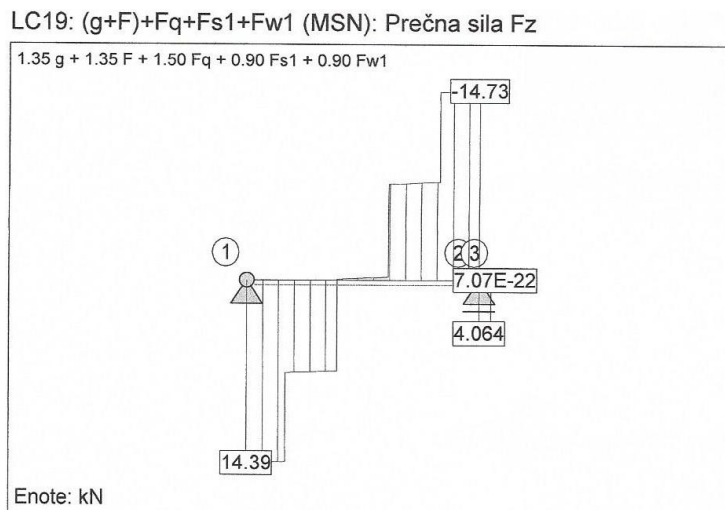
Preglednica 5.6: Kombinacije obtežb na dvokapnici za mejno stanje uporabnosti

MSU - mejno stanje uporabnosti																							
OK	G		F _q		F _{s1}			F _{s2}			F _{s3}			F _{w1}			F _{w2}			F _{w3}			
	γ _g	g	γ _q	q	γ _q	ψ ₀	q _{s1}	γ _q	γ _g	g	γ _q	q	γ _q	ψ ₀	q _{s1}	γ _q	γ _g	g	γ _q	q	γ _q	ψ ₀	
22	1,0	g																					
23	1,0	g	1,0	q																			
24	1,0	g			1,0		q _{s1}																
25	1,0	g						1,0		q _{s2}													
26	1,0	g									1,0	q _{s3}											
27	1,0	g											1,0		q _{w1}								
28	1,0	g														1,0		q _{w2}					
29	1,0	g																	1,0		q _{w3}		
30	1,0	g	1,0	q	1,0	0,6	q _{s1}																
31	1,0	g	1,0	q				1,0	0,6	q _{s2}													
32	1,0	g	1,0	q							1,0	0,6	q _{s3}										
33	1,0	g	1,0	q										1,0	0,6	q _{w1}							
34	1,0	g			1,0		q _{s1}							1,0	0,6	q _{w1}							
35	1,0	g						1,0		q _{s2}				1,0	0,6	q _{w1}							
36	1,0	g									1,0		q _{s3}	1,0	0,6	q _{w1}							
37	1,0	g			1,0	0,6	q _{s1}							1,0		q _{w1}							
38	1,0	g						1,0	0,6	q _{s2}				1,0		q _{w1}							
39	1,0	g									1,0	0,6	q _{s3}	1,0		q _{w1}							
40	1,0	g	1,0	q	1,0	0,6	q _{s1}							1,0	0,6	q _{w1}							
41	1,0	g	1,0	q				1,0	0,6	q _{s2}				1,0	0,6	q _{w1}							
42	1,0	g	1,0	q							1,0	0,6	q _{s3}	1,0	0,6	q _{w1}							

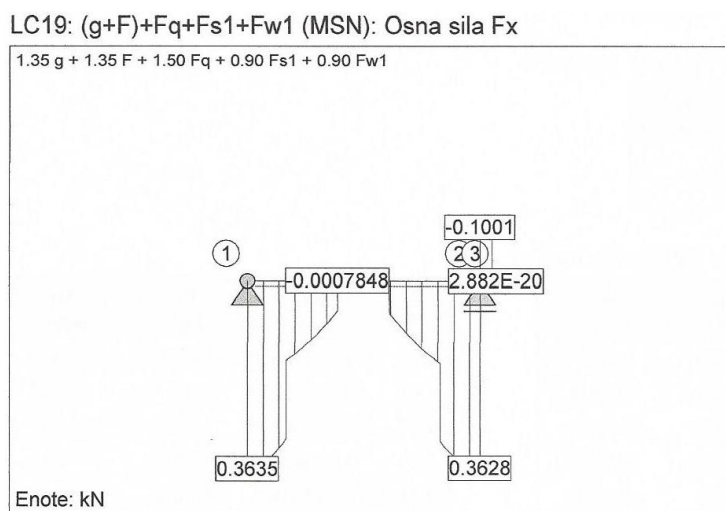
Izračun notranjih sil

LC19: (g+F)+F_q+F_{s1}+F_{w1} (MSN): Upogibni moment M_y

Slika 5.23: Maksimalni upogibni momenti na legi v [kNm]



Slika 5.24: Maksimalne prečne sile na legi v [kNm]



Slika 5.25: Maksimalni osne sile na legi v [kNm]

Reakcije:

$$R_{max,L} = 14,39 \text{ kN}$$

$$R_{max,D} = 18,84 \text{ kN}$$

$$R_{min,D} = -4,06 \text{ kN}$$

V obtežni kombinaciji OK8 je srk vetra tako močan, da je reakcija na desno podporo negativna. Nosilec je potrebno sidrati.

Enoosni upogib in zbirna začetnega prereza

Glede na največji izračunani moment $M_{d,max}$ na lego, iščem pravokotni prerez, ki ima večji odpornostni moment W od potrebnega.

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{d,max}}{W} = \frac{M_{d,max}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} \leq f_{m,d}$$

$$M_{d,max} = 17,48kNm = 1748kNcm$$

Največji odpornostni moment prereza dobim, kadar je razmerje:

$$h/b = \sqrt{2} \Leftrightarrow W_{max}$$

$$b \geq \sqrt[3]{\frac{3 \cdot M_{d,max}}{f_{m,d}}} \geq \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 1748}{1,662}} \geq 14,67cm$$

$$h = b \cdot \sqrt{2} = 14,67 \cdot \sqrt{2} = 20,74cm$$

Na podlagi računa izberem prerez lege $b/h = 16/22$ cm.

Kontrola tlačnih napetosti

Lega je položena na prečni zid, zato kontroliramo kontaktne napetosti. Velikost sile s katero lega pritiska na zid je enaka reakciji.

$$f_{c,90,d} = 173N/cm^2$$

$$F_{c,max} \approx 2 \cdot R_{max,L} = 2 \cdot 14,39 = 28,78kN$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,max}}{a \cdot b} \leq f_{c,90,d} \Rightarrow a \geq \frac{F_{c,max}}{f_{c,90,d} \cdot b}$$

$$a \geq \frac{28,78}{0,173 \cdot 16} \geq 10,39cm$$

Ker je zid na tem mestu, debeline 25 cm, je na voljo dovolj površine, da kontaktni tlako ne bodo preseženi. V primeru, da se bo lego podlagalo, more biti podložna površina vsaj 16 cm × 11 cm.

Kontrola strižnih napetosti

Tudi za strig je merodajna obtežna kombinacija OK19. Največja prečna sila se pojavi v stiku špirovca z vmesno lego.

$$V_{d,\max} = 14,73kN$$

$$f_{v,d} = 0,173kN/cm^2$$

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 16 = 10,72cm$$

$$k_{cr} = 0,67 \dots$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{d,\max}}{2 \cdot b_{ef} \cdot h} \leq f_{v,d} \dots \text{pogoj}$$

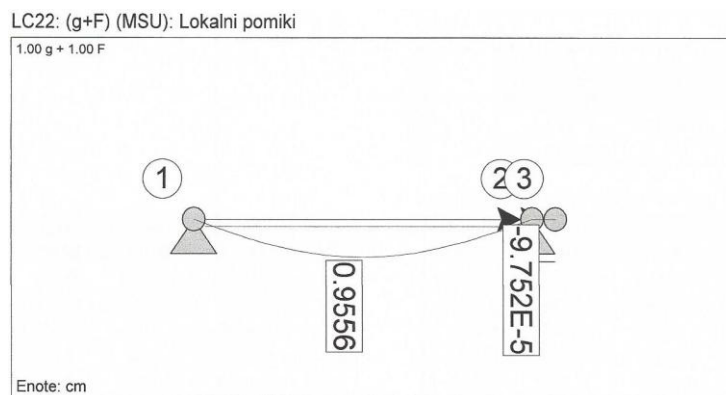
$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot 14,73}{2 \cdot 10,72 \cdot 22} = 0,094 \leq 0,173kN/cm^2 \dots \text{pogoju je zadoščeno}$$

Mejno stanje uporabnosti (MSU), kontrola povesa

Dolžina razpona med podporami znaša 440cm.

Začetni pomiki:

Pomiki zaradi stalne obtežbe - w_g :



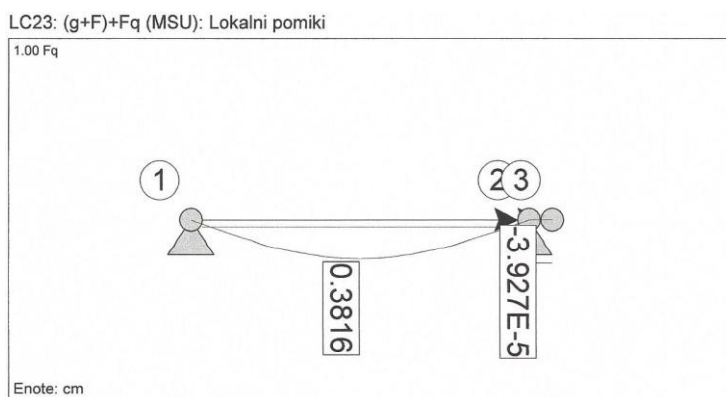
Slika 5.26: Diagram začetnih pomikov zaradi lastne teže

$$w_{inst,G} = 0.9556cm$$

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 0,9556 \cdot (1 + 0,80) = 1,72cm$$

$k_{def} = 0,80$... koeficient lezenja

Pomiki zaradi koristne obtežbe - w_q :



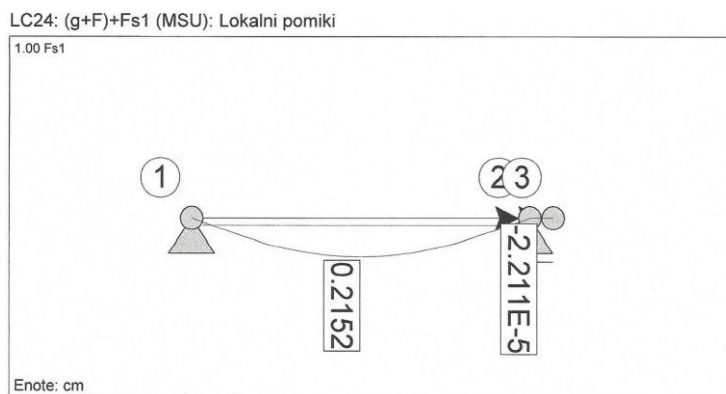
Slika 5.27: Diagram začetnih pomikov zaradi koristne obtežbe

$$w_{inst,Q} = 0,3816cm$$

$$w_{fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q}) = 0,3816 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,30) = 0,473cm$$

$$\psi_{2,Q} = 0,30$$

Pomiki zaradi teže snega - w_s :



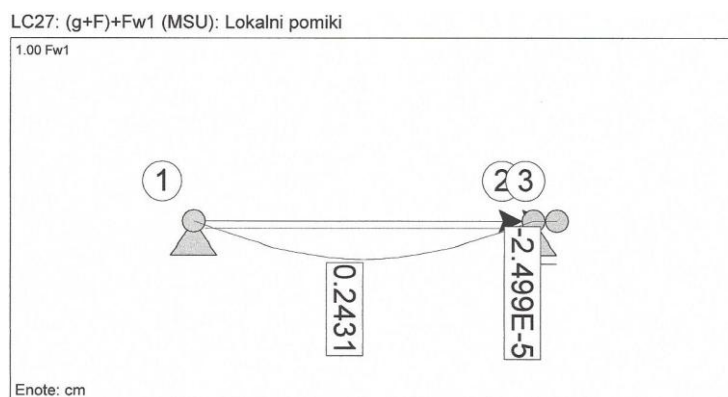
Slika 5.28: Diagram začetnih pomikov zaradi teže snega

$$w_{inst,Q_s} = 0,2152cm$$

$$w_{fin,Q_s} = w_{inst,Q_s} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q_s}) = 0,2152 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,0) = 0,2152cm$$

$$\psi_{2,Q_s} = 0,0$$

Pomiki zaradi obremenitve vetra - w_w :



Slika 5.29: Diagram začetnih pomikov zaradi obremenitve vetra

$$w_{inst,Q_w} = 0,2431cm$$

$$w_{fin,Q_w} = w_{inst,Q_w} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q_w}) = 0,2431 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,0) = 0,2431cm$$

$$\psi_{2,Q_w} = 0,0$$

Pomiki skupaj:

$$w_{inst} \leq \frac{l}{300} \dots \text{pogoj}$$

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} + w_{inst,Q_s} + w_{inst,Q_w} = 0,9556 + 0,3816 + 0,2152 + 0,2431$$

$$w_{inst} = 1,796cm \leq \frac{440}{300} = 1,47cm$$

poves je prevelik, povečam prerez lege na 18/24 cm in kontroliram ponovno.

Pomiki zaradi stalne obtežbe - w_g :

$$w_{inst,G} = 0.6543cm$$

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 0,6543 \cdot (1 + 0,80) = 1,178cm$$

Pomiki zaradi koristne obtežbe - w_q :

$$w_{inst,Q} = 0,2613cm$$

$$w_{fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q}) = 0,2613 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,30) = 0,324cm$$

Pomiki zaradi teže snega - w_s :

$$w_{inst,Q_s} = 0,1474cm$$

$$w_{fin,Q_s} = w_{inst,Q_s} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q_s}) = 0,1474 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,0) = 0,1474cm$$

Pomiki zaradi obremenitve vetra - w_w :

$$w_{inst,Q_w} = 0,1665cm$$

$$w_{fin,Q_w} = w_{inst,Q_w} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q_w}) = 0,1665 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,0) = 0,1665cm$$

$$\psi_{2,Q_w} = 0,0$$

Pomiki skupaj:

$$w_{inst} \leq \frac{l}{300} \dots \text{pogoj}$$

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} + w_{inst,Q_s} + w_{inst,Q_w} = 0,6543 + 0,2613 + 0,1474 + 0,1665$$

$$w_{inst} = 1,23cm \leq \frac{440}{300} = 1,47cm$$

pogoj pri začetnem povesu je tokrat izpolnjen, zato kontroliram še končni povos

$$w_{fin} \leq \frac{l}{250} \dots \text{pogoj}$$

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q} + w_{fin,Q_s} + w_{fin,Q_w} = 1,178 + 0,324 + 0,147 + 0,166$$

$$w_{inst} = 1,81cm \leq \frac{440}{250} = 1,76cm$$

pogoj ni izpolnjen, povos proti koncu življenjske dobe je prevelik. Prerez povečam na 18/26 cm.

5.2 Dimenzioniranje lesene konstrukcije pri večkapnici

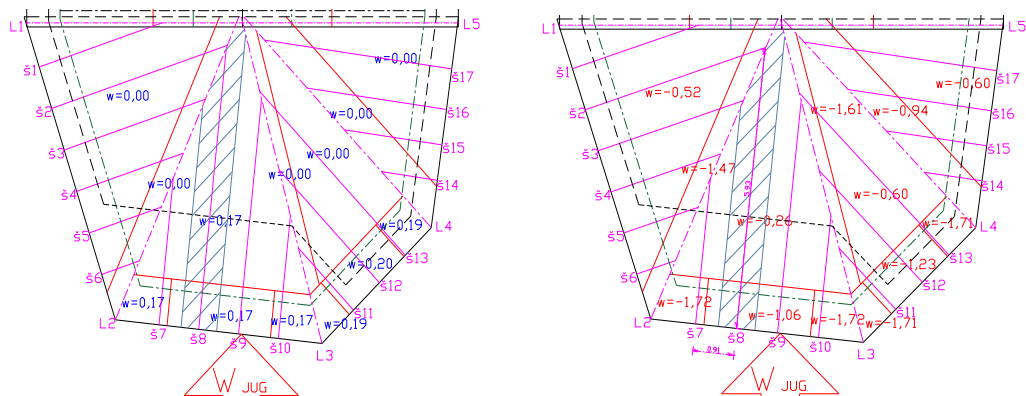
5.2.1 Zasnova

Hiša je na jugovzhodni strani v obliki nepravilnega štirikotnika. Streha tega dela hiše je nižja od dvokapnice, zato na severozahodu nalega na steno preostalega dela hiše. Iz skupne točke nekje na sredini te stene, streha pada v rahlem naklonu proti zunanjim robovom. Na zunanjih zidovih ležijo štiri kapne lege. Od skupne žariščne točke na steni proti vogalom večkotnika, se kot pahljača spušča pet grebenskih leg. Pravokotno na stene potekajo špirovci, ki segajo 0,5 m preko kapne lege in se pod določenim kotom priključijo na grebenko lego.



Slika 5.30: JV fasada, kjer je dobro vidna obravnavana streha (risano s programom REVIT)

Vsak špirovec obravnavane strehe je drugačnih dolžin in obremenitev. Statični sistem špirovca je prostoležeč nosilec s previsom. Najprej dimenzioniram najdaljši špirovec (š8), za katerega naredim vse potrebne kontrole, da dobim potreben prerez, saj izberem enotni prerez za vse. Za preračun grebenskih nosilcev potrebujem reakcije vseh špirovcev, zato jih izračunam s programom AMSES FRAME 2D. Rezultate vnašam v EXCELL-ovo preglednico.



Slika 5.31: Shematski prikaz strehe, elementov strehe, vetrovna obremenitev in vplivno območje špirovca (š8)

5.2.2 Geometrijski podatki o špirovcu š8

$a = 0,91m$... osna razdalja med špirovci

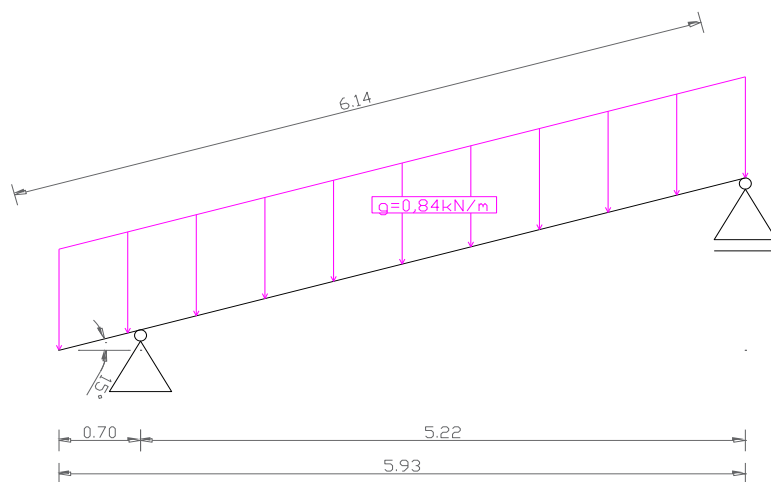
$l = 5,93m$... dolžina špirovca

5.2.3 Obtežbe

Lastna teža:

Lastna teža kritine, desk, špirovcev, izolacije, mavčno kartonskih plošč izračunano v točki 4.1.

$$g = 0,928kN/m^2 = 0,928 \cdot 0,91 = 0,84kN/m$$

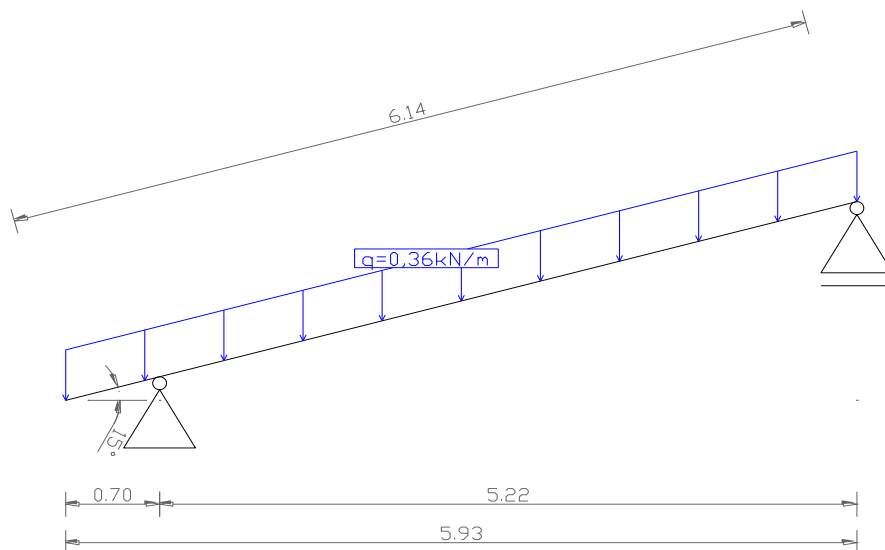


Slika 5.32: Obtežni primer - lastna teža

Koristna obtežba:

Vzdrževanje strehe, kategorije H.

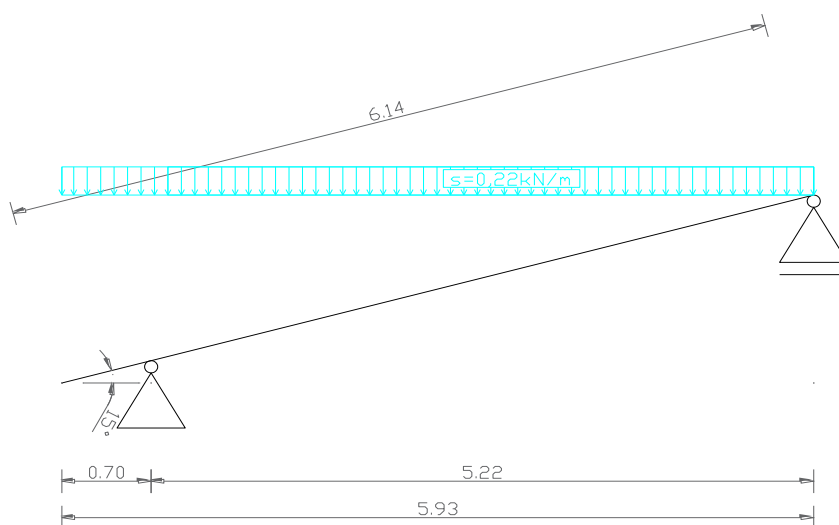
$$q = 0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,91 = 0,36 \text{ kN/m}$$



Slika 5.33: Obtežni primer - koristna obtežba

Obremenitev s snegom:

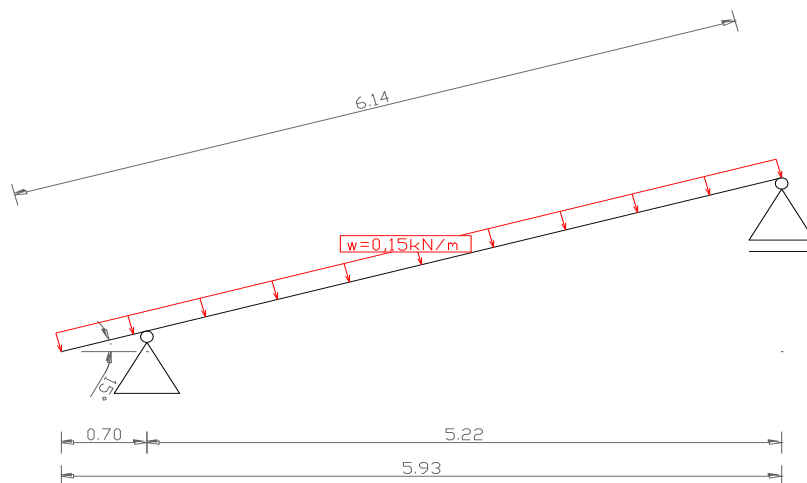
$$q_s = 0,24 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,91 \text{ m} = 0,22 \text{ kN/m} \times \cos 15^\circ = 0,21 \text{ kN/m}$$



Slika 5.34: Obtežni primer - sneg

Obremenitev vetra:

$$q_{w,1} = 0,17 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,91 \text{ m} = 0,15 \text{ kN/m}$$



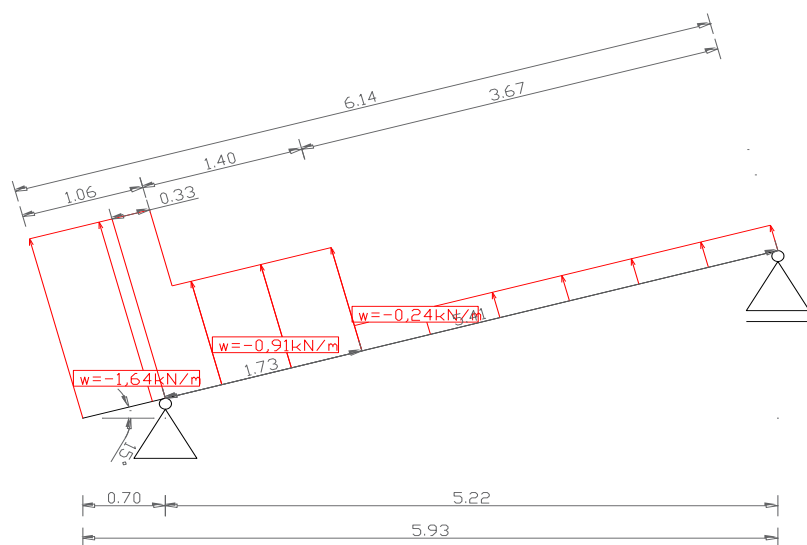
Slika 5.35: Obtežni primer - tlak vetra

Srku vetra prištejem še pritisk vetra pod napuščem. K napušču upoštevam tudi pokrito ložo. Pritisk vetra pod napuščem sem izračunal v točki 4.4 in znaša $0,74 \text{ kN/m}^2$.

$$q_{w,21} = (-1,06 \text{ kN/m}^2 - 0,74 \text{ kN/m}^2) \cdot 0,91 \text{ m} = -1,64 \text{ kN/m}$$

$$q_{w,22} = (-0,26 \text{ kN/m}^2 - 0,74 \text{ kN/m}^2) \cdot 0,91 \text{ m} = -0,91 \text{ kN/m}$$

$$q_{w,22} = -0,26 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,91 \text{ m} = -0,24 \text{ kN/m}$$



Slika 5.36: Obtežni primer - srk vetra

Za mejno stanje nosilnosti (MSN) uporabim dve obtežni kombinaciji.

$$\text{OK1: } \gamma_g \cdot g + \gamma_q \cdot q + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot q_s + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot q_{w+} = 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q + 1,5 \cdot 0,6 \cdot q_s + 1,5 \cdot 0,6 \cdot q_{w+}$$

$$\text{OK2: } \gamma_g \cdot g + \gamma_q \cdot q_{w-} = 1,0 \cdot g + 1,5 \cdot q_{w-}$$

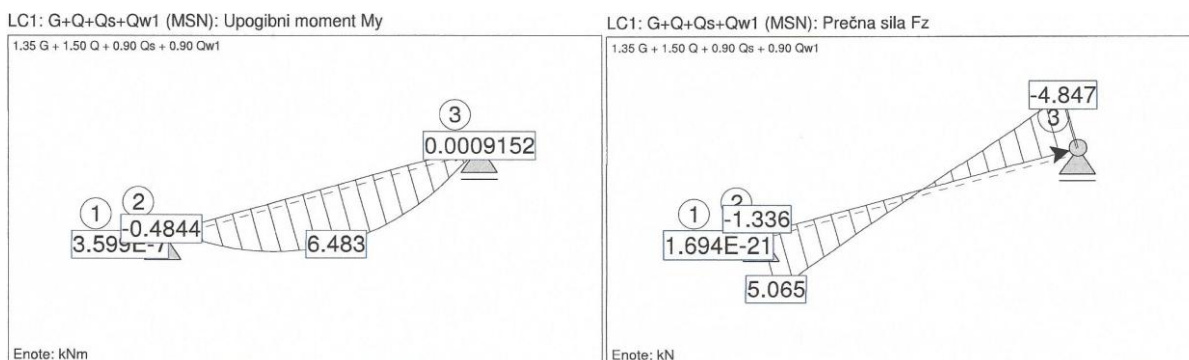
Prva obtežba daje največje momente v polju in prečne sile na podporah. Z drugo preverim potrebo po sidranju.

Za mejno stanje uporabnosti (MSU), kjer se kontrolirajo pomiki, uporabim tretjo obtežno kombinacijo.

$$\text{OK3: } \gamma_g \cdot g + \gamma_q \cdot q + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot q_s + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot q_{w+} = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot q + 1,0 \cdot 0,6 \cdot q_s + 1,0 \cdot 0,6 \cdot q_{w+}$$

5.2.4 Dimenzioniranje najdaljšega špirovca

Izračun notranje statičnih količin



Slika 5.37: Diagrama momentov in prečnih sil

Izbira začetnega prereza

Glede na največji izračunani moment $M_{d,max}$, iščemo pravokotni prerez, ki ima večji odpornostni moment W od potrebnega.

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{d,max}}{W} = \frac{M_{d,max}}{b \cdot h^2} \leq f_{m,d}$$

6

$$f_{m,d} = 1662 \text{ N} / \text{cm}^2$$

$$M_{d,\max} = 10,52kNm = 1052kNcm$$

$$b \geq \sqrt[3]{\frac{3 \cdot M_{d,\max}}{f_{m,d}}} \geq \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 1052}{1,662}} \geq 12,4cm$$

$$h = b \cdot \sqrt{2} = 12,4 \cdot \sqrt{2} = 17,5cm$$

Na podlagi rezultatov povesa izračunanih z računalniškim programom, ocenjujem da bi bil tak prerez preveč vitek, zato raje izberem prerez $b/h = 20/28$ cm.

Zasek grebenskega nosilca na kapnem nosilcu

Tlačna trdnost lesa pravokotno na vlakna je manjša, kot v smeri vlaken, zato je merodajna kontaktna površina kapnega nosilca na stiku z grebensko lego.

$$f_{c,90,d} = 173N/cm^2$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,2}}{a \cdot b} \leq f_{c,90,d} \Rightarrow a \geq \frac{F_{c,2}}{f_{c,90,d} \cdot b}$$

$F_{c,2}$ je sila grebenskega nosilca na kapno lego. Po velikosti je enaka kot reakcija na podpori.

Preglednica 5.7: Reakcije na podporo

LC1: G+Q+Qs+Qw (MSN): Reakcije

Voz.	F _x [kN]	F _z [kN]	M _y [kNm]
2:	-	-4.1785	-
3:	3.2761E-06	-11.496	-

$$a \geq \frac{4,18}{0,173 \cdot 20} \geq 1,2cm$$

$\alpha = 8,2^\circ$... naklon grebenske lege

$$t = \sin \alpha \cdot a = \sin 8,2 \cdot 3,3 = 0,2cm \leq \frac{h}{4} = \frac{28}{4} = 7cm$$

Odločim se za globino zaseka $t = 2$ cm.

Zasek grebenskega nosilca na zidu

Trdnost lesa je zelo odvisna od smeri vlaken v lesu. Podane imam trdnosti samo za dve smeri, vzporedno z vlakni in pravokotno na vlakna, zato moram trdnost za dejanski kot določiti po spodnji enačbi. Kot α v tej enačbi, je kot med smerjo vlaken in pravokotnico na stično ploskev.

$$\alpha = 90^\circ - 8,2^\circ = 81,8^\circ$$

$$f_{c,69,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$f_{c,81,8,d} = \frac{1,454}{\frac{1,454}{1,0 \cdot 0,173} \cdot \sin^2 81,8 + \cos^2 18,8} = 0,176 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,81,8,d} = \frac{F_c}{a \cdot b} \leq f_{c,81,8,d} \Rightarrow a \geq \frac{F_c}{f_{c,81,8,d} \cdot b}$$

$F_{c,3}$ je sila grebenskega nosilca na zid, po velikosti je enaka reakciji na podporo 3, iz preglednice 5-7.

$$F_{c,3} = 11,5 \text{ kN}$$

$$a \geq \frac{11,5}{0,176 \cdot 20} \geq 3,6 \text{ cm}$$

$$t = \sin \alpha \cdot a = \sin 8,2 \cdot 3,48 = 0,5 \text{ cm} \leq \frac{h}{4} = \frac{28}{4} = 7 \text{ cm}$$

Odločim za globino zaseka $t = 3$ cm, sledi da je $a = 21$ cm.

Kontrola strižnih napetosti

Največja prečna sila se pojavi priključku grebenske lege na kratek nosilec.

$$V_{d,\max} = 11,36 \text{ kN}$$

$$f_{v,d} = 0,173 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{net} = b_{ef} \cdot (h - t) = 15,2 \cdot (28 - 3) = 380 \text{ cm}^2$$

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 20 = 15,2 \text{ cm}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{V_{d,max}}{2 \cdot \frac{A_{net}}{3}} \leq f_{v,d} \quad \dots \text{ pogoju}$$

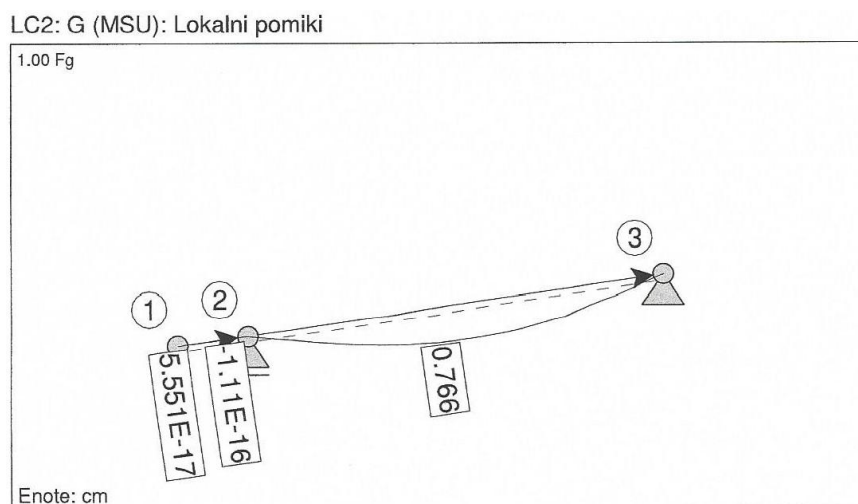
$$\tau_{v,d} = \frac{11,36}{2 \cdot \frac{380}{3}} = 0,045 \text{ kN/cm}^2 \leq 0,173 \text{ kN/cm}^2 \dots \text{ pogoju je zadoščeno}$$

Mejno stanje uporabnosti (MSU), kontrola povesa

Dolžina razpona med podporami znaša 700 cm.

Začetni pomiki:

Pomiki zaradi stalne obtežbe - w_g :



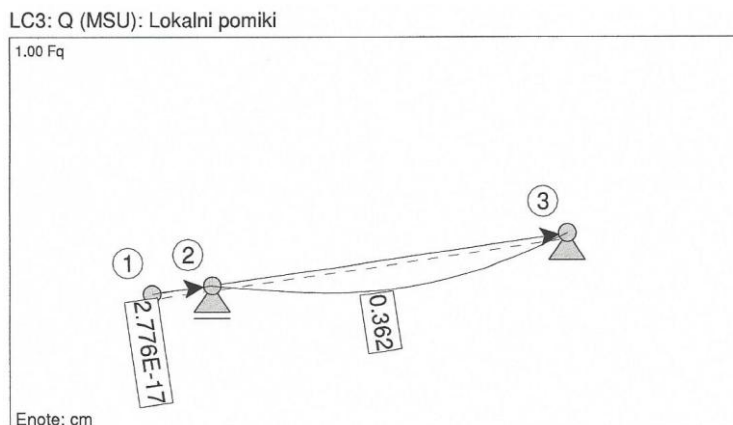
Slika 5.38: Diagram začetnih pomikov zaradi lastne teže

$$w_{inst,G} = 0,766 \text{ cm}$$

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 0,766 \cdot (1 + 0,80) = 1,379 \text{ cm}$$

$$k_{def} = 0,80 \dots \text{ koeficient lezenja}$$

Pomiki zaradi koristne obtežbe - w_q :



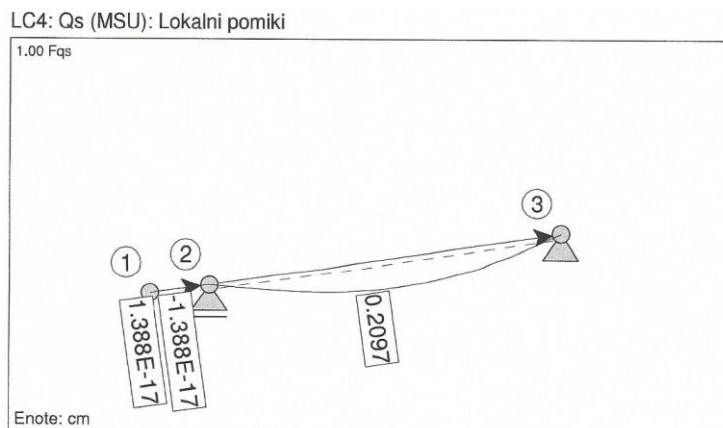
Slika 5.39: Diagram začetnih pomikov zaradi koristne obtežbe

$$w_{inst,Q} = 0,362cm$$

$$w_{fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q}) = 0,362 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,30) = 0,449cm$$

$$\psi_{2,Q} = 0,30$$

Pomiki zaradi teže snega - w_s :



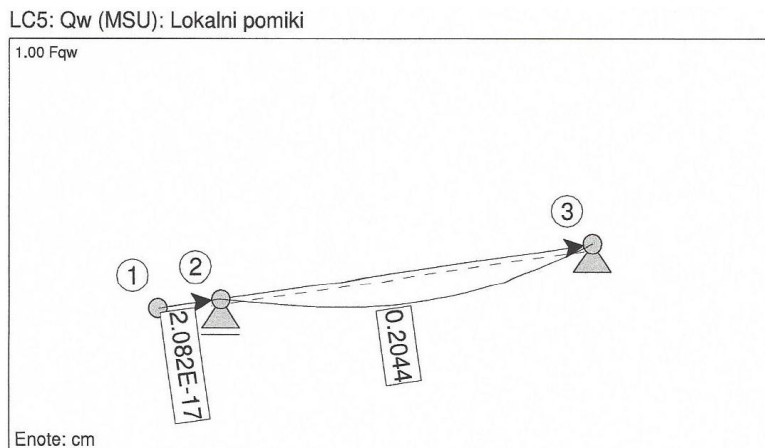
Slika 5.40: Diagram začetnih pomikov zaradi teže snega

$$w_{inst,Q_s} = 0,21cm$$

$$w_{fin,Q_s} = w_{inst,Q_s} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q_s}) = 0,21 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,0) = 0,21cm$$

$$\psi_{2,Q_s} = 0,0$$

Pomiki zaradi obremenitve vetra - w_w :



Slika 5.41: Diagram začetnih pomikov zaradi obremenitve vetra

$$w_{inst,Q_w} = 0,204cm$$

$$w_{fin,Q_w} = w_{inst,Q_w} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q_w}) = 0,204 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,0) = 0,204cm$$

$$\psi_{2,Q_w} = 0,0$$

Pomiki skupaj:

$$w_{inst} \leq \frac{l}{300} \dots \text{pogoj}$$

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} + w_{inst,Q_s} + w_{inst,Q_w} = 0,766 + 0,362 + 0,21 + 0,204$$

$$w_{inst} = 1,5cm \leq \frac{700}{300} = 2,3cm$$

Končni pomiki:

$$w_{fin} \leq \frac{l}{250} \dots \text{pogoj}$$

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q} + w_{fin,Q_s} + w_{fin,Q_w} = 1,379 + 0,449 + 0,21 + 0,204$$

$$w_{inst} = 2,2cm \leq \frac{700}{250} = 2,8cm$$

... pogoj je izpolnjen, v nadaljevanju vseeno poizkusim, če bi bil dovolj tudi prerez 18/26 cm.

Pomiki zaradi stalne obtežbe - w_g (prerez 18/26 cm):

$$w_{inst,G} = 1,132cm$$

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 1,132 \cdot (1 + 0,80) = 2,038cm$$

Pomiki zaradi koristne obtežbe - w_q (prerez 18/26cm):

$$w_{inst,Q} = 0,5348cm$$

$$w_{fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q}) = 0,5348 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,30) = 0,663cm$$

Pomiki zaradi teže snega - w_s (prerez 18/26cm):

$$w_{inst,Q_s} = 0,3097cm$$

$$w_{fin,Q_s} = w_{inst,Q_s} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q_s}) = 0,3097 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,0) = 0,3097cm$$

Pomiki zaradi obremenitve vetra - w_w :

$$w_{inst,Q_w} = 0,3019cm$$

$$w_{fin,Q_w} = w_{inst,Q_w} \cdot (1 + k_{def} \cdot \psi_{2,Q_w}) = 0,3019 \cdot (1 + 0,80 \cdot 0,0) = 0,3019cm$$

Pomiki skupaj:

$$w_{inst} \leq \frac{l}{300} \dots \text{pogoj}$$

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} + w_{inst,Q_s} + w_{inst,Q_w} = 1,132 + 0,5348 + 0,3097 + 0,3019$$

$$w_{inst} = 2,27cm \leq \frac{700}{300} = 2,33cm$$

... pogoj je izpolnjen

Končni pomiki:

$$w_{fin} \leq \frac{l}{250} \dots \text{pogoj}$$

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q} + w_{fin,Q_s} + w_{fin,Q_w} = 2,038 + 0,663 + 0,3097 + 0,3019$$

$$w_{inst} = 3,31 \text{ cm} \leq \frac{700}{250} = 2,8 \text{ cm}$$

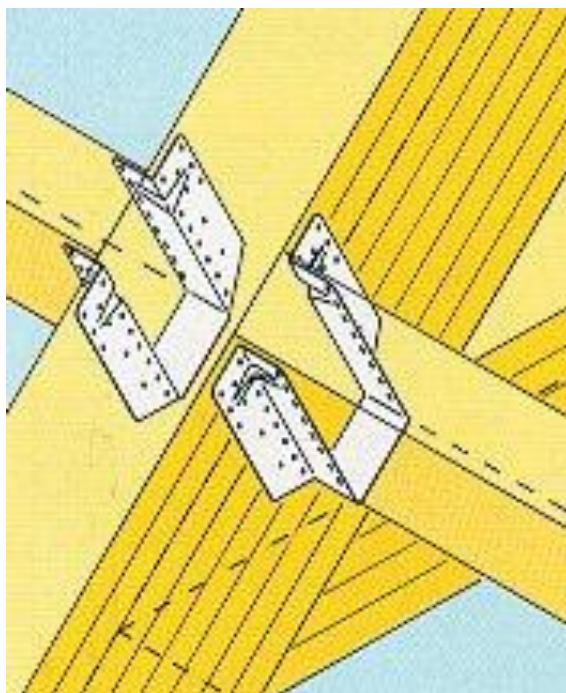
Poves ob koncu življenjske dobe konstrukcije bi bil prevelik. Ugotavljam, da je mejno stanje uporabnosti pogosto merodajno pri velikih razponih. Tudi potrebni prerez z večanjem razpetine skokovito narašča.

Izberem grebenki nosilec iz lesa smreka C24, pravokotnega prereza 20/28 cm.

5.2.5 Priključki lesenih elementov

Priključek špirovcev na grebenko lego

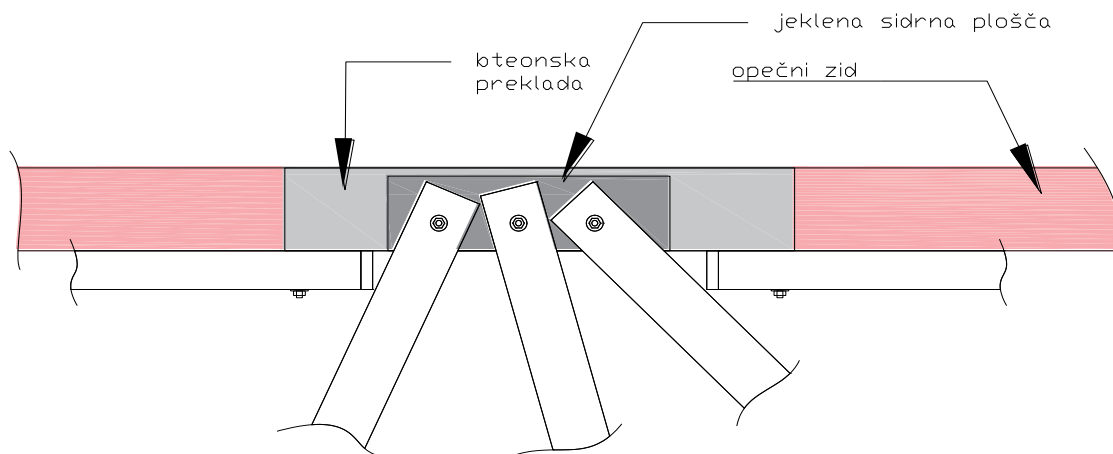
Špirovce priključim na grebenko lego preko kovinskih BMF elementov za lesne zveze. Zgornji rob grebenke lege in zgornji rob špirovca sta poravnana. Skeletna lesena konstrukcija v prostoru bo vidna. Priključki špirovcev in lege so pod nepravim kotom, zato je potrebno izdelati posamezne kovinske elemente po delavniških načrtih.



Slika 5.42: Prikaz lesne zveze z kovinskim BMF elementom (vir: www.bmf.dk)

Priključek grebenskih leg na nosilni zid

Grebenske lege so zgoraj sidrane na nosilni zid. Navojne palice M16 so skozi pocinkano jekleno ploščo debeline 6 mm, sidrane v betonsko preklado. Sidrno ploščo se pripravi po delavniškem načrtu in se jo po samem betoniranju preklade potopi v sveži beton.



Slika 5.43: Prikaz sidranja grebenskih nosilcev na nosilni zid preko sidrne plošče in navojnih palic

6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem prikazal projektiranje lesenih strešnih elementov razvejane strehe primorskega stila z uporabo evropskih standardov Evrokod.

Na začetku sem projekt zastavil širše, saj bom obravnavano hišo obnovil in dogradil sam, zato sem v uvodnih poglavjih podal nekoliko več opisne vsebine za celotno zgradbo. O tem govorijo prva tri poglavja. Za hišo sem izdelal del projektne dokumentacije za pridobitev gradbenega dovoljenja. V računalniškem programu za trodimenzionalno modeliranje Autodesk REVIT sem izrisal arhitekturo in izbral materiale, kar je podlaga za nadaljnje delo. Streha se mi je zdela najbolj zanimiv konstrukcijski element obravnavanega objekta, zaradi svojih nepravilnih oblik, nevsakdanjih rešitev in značilnosti primorske klime, zato sem jo natančno projektiral v okviru diplomskega dela.

V četrtem poglavju sem navedel obremenitve strešne konstrukcije. Opisal sem posebnosti strešne kritine korci, značilne za primorski del Slovenije, kjer stoji obravnavani objekt. Zanimivi so načini pokrivanja, ki imajo svoj namen. Obtežba snega, ki sem jo upošteval v skladu z evropskim standardom Evrokod 1, je zanemarljiva, ker je Zalošče vas, z nadmorsko višino pod 100 metri. Najbolj zanimiva obtežba strešne konstrukcije je bil vpliv vetra. Določil sem ga v skladu s precej obsežnim poglavjem standarda Evrokod 1. Standard natančno obravnava veliko posebnosti obnašanja vetra, kljub temu pa sem moral marsikje inženirsko presoditi vpliv vetra. Ker je streha nekonvencionalni oblik, sem za koeficiente zunanjega tlaka uporabil obstoječe preglednice, ki so se najbolj približale dejanskemu stanju. Vedno pa sem se odločil tako, da sem bil na varni strani. Pričakoval sem dokaj visoke obremenitve vetra, vendar sem bil presenečen, saj temu ni bilo tako. Izračuni so mi sicer prikazovali zelo močne srke vetra, vendar so mi srki skupno obremenitev na konstrukcijo zmanjševali. Obtežni primeri, ki so vključevali negativni tlak vetra, niso merodajni. Pozitivni tlak vetra sem upošteval skupaj s snegom, koristno obtežbo in lastno težo, kar je predstavljalo v večini primerov merodajno obtežno kombinacijo.

Najbolj obsežno je peto poglavje, kjer sem opisal projektiranje lesenih elementov ostrešja v skladu z veljavnim standardom za projektiranje lesenih konstrukcij Evrokod 5. Statične izračune sem izvedel s študijsko verzijo računalniškega programa za statični preračun linijskih elementov AMSES frame 2D. Pri dvokapnici bi lahko izbral špirovce dokaj vitkih prerezov, vendar sem glede na svoje izkušnje pri službenem delu izbral debelejše špirovce. Pri štirikapni strehi grebenski nosilci in daljši špirovci zahtevajo močan prerez. Pri računu mejnega stanja uporabnosti so bili namreč povese preveliki, zato sem ustrezno povečal prerez in izvedel ponovno kontrolo povesa. Ugotovil sem, da je za dolge upogibno obremenjene elemente poves velikokrat merodajen za določitev prereza. Elemente sem dimenzioniral po najdaljšem in najbolj obremenjenem v določeni skupini. Elementi so zelo različnih dolžin, zato so nekateri polno izkoriščeni, drugi pa skoraj neizkoriščeni.

VIRI

Beg, D., Pogačnik, A., 2009. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 1077 str.

Žitnik, J., Žitnik, D., Berdajs, A., idr. 2008. Gradbeniški priročnik. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 693 str.

Avbar, M., 2014. Projektiranje nosilne konstrukcije enostanovanjskega objekta. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Avbar): 92str.

Sodja, U., 2007. Projektiranje nosilne konstrukcije enostanovanjskega objekta. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba U. Sodja): 117str.

Vesel, M., 2007. Analiza obstoječe lesene konstrukcije z evrokod sistemom. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta (samozaložba M. Vesel): 99str.

Koler Povh, T., Turk, G., 2016. Navodila za oblikovanje visokošolskih del na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo in navajanje virov. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 39str.

<http://www.go-opekarni.si/> (Pridobljeno 15.6.2016)

STANDARDI:

SIST EN 1990: 2004 Evrokod – Osnove projektiranja konstrukcij

SIST EN 1991-1-1: 2004 Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-1. del: Splošni vplivi – Prostorninske teže, lastna teža, koristne obtežbe stavb

SIST EN 1991-1-3: 2004 Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-3. del: Splošni vplivi – Obtežba snega

SIST EN 1991-1-4: 2005 Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-1. del: Splošni vplivi – Obtežba vetra

SIST EN 1992-1-1: 2005 Evrokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe

SIST EN 1995-1-1: 2005 Evrokod 5: Projektiranje lesenih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe

SIST EN 1996-1-1: 2005 Evrokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila za armirano in nearmirano zidovje

SIST EN 1998-1: 2005 Evrokod 8: Projektiranje potresno odpornih konstrukcij – 1. del: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe