Naročnik: Občina Trzin
Mengeška cesta 22
1236 Trzin

Objekt OŠ in vrtec Trzin

Statična presoja za namene namestitve sončne elektrarne

Številka elaborata: 24005

Datum: april 2024

Revizija: 00

Pooblaščeni inženir: Rok Stenko, univ. dipl. inž. grad. (G-4785)

ROK STENKO
univ.dipl.inž.grad.
IZS PI G-4785

Rok Stenko, Stratik s.p.
Peče 46, 1251 Moravče,
Matična št.: 8910863000
ID za DDV: 43496342

1. Kazalo

1. Kazalo ... 2
2. Povzetek ... 3
3. Podloge in pridobljena dokumentacija ... 4
4. Uporabljeni predpisi ... 5
5. Uvod ... 7
6. Lokacija objekta in prikaz namenske rabe delov objekta ... 7
7. Opis objekta ... 8
7.1 Ostrešje nad učilnicami ... 9
7.2 Ostrešje nad kuhinjo ... 11
7.3 Ostrešje nad prizidkom VZHOD ... 13
7.4 Ostrešje nad prizidkom zahod ... 16
7.5 Ostrešje nad prizidkom k telovadnici ... 18
8. Uporabljeni programi ... 21
9. Uporabljeni materiali pri kontroli izračuna: ... 21
10. Karakteristike lesa: ... 21
11. Splošne omejitve glede povesov in horizontalnih pomikov ... 22
12. Vplivi na konstrukcijo ... 22
12.1 Lastna teža profilov ... 22
12.2 Stalna obtežba ... 22
12.3 Obtežba snega ... 24
12.4 Obtežba vetra ... 24
13. Kombinacijske vrednosti vplivov ... 25
13.1 Mejno stanje nosilnosti ... 25
13.2 Mejno stanje uporabnosti ... 25
14. Projektne vrednosti vplivov ... 26
15. Statična presoja ... 27
15.1 Statični model ... 27
16. Statični izračun ... 28
16.1 Ostrešje nad učilnicami ... 28
16.2 Zamenjava dotrajanih elementov ... 51
16.3 Ostrešje nad kuhinjo ... 54
16.4 Ostrešje prizidka VZHOD in ZAHOD ter prizidka k telovadnici ... 57
17. Zaključek ... 74

2. Povzetek

Elaborat obsega statično presojo nosilne konstrukcije objekta na naslovu Mengeška cesta 7b, 1236 Trzin. Gre za objekt, kjer se nahajata naslednji dve merilni mesti:

- OŠ Trzin, Mengeška cesta 7B, Trzin, merilno mesto 3-10134,
- Vrtec Trzin, Mengeška cesta 7B, Trzin, merilno mesto 3-3281.

Elaborat je izdelan za potrebe namestitve sončne elektrarne (SE) na streho tega objekta. Namen presoje je ugotoviti, ali dodatna teža, ki je posledica namestitve SE, vpliva na mehansko odpornost in stabilnost nosilne konstrukcije. Upoštevana je bila dodatna obtežitev zaradi namestitve SE v velikosti: $\mathbf{g_{SE} = 0{,}20\ kN/m^2}$ (20 kg/m^2).

Statična presoja je bila izvedena na podlagi pridobljene projektne dokumentacije, ogledov objekta in računskih dokazov. Mehanska odpornost in stabilnost objekta po namestitvi SE je bila dokazana s kontrolo nosilnosti in stabilnosti posameznih kritičnih elementov strešne konstrukcije.

Kontrole nosilnost kritičnih konstrukcijskih elementov **pri prvotnem ostrešju iz projektne dokumentacije [1]** so pokazale, da je potrebno za dodatna obremenitev ostrešja, ki je posledica montaže sončne elektrarne izvesti nekatere statične utrditve, ki so opisane v nadaljevanju tega elaborata. Po izvedbi teh utrditev bodo zahteve standardov Evrokod izpolnjene.

Kontrole nosilnost kritičnih konstrukcijskih elementov **pri prizidku, ki je predmet projektne dokumentacije [2]** so pokazale, da dodatna obremenitev, ki je posledica montaže sončne elektrarne, **ne bo odločilno spremenila njegove mehanske odpornosti in stabilnosti**. Zahteve standardov Evrokod so v tem primeru izpolnjene.

3. Podloge in pridobljena dokumentacija

Za namene statične presoje je bila pridobljena naslednja dokumentacija:

[1] Statika prvotnega dela objekta

Faza: PGD

Projektant: Biro 71., podjetje za projektiranje p.o. Domžale

Vodja projekta: Anton Knavs, dipl. ing. arh.

Odg. projektant: Anton Berce, dipl. ing. gradb.

Št. projekta: 929

Datum: marec 1982

[2] Arhitektura objekta – Prizidki in adaptacija OŠ Trzin (vzhodni prizidek, zahodni in prizidek k telovadnici)

Faza: PZI

Projektant: IB Program, družba za projektiranje in inženiring d.o.o., Turnše 42, 1233 Dob

Vodja projekta: Miran Pezdirc, univ. dipl. inž. gradb.

Odg. projektant: Ivo Lah, dipl. ing. arh. (vzhodni prizidek)

Odg. projektant: Janez Brečko , dipl. ing. arh. (zahodni in severni prizidek)

Št. projekta: 02-029

Datum: avgust 2023 (vzhodni prizidek), september 2023 (zahodni in severni prizidek)

4. Uporabljeni predpisi

EUROCODE 0 (SIST EN 1990) – Osnove projektiranja

Oznaka standarda	Naslov dokumenta	Izdaja
SIST EN 1990:2004	Evrokod – Osnove projektiranja	September 2004
SIST EN 1990:2004/A1	Evrokod – Osnove projektiranja – Dopolnilo A1	September 2010
SIST EN 1990:2004/A101	Evrokod – Osnove projektiranja - nacionalni dodatek	December 2005
SIST EN 1990:2004/A1/A101	Evrokod – Osnove projektiranja - Dopolnilo A1- nacionalni dodatek	Julij 2009

EUROCODE 1 (SIST EN 1991) – Vplivi na konstrukcije

Oznaka standarda	Naslov dokumenta	Izdaja
SIST EN 1991-1-1:2004	Evrokod 1 – Vplivi na konstrukcije – 1-1. del: Splošni vplivi – Gostote, lastna teža, koristne obtežbe stavb	Junij 2009
SIST EN 1991-1-1:2004/A101	Evrokod 1 – Vplivi na konstrukcije – 1-1. del: Splošni vplivi – Gostote, lastna teža, koristne obtežbe stavb – Nacionalni dodatek	December 2005
SIST EN 1991-1-3:2004	Evrokod 1 – Vplivi na konstrukcije – 1-3. del: Splošni vplivi – Obtežba snega	November 2015
SIST EN 1991-1-3:2004/A101	Evrokod 1 – Vplivi na konstrukcije – 1-3. Del: Splošni vplivi – Obtežba snega – Nacionalni dodatek	Januar 2008
SIST EN 1991-1-4:2005	Evrokod 1 – Vplivi na konstrukcije – 1-4. del: Splošni vplivi – Obtežba vetra	September 2010
SIST EN 1991-1-4:2005/A101	Evrokod 1 – Vplivi na konstrukcije – 1-4. Del: Splošni vplivi – Obtežba vetra – Nacionalni dodatek	Januar 2008

EUROCODE 5 (SIST EN 1995) – Projektiranje lesenih konstrukcij

Oznaka standarda	Naslov dokumenta	Izdaja
SIST EN 1995-1-1:2005	Evrokod 5: Projektiranje lesenih konstrukcij - 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe	Julij 2014
SIST EN 1995-1-1:2005/A102	Evrokod 5: Projektiranje lesenih konstrukcij - 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe - Nacionalni dodatek	Januar 2018

5. Uvod

Naročnik te statične presoje namerava na strehi objekta na naslovu Mengeška cesta 7b, 1236 Trzin namestiti sončno elektrarno. Namen presoje je ugotoviti, ali dodatna obtežba, ki je posledica namestitve sončne elektrarne, bistveno vpliva na mehansko odpornost in stabilnost nosilne konstrukcije.

6. Lokacija objekta in prikaz namenske rabe delov objekta

Mengeška cesta 7b, 1236



Slika 1 – Prikaz lokacije objekta in prikaz namenske rabe delov objekta

7. Opis objekta

Kot je razvidno iz slike 1 sestavljajo kompleks konstrukcijsko ločene naslednje enote:

Prvotni del, po projektni dokumentaciji [1]:

- učilnice;
- kuhinja;
- jedilnica;
- telovadnica.

Prizidek, po projektni dokumentaciji [2]:

- prizidek vzhod;
- prizidek zahod;
- prizidek k telovadnici.

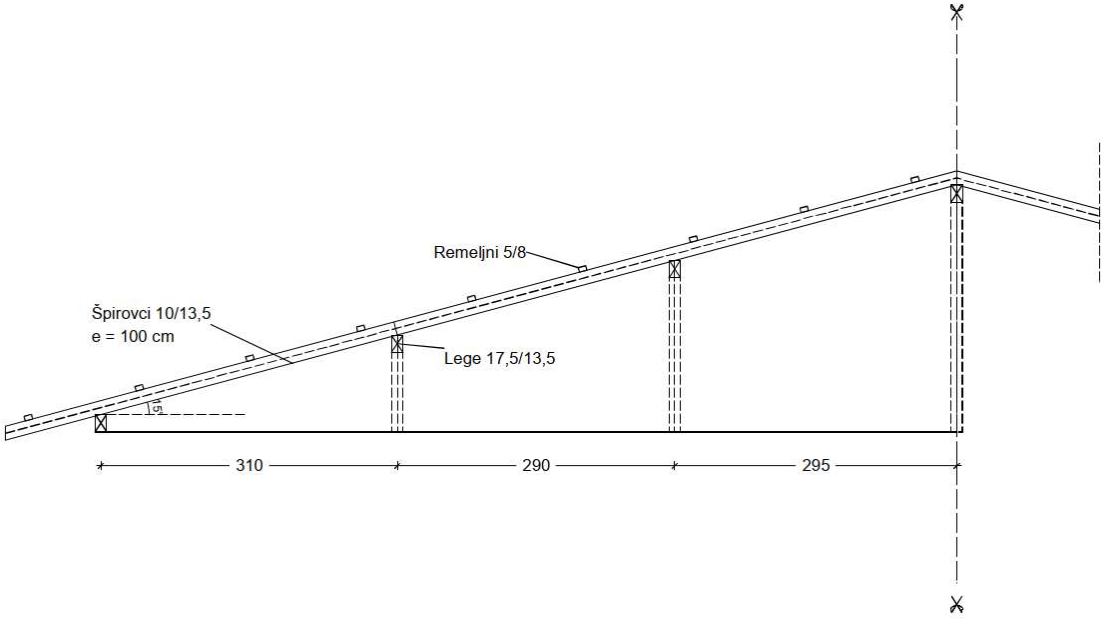
Spodnja slika prikazuje območje, kjer je predvidena namestitev sončne elektrarne (SE).



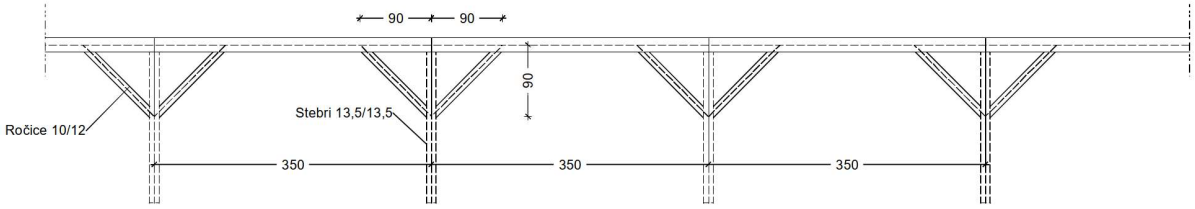
Slika 2 – Prikaz območja namestitve SE

V nadaljevanju so prikazana in opisana ostrešja, kjer je predvidena namestitev SE.

7.1 Ostrešje nad učilnicami



Slika 3 – Prečni prerez ostrešja nad učilnicami



Slika 4 – Vzdolžni prerez ostrešja nad učilnicami



Slika 5 – Fotografija ostrešja nad učilnicami 1



Slika 6 – Fotografija ostrešja nad učilnicami 2

Leseno ostrešje nad učilnicami je sestavljeno iz naslednjih elementov:

- Remeljni: b/h = 5/8 cm; približen medsebojni razmak e = 120 cm;
- Špirovci: b/h = 10/13,5 cm; približen medsebojni razmak e = 100 cm;
- Vzdolžen lege: b/h =13,5/17,5 cm, približni medsebojni razmak: e = 300 cm;
- Stebri: b/h = 13,5/13,5 cm; približen medsebojni razmak: e = 350 cm;

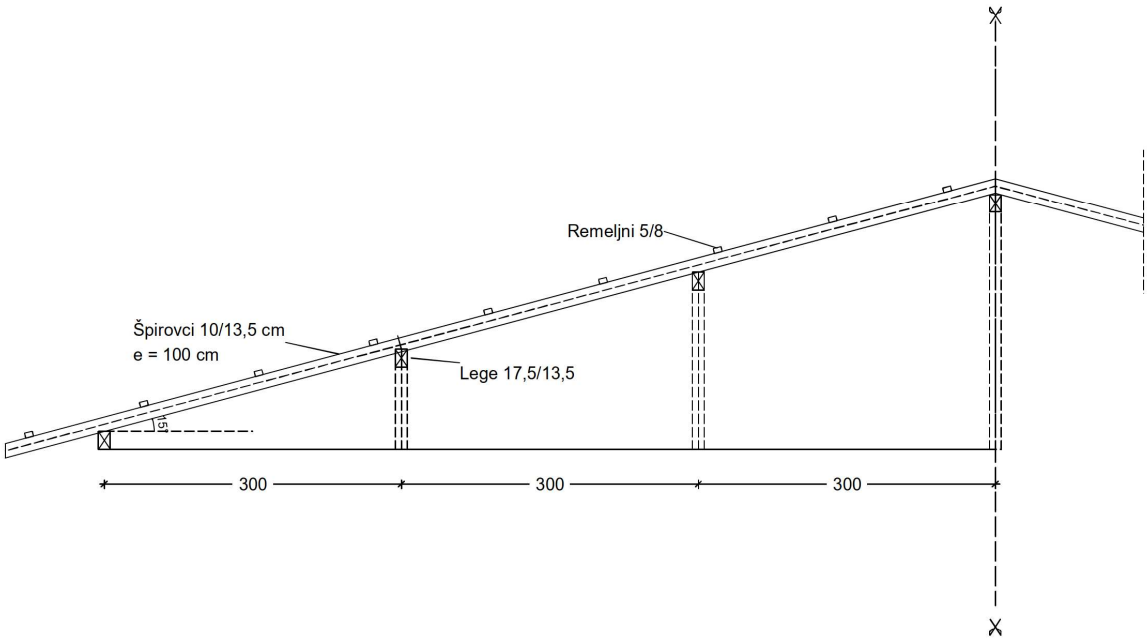
- Ročice: b/h = 10/12 cm;
- Škarje; b/h = 2x 2,5/13 cm;

Kritina je izvedena s strešnimi izolacijskimi paneli debeline 30 mm. Naklon ostrešja znaša 15°. Obtežba se preko panelov prenaša na remeljne, ki so pritrjeni na špirovce, kateri se nahajajo na rastru 100 cm. Špirovce podpirajo vzdolžne lege, kot je prikazano na sliki 3.

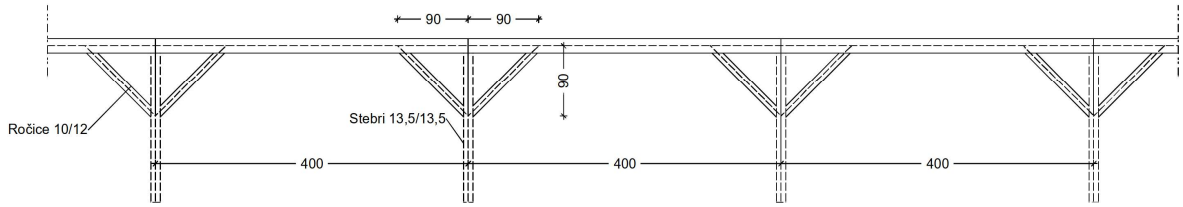
Vzdolžne lege so podprte s stebri, na medsebojnem razmaku 350 cm (slika 4). Stebri so preko jeklenega ležišča pritrjeni na AB betonsko ploščo.

Ostrešje je v vzdolžni horizontalni smeri zavarovano z ročicami, v prečni pa z dvojimi škarjami.

7.2 Ostrešje nad kuhinjo



Slika 7 – Prečni prerez ostrešja nad kuhinjo



Slika 8 – Vzdolžni prerez ostrešja nad kuhinjo



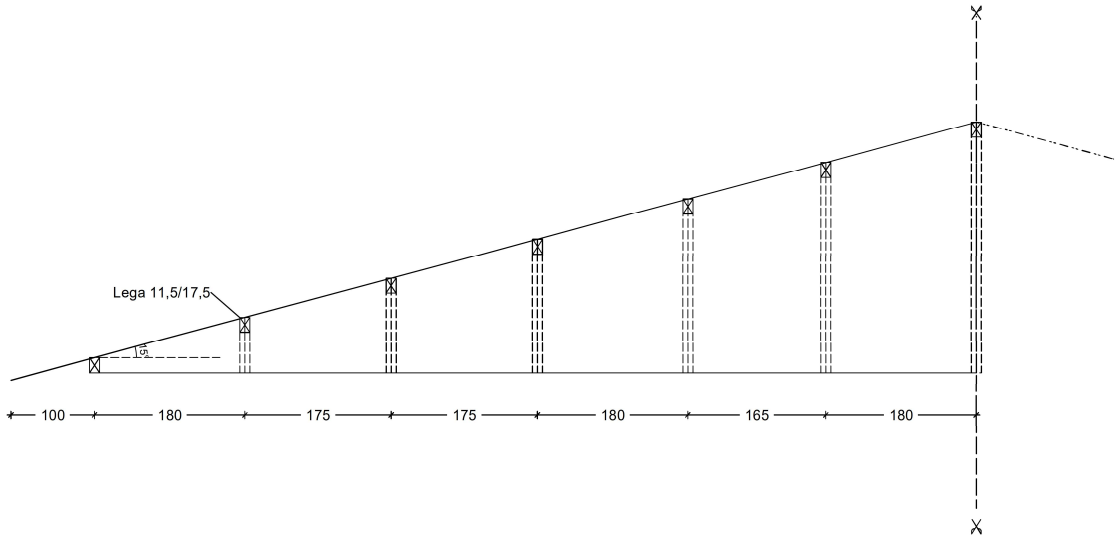
Slika 9 – Fotografija ostrešja nad kuhinjo

Leseno ostrešje nad kuhinjo je podobne sestave kot ostrešje nad učilnicami. Glavna razlika je, da so vzdolžne lege podprte na večji medsebojni razdalji.

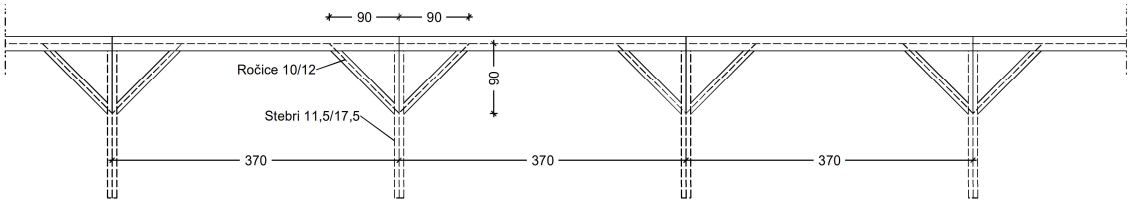
- Remeljni: b/h = 5/8 cm; približen medsebojni razmak e = 120 cm;
- Špirovci: b/h = 10/13,5 cm; približen medsebojni razmak e = 100 cm;
- Vzdolžen lege: b/h =13,5/17,5 cm, približen medsebojni razmak: e =300 cm;
- Stebri: b/h = 13,5/13,5 cm; približen medsebojni razmak: **e = 400 cm**;

- Ročice: b/h = 10/12 cm;
- Škarje; b/h = 2x 2,5/13 cm;

7.3 Ostrešje nad prizidkom VZHOD



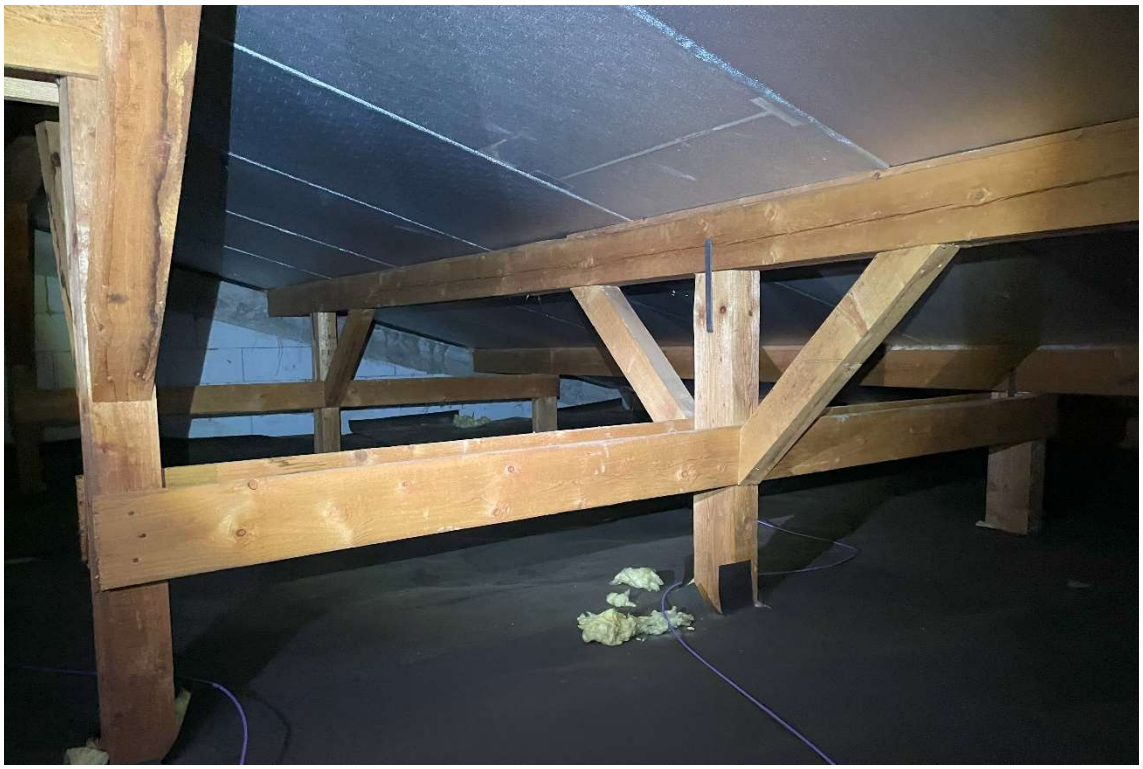
Slika 10 – Prečni prerez ostrešja nad prizidkom VZHOD



Slika 11 – Vzdolžni prerez ostrešja nad prizidkom VZHOD



Slika 12 – Fotografija 1 ostrešja nad prizidkom VZHOD



Slika 13 – Fotografija 2 ostrešja nad prizidkom VZHOD



Slika 14 – Fotografija 3 ostrešja nad prizidkom VZHOD

Leseno ostrešje nad prizidkom VZHOD je sestavljeno iz naslednjih elementov:

- Vzdolžen lege: b/h =11,5/17,5 cm, približni medsebojni razmak: e = 175 cm;
- Stebri: b/h = 11,5/17,5 cm; približen medsebojni razmak: e = 370 cm;

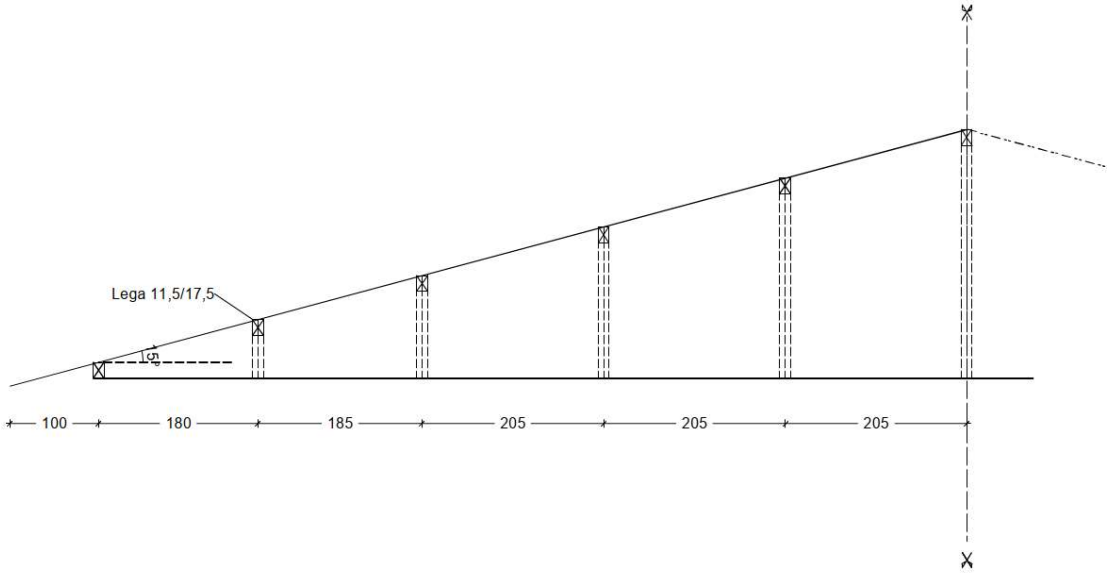
- Ročice: b/h = 10/12 cm;
- Škarje; b/h = 2x 2,5/18 cm;

Tudi pri prizidku je kritina izvedena s strešnimi izolacijskimi paneli debeline 3 cm. Naklon ostrešja znaša 15°. Obtežba se preko panelov prenaša na vzdolžne lege, kot je prikazano na sliki 10. Vzdolžne lege so izvedene kot kontinuirani nosilci (stikovane izven območja stebra). Upoštevali smo, da se del momenta prenese preko stebra.

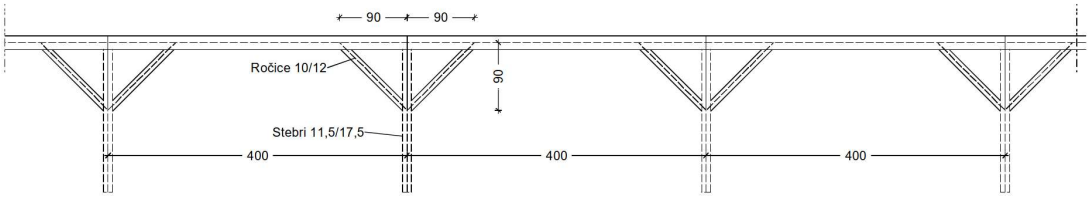
Vzdolžne lege so podprte s stebri, na medsebojnem razmaku 370 cm (slika 11). Stebri so preko jeklenega ležišča pritrjeni na AB betonsko ploščo, kot je prikazano na sliki 14.

Ostrešje je v vzdolžni horizontalni smeri zavarovano z ročicami, v prečni pa z dvojimi škarjami.

7.4 Ostrešje nad prizidkom zahod



Slika 15 – Prečni prerez ostrešja nad prizidkom ZAHOD



Slika 16 – Vzdolžni prerez ostrešja nad prizidkom ZAHOD



Slika 17 – Fotografija ostrešja nad prizidkom ZAHOD



Slika 18 – Fotografija ostrešja nad prizidkom ZAHOD

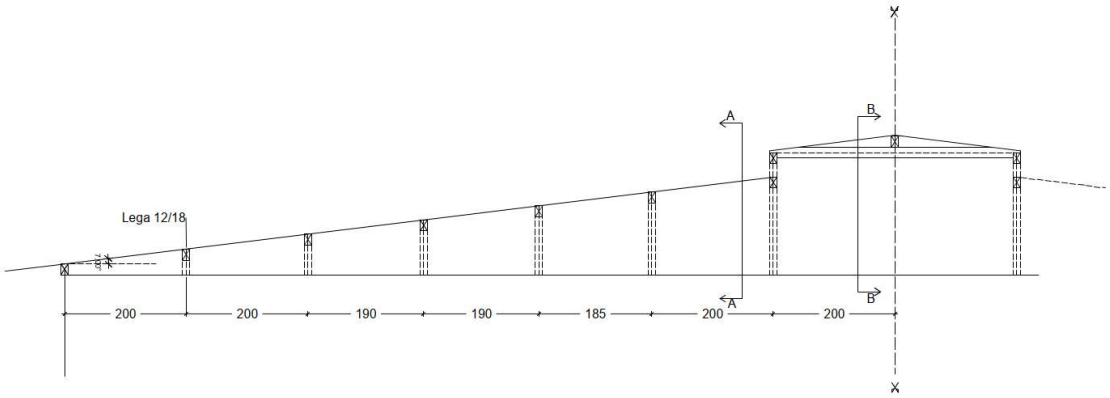
Leseno ostrešje nad prizidkom ZAHOD je podobne sestave kot ostrešje nad prizidkom VZHOD.

Sestavljeno iz naslednjih elementov:

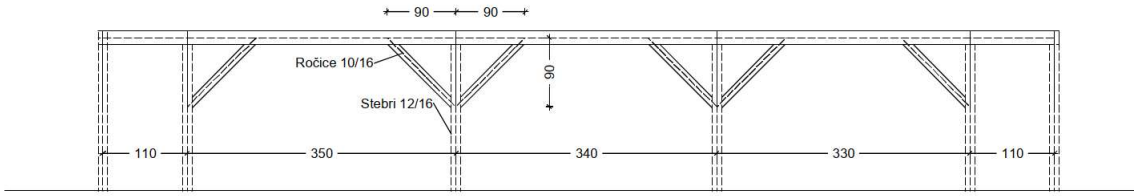
- Vzdolžen lege: b/h =11,5/17,5 cm, približni medsebojni razmak: e = 205 cm;
- Stebri: b/h = 11,5/17,5 cm; medsebojni razmak: **e = 400 cm**;

- Ročice: b/h = 10/12 cm;
- Škarje; b/h = 2x 2,5/18 cm;

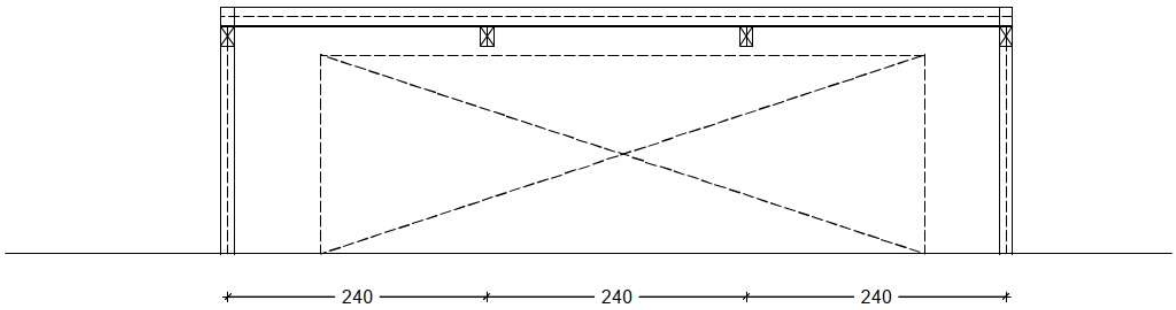
7.5 Ostrešje nad prizidkom k telovadnici



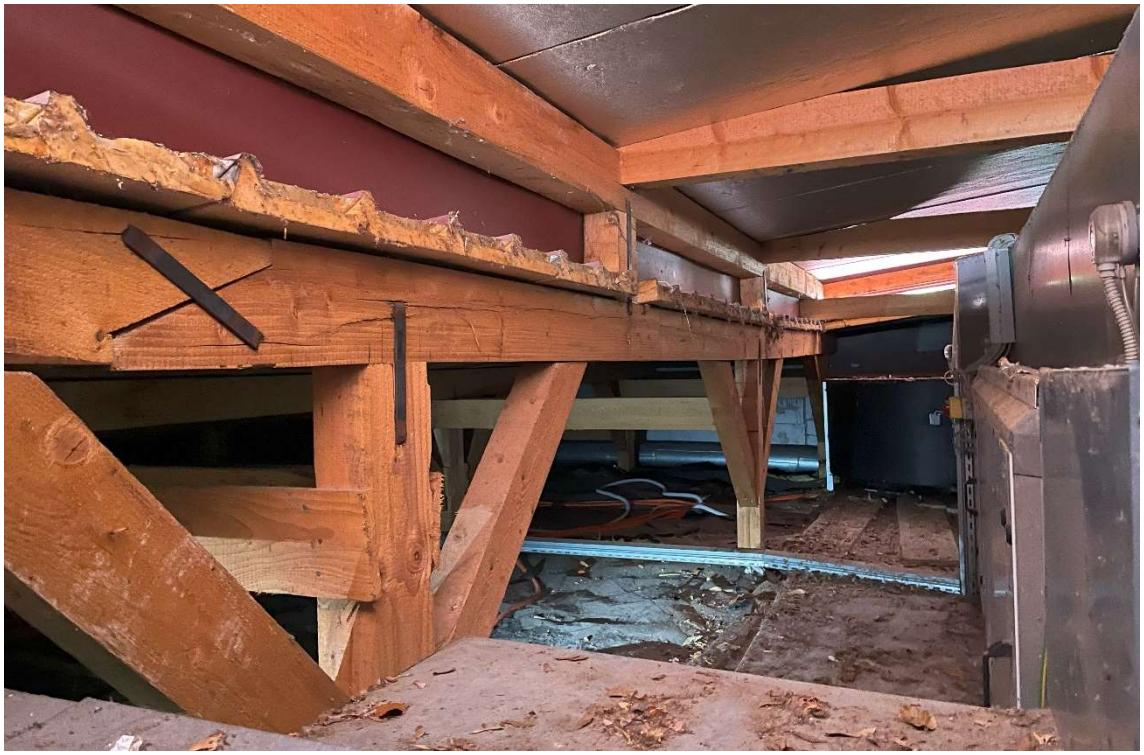
Slika 19 – Prečni prerez ostrešja nad prizidkom k telovadnici



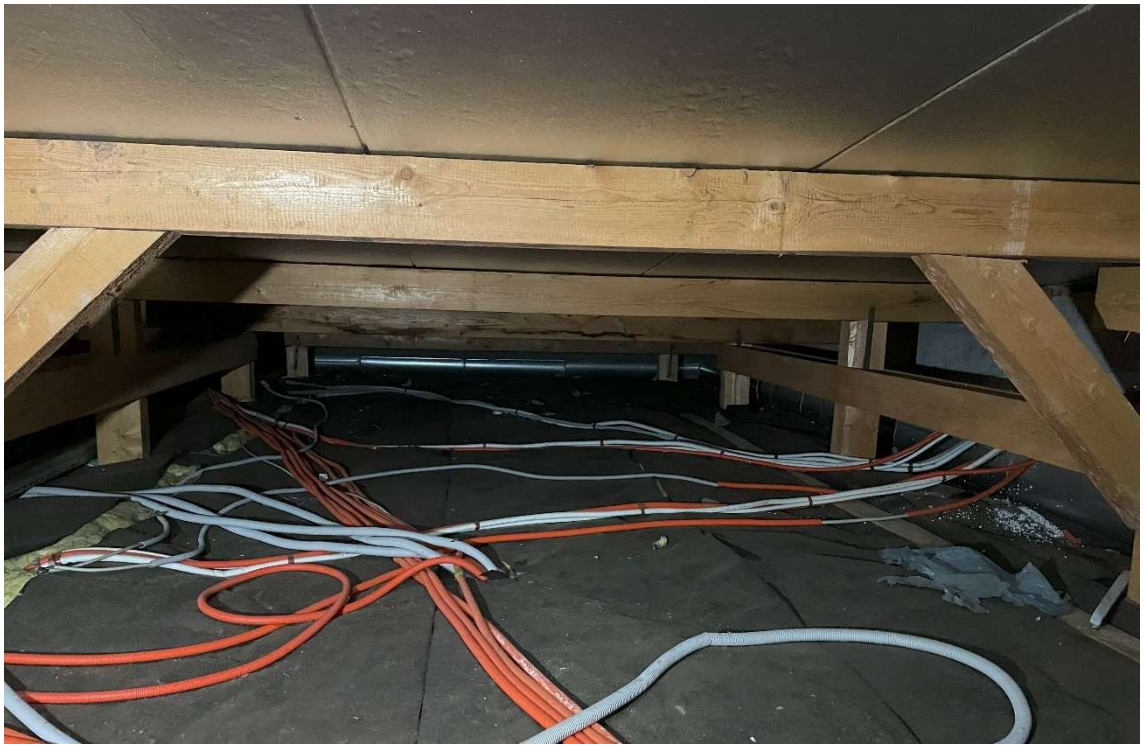
Slika 20 – Vzdolžni prerez A-A ostrešja nad prizidkom k telovadnici



Slika 21 – Vzdolžni prerez ostrešja B-B nad prizidkom k telovadnici (del, ki je nadvišan)



Slika 22 – Fotografija ostrešja nad prizidkom k telovadnici



Slika 23 – Fotografija ostrešja nad prizidkom k telovadnici

Leseno ostrešje nad prizidkom k telovadnici je podobne sestave kot ostrešje nad prizidkom VZHOD oz. ZAHOD.

Sestavljeno je iz naslednjih elementov:

- Vzdolžen lege: b/h =11,5/17,5 cm, približni medsebojni razmak: e = 200 cm;
- Stebri: b/h = 11,5/17,5 cm; približni medsebojni razmak: e = 350 cm;

- Ročice: b/h = 10/12 cm;
- Škarje; b/h = 2x 2,5/18 cm;

Ostrešje je izvedeno v naklonu 7°. Osrednji del ostrešja je nadvišan zaradi pozicije klimatske naprave, kot je razvidno na slikah 19, 21 in 22.

8. Uporabljeni programi

- SCIA-ESA Engineer 22.1.SCIA International nv, Belgium
- Microsoft Office programi

9. Uporabljeni materiali pri kontroli izračuna:

Smrekov les	C24 (EN 338)

10. Karakteristike lesa:

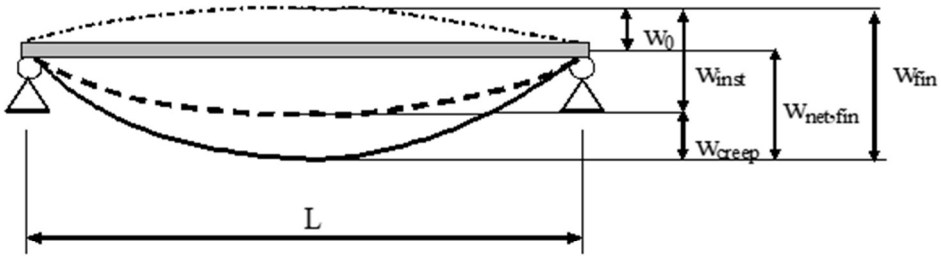
Table 1 — Strength classes - Characteristic values

		Softwood species												Hardwood species							
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Strength properties (in N/mm^2)																					
Bending	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	18	24	30	35	40	50	60	70
Tension parallel	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	11	14	18	21	24	30	36	42
Tension perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compression parallel	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	18	21	23	25	26	29	32	34
Compression perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	10,5	13,5
Shear	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0
Stiffness properties (in kN/mm^2)																					
Mean modulus of elasticity parallel	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	9,5	10	11	12	13	14	17	20
5 % modulus of elasticity parallel	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8	8,5	9,2	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8
Mean modulus of elasticity perpendicular	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33
Mean shear modulus	G_{mean}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25
Density (in kg/m^3)																					
Density	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Mean density	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080

NOTE 1 Values given above for tension strength, compression strength, shear strength, 5 % modulus of elasticity, mean modulus of elasticity perpendicular to grain and mean shear modulus, have been calculated using the equations given in Annex A.
NOTE 2 The tabulated properties are compatible with timber at a moisture content consistent with a temperature of 20 °C and a relative humidity of 65 %.
NOTE 3 Timber conforming to classes C45 and C50 may not be readily available.
NOTE 4 Characteristic values for shear strength are given for timber without fissures, according to EN 408. The effect of fissures should be covered in design codes.

Slika 24 - Mehanske lastnosti masivnega lesa po EN 338

11. Splošne omejitve glede povesov in horizontalnih pomikov



Sl. 5-1. Prikaz začetnih in končnih upogibov

Pr. 5-1. Dopustne vrednosti upogibov(w_{lim}) za nosilce

	$w_{inst,lim}$	$w_{net,fin,lim}$	$w_{fin,lim}$
prostoležeči nosilec	L/300 do L/500	L/250 do L/350	L/150 do L/300
konzolni nosilec	L/150 do L/250	L/125 do L/175	L/75 do L/150

Slika 25 - Omejitve navpičnih premikov konstrukcij skladno z SIST EN 1995-1-1:2005

12. Vplivi na konstrukcijo

V statičnem izračunu je bila upoštevana naslednja obtežba:

12.1 Lastna teža profilov

Smrekov les C24	ρ	=	**4,2 kN/m³**

Lastna teža konstrukcije je upoštevana v programu.

12.2 Stalna obtežba

Obstojča stalna obtežba na strehi:

Strešni izolacijski paneli	=	0,15 kN/m²
$g_{k,1}$	=	**0,15 kN/m²**

Nova stalna:

SE Paneli	=	0,20 kN/m²
$g_{k,2}$	=	**0,20 kN/m²**

Komentar:

Iz popisa del zamenjave strehe na OŠ Trzin, z dne 3. 4. 20215 je razvidna trenutna strešna kritina:

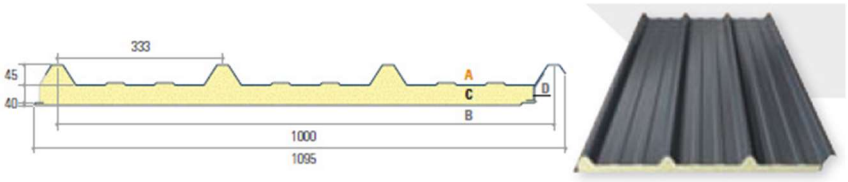
2 Dobava in montaža strešne kritine iz visoko profilirane pločevine
Fe 0,6 mm, poc., barv., RAL 3009, minimalno 200 g. cinka /m2, s protikondenčnim obrizgom
poliuretanska pena 1-3 cm, spodaj alu folija
vključno vijačni in tesnilni material

Iz tehničnih podatkov enega izmed proizvajalcev je bila ocenjena teža 3 cm panelov, ki znaša okvirno 10 kg/m^2. Pri izračunu upoštevamo konzervativno vrednost 0,15 kN/m^2.

Tehnični podatki

Zgornja stran: pločevina
Spodnja stran: pločevina, karton, aluminijasta folija
Polnilo: poliuretan, mineralna volna

» Strešni panel s poliuretanom:



Možne debeline (S): 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm, 80 mm, 100 mm, 120 mm in 150 mm

Debelina izolacije [mm]	Toplotna izolativnost U [W/m2k]	Teža (kg/m2)
30	0,76	9,34
40	0,58	9,93
50	0,46	10,44
60	0,38	10,72
80	0,29	11,48
100	0,23	12,30
125	0,19	13,74

Slika 26: Ocena teže panelov (Vir: http://www.novohlad.si/index.php/izolacijski-paneli/stresni-izolacijski-paneli)

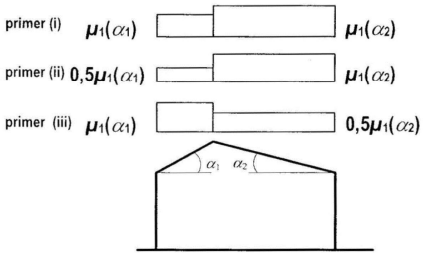
12.3 Obtežba snega

Kraj: Trzin
Cona A2
n.v =300 m
naklon strehe: α = 15° oz. 7°

Snežna obtežba v skladu s SIST EN 1991-1-3:2005 (dvokapnica)
Projekt: P24005 - Statična presoja po namestitve SE, OŠ Trzin

1 Osnovni podatki

kraj	Trzin	
nadmor. višina A =	300 m.n.v.	
cona =	A2	
nagib strehe α_1 =	15,00 °	
nagib strehe α_2 =	15,00 °	
topl. prevod. W =	≤ 1 W/m2K	SIST EN 1991-3, 5.2(8)
ovire =	da	npr. snegobrani
vrsta terena =	Običajen	SIST EN 1991-3, Pregl. 5.1



2 Oblikovni in drugi koeficienti

μ_1 (α_1) =	0,80	
μ_1 (α_2) =	0,80	
C_e =	1,00	koeficient izpostavljenosti; SIST EN 1991-3, Pregl. 5.1
C_t =	1,00	toplotni koeficient; SIST EN 1991-3, 5.2(8)

3 Karakteristična snežna obtežba (SIST EN 1993-1-3, 5.2(3P))

s_k = 1,51 kN/m2	karakt. obtežba snega na tleh
s (α_1) = 1,21 kN/m2	**karakt. obtežba snega na strehi**
s (α_2) = 1,21 kN/m2	

12.4 Obtežba vetra

Kraj: Trzin
Cona 1
n.v = 300 m
Višina objekta: 10,0 m
$V_{b,0}$ = 20 m/s
Naklon strehe = 15° oz. 7°
Kategorija terena: II
$q_p(z)$ = 0,59 kN/m2

Za analizo strešnih nosilcev je merodajen pritisk vetra na streho. Le ta znaša:

Območje I: $C_{pe,10}$ = 0,20 → W_{pe} = 0,12 kN/m^2

➔ Pri statični analizi upoštevamo 0,15 kN/m^2

13. Kombinacijske vrednosti vplivov

13.1 Mejno stanje nosilnosti

Stalno projektno stanje

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}\,G_{k,j}\,"+"\,\gamma_{P}\,P\,"+"\,\gamma_{Q,1}\,Q_{k,1}\,"+"\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\,\psi_{0,i}\,Q_{k,i}$$

Nezgodno projektno stanje

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}\,"+"\,P\,"+"\,A_{d}\,"+"\,(\psi_{1,1}\ \text{oder}\ \psi_{2,1})\,Q_{k,1}\,"+"\sum_{i>1}\psi_{2,i}\,Q_{k,i}$$

Potresno projektno stanje

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}\,"+"\,P\,"+"\,A_{Ed}\,"+"\sum_{i\geq 1}\psi_{2,i}\,Q_{k,i}$$

13.2 Mejno stanje uporabnosti

Karakteristična kombinacija

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}\,"+"\,P\,"+"\,Q_{k,1}\,"+"\sum_{i>1}\psi_{0,i}\,Q_{k,i}$$

Pogosta kombinacija

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}\,"+"\,P\,"+"\psi_{1,1}\,Q_{k,1}\,"+"\,\sum_{i>1}\psi_{2,i}\,Q_{k,i}$$

Navidezno stalna kombinacija

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}\,"+"\,P\,"+"\,\sum_{i\geq 1}\psi_{2,i}\,Q_{k,i}$$

Vpliv	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Koristna obtežba v stavbah (glej EN 1991-1-1)			
Kategorija A: bivalni prostori	0,7	0,5	0,3
Kategorija B: pisarne	0,7	0,5	0,3
Kategorija C: stavbe, kjer se zbirajo ljudje	0,7	0,7	0,6
Kategorija D: trgovine	0,7	0,7	0,6
Kategorija E: skladišča	1,0	0,9	0,8
Kategorija F: prometne površine vozilo s težo ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorija G: prometne površine 30 kN < teža vozila ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategorija H: strehe	0	0	0
Obtežba snega na stavbah (glej EN 1991-1-3)*			
Finska, Islandija, Norveška, Švedska	0,7	0,5	0,2
Druge članice CEN, za kraje z nadmorsko višino nad 1.000 m	0,7	0,5	0,2
Druge članice CEN, za kraje z nadmorsko višino pod 1.000 m	0,5	0,2	0
Obtežba vetra na stavbah (glej EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Spremembe temperature (ne pri požaru) v stavbah (glej EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

OPOMBA: Vrednosti faktorjev ψ so lahko določene v nacionalnem dodatku.
*) Za države, ki niso omenjene v nadaljevanju. glej ustrezne krajevne pogoje.

Slika 27 – Priporočene vrednosti faktorjev Ψ (EN 1990:2004 Preglednica A.1.1)

14. Projektne vrednosti vplivov

Upoštevajo se najmanj ugodne projektne vrednosti vplivov.

Projektne vrednosti za mejno stanje nosilnosti (MSN):

Stalna obtežba: 1,35 / 1,00
Spremenljiva obtežba 1,50 / 0,00

Projektne vrednosti za nezgodno oz. potresno projektno stanje in za mejno stanje uporabnosti (MSU):

Stalna obtežba: 1,00 / 1,00
Spremenljiva obtežba 1,00 / 0,00

15. Statična presoja

V nadaljevanju je opisana statična presoja objekta. Mehansko odpornost in stabilnost objekta po namestitvi SE dokazujemo s kontrolo kritičnih konstrukcijskih elementov. Kontrole temeljijo na podatkih pridobljenih pri ogledu in pri podatkih v projektni dokumentaciji [1] in [2].

Uporabili smo dodatno obtežitev zaradi namestitve SE: $\mathbf{g_{SE} = 0{,}20\ kN/m^2}$. To vrednost upoštevamo v vseh kontrolah.

Kontrole izvedemo po trenutno veljavnih predpisih Evrokod.

15.1 Statični model

Statično analizo smo izvedli v programu Scia Engineer. Izdelala se je posamezna kontrola nosilnih elementov ostrešja, ločeno za različne tipe ostrešja.

Izračuni so prikazani na naslednjih straneh.

16. Statični izračun

16.1 Ostrešje nad učilnicami

Na naslednjih straneh so prikazani rezultati za ostrešje nad učilnicami.

16.1.1 Uporabljeni prečni prerezi

Name	Type	Item material	A [m^2]	A_y [m^2]	I_y [m^4]	$W_{el.y}$ [m^3]	$W_{pl.y}$ [m^3]	Colour
	Detailed			A_z [m^2]	I_z [m^4]	$W_{el.z}$ [m^3]	$W_{pl.z}$ [m^3]	
CS1	RECT	C24 (EN 338)	2,3625e-02	1,9696e-02	6,0293e-05	6,8906e-04	8,4434e-04	
	135; 175			1,9693e-02	3,5880e-05	5,3156e-04	6,5135e-04	
CS2	RECT	C24 (EN 338)	1,3500e-02	1,1256e-02	2,0503e-05	3,0375e-04	3,7220e-04	
	100; 135			1,1253e-02	1,1250e-05	2,2500e-04	2,7570e-04	
CS3	RECT	C24 (EN 338)	1,8225e-02	1,5193e-02	2,7679e-05	4,1006e-04	5,0247e-04	
	135; 135			1,5193e-02	2,7679e-05	4,1006e-04	5,0247e-04	
CS4	RECT	C24 (EN 338)	4,0000e-03	3,3341e-03	8,3333e-07	3,3333e-05	4,0845e-05	
	80; 50			3,3353e-03	2,1333e-06	5,3333e-05	6,5352e-05	

16.1.2 Obtežba

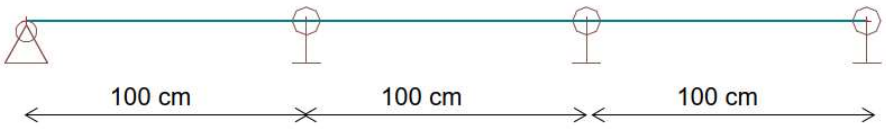
Name	Description	Action type	Load group	Direction	Duration	Master load case
	Spec	Load type				
LC1	Lastna	Permanent	LG1 - Stalna	-Z		
		Self weight				
LC2	Stalna	Permanent	LG1 - Stalna			
		Standard				
LC3	Sneg	Variable	LG2 - Sneg		Medium	None
	Standard	Static				
LC4	Veter	Variable	LG3 - Veter		Short	None
	Standard	Static				

16.1.3 Kombinacije

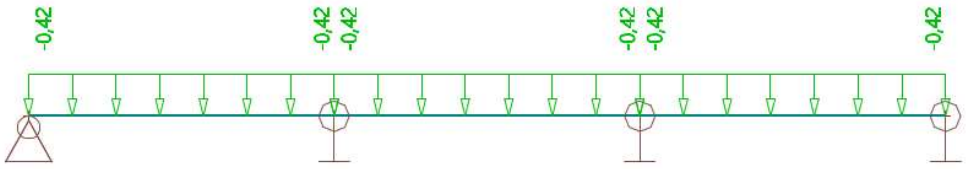
Name	Description	Type	Load cases	Coeff. [-]
GZT		EN-ULS (STR/GEO) Set B	LC1 - Lastna	1,00
			LC2 - Stalna	1,00
			LC3 - Sneg	1,00
			LC4 - Veter	1,00
GZG		EN-SLS Characteristic	LC1 - Lastna	1,00
			LC2 - Stalna	1,00
			LC3 - Sneg	1,00
			LC4 - Veter	1,00

16.1.4 Leseni remeljni

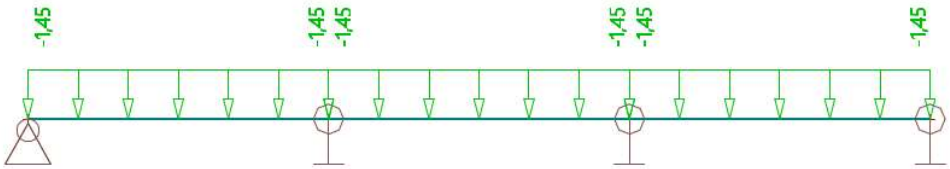
Dimenzije: b/h = 8/5 cm
Vplivno območje: 120 cm
Razdalja med podporo: 100 cm



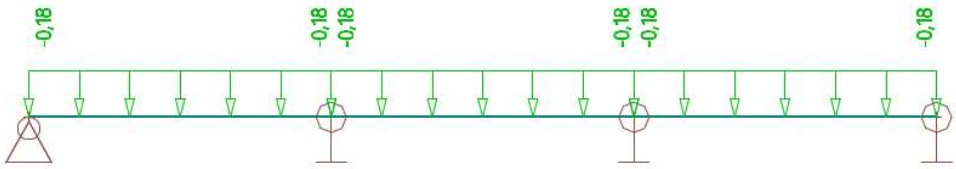
Slika 28 – Model za statično kontrolo lesenih legic



Slika 29 – Stalna obtežba



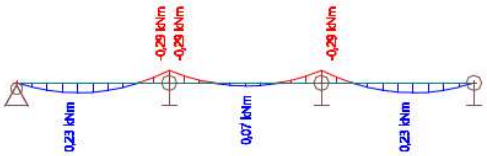
Slika 30 – Obtežba snega



Slika 31 – Obtežba vetra

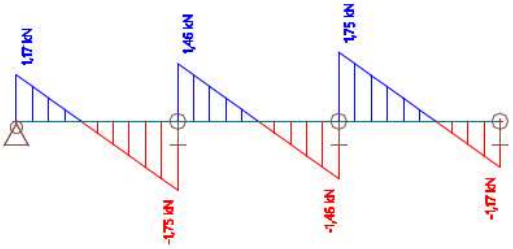
16.1.4.1 Rezultati

Values: $\mathbf{M_y}$
Linear calculation
Class: All ULS
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Member
Selection: All

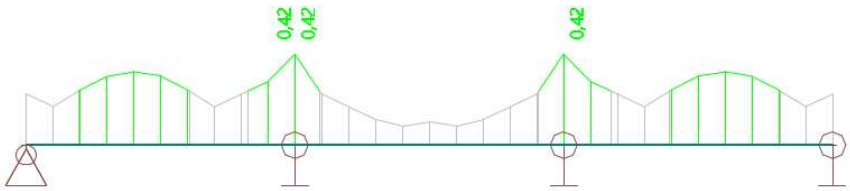


Slika 32 – Momenti My

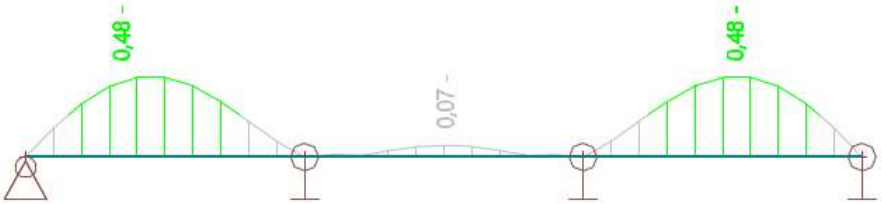
Values: $\mathbf{V_z}$
Linear calculation
Class: All ULS
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Member
Selection: All



Slika 33 – Prečne sile Vz



Slika 34 – Kontrola izkoriščenosti prečnega prereza letvic

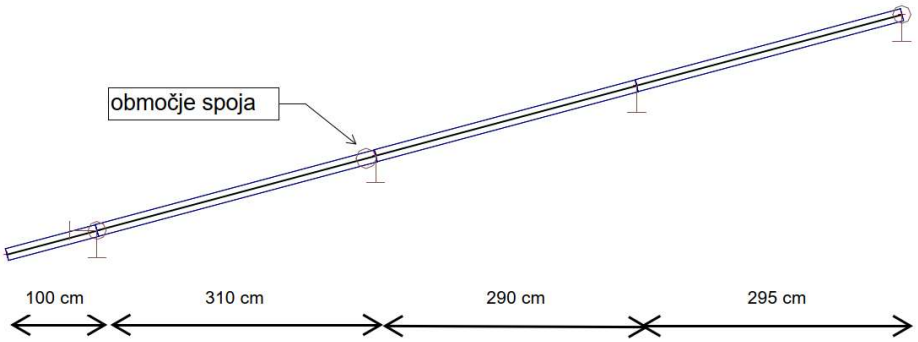


Slika 35 – Kontrola pomikov letvic

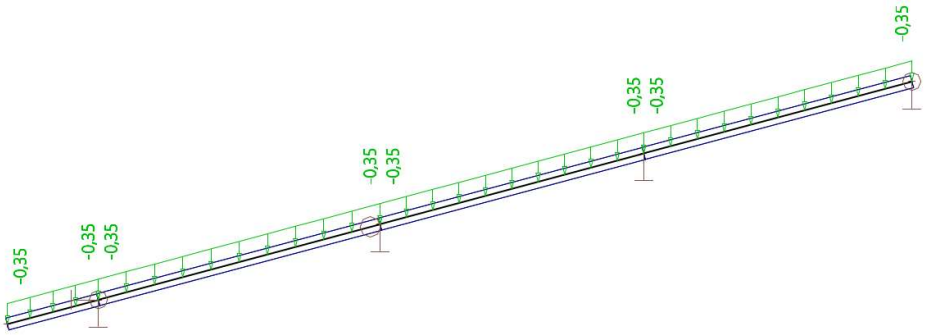
Rezultati so pokazali, da je izkoriščenost prereza letvic v mejnem stanju nosilnosti 0,42, pri mejnem stanju uporabnosti pa 0,48. Obe vrednosti sta torej manjši od 1, zato lahko zaključimo, da le ti prenesejo upoštevano obtežbo.

16.1.5 Špirovci

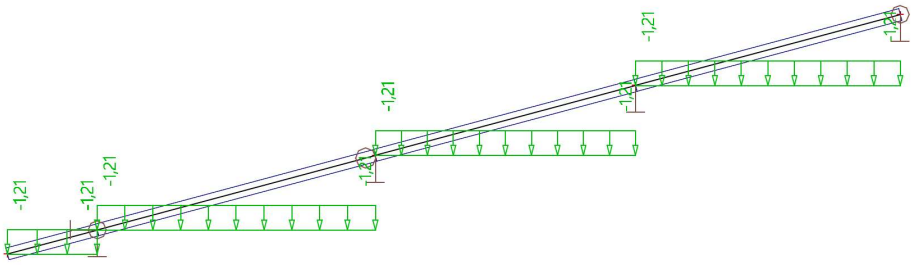
Dimenzije: b/h = 10/13,5 cm
Vplivno območje: 100 cm
Razdalja med podporo: glej sliko 36



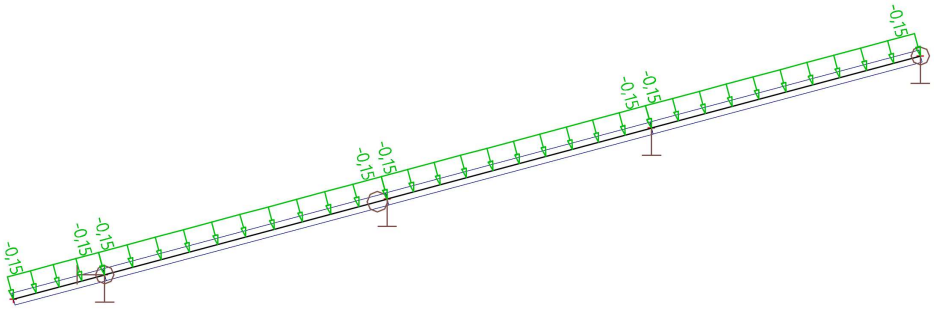
Slika 36 – Model za statično kontrolo lesenih špirovcev



Slika 37 – Stalna obtežba



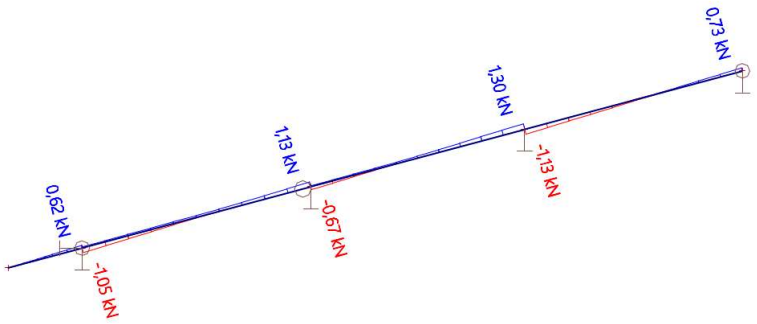
Slika 38 – Obtežba snega



Slika 39 – Obtežba vetra

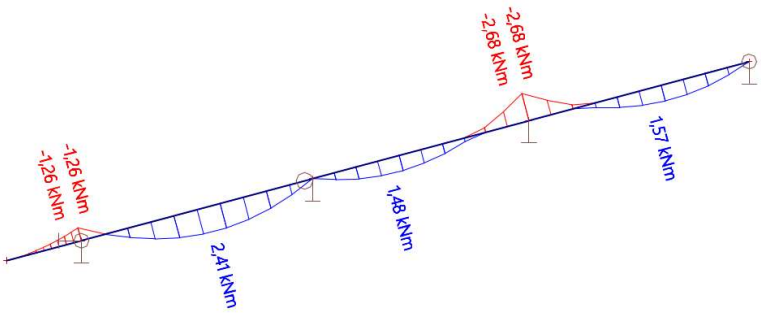
16.1.5.1 Rezultati

Values: **N**
Linear calculation
Class: All ULS
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Member
Selection: All



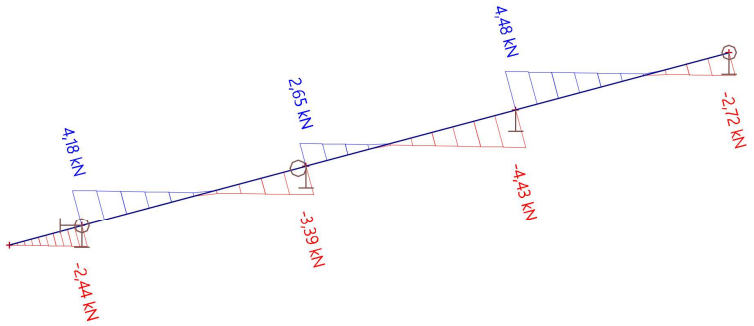
Slika 40 – Osne sile Ned

Values: $\mathbf{M_y}$
Linear calculation
Class: All ULS
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Member
Selection: All

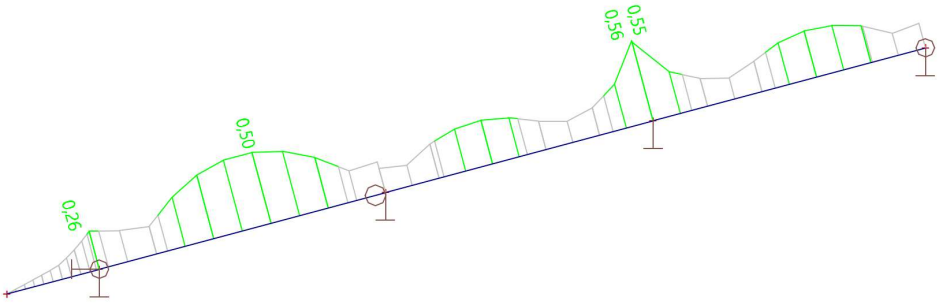


Slika 41 – Momenti My

Values: **V_z**
Linear calculation
Class: All ULS
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Member
Selection: All

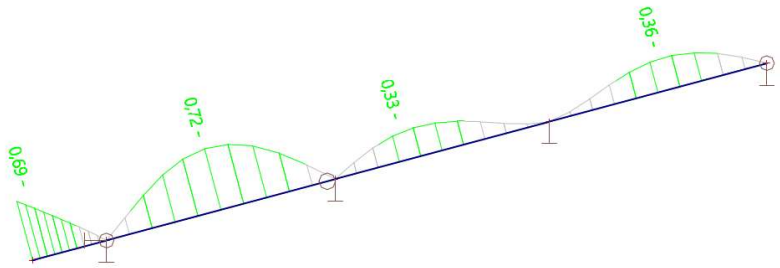


Slika 42 – Prečne sile Vz



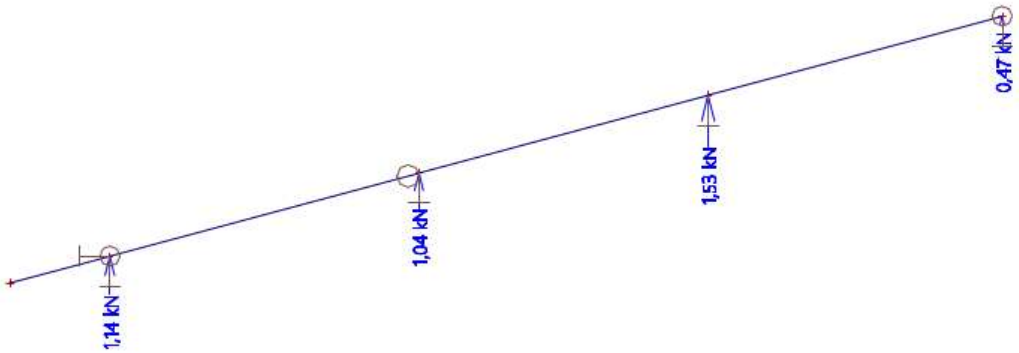
Slika 43 – Kontrola izkoriščenosti prečnega prereza špirovcev

Values: $UC_{Overall}$
Linear calculation
Combination: GZG
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Member
Selection: All

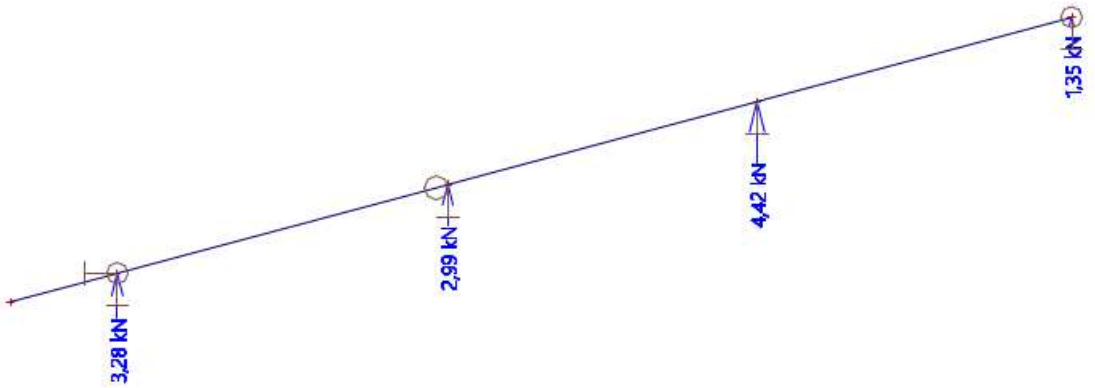


Slika 44– Kontrola pomikov prečnega prereza špirovcev

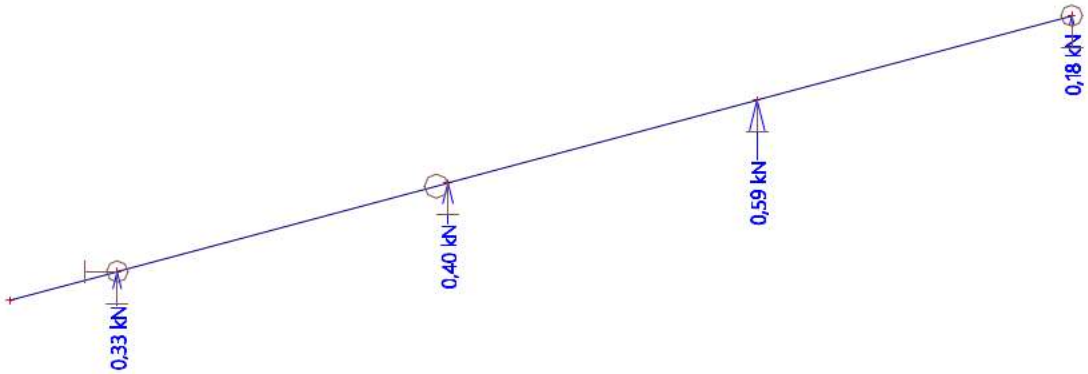
Iz zgornjih rezultatov je razvidno, da je izkoriščenost prereza špirovcev 10/13,5 v mejnem stanju nosilnosti 0,56, pri mejnem stanju uporabnosti pa 0,72. Izkoriščenost je torej manjša od 1,0 zato lahko zaključimo, da so špirovci ustrezni za predvideno obtežbo.



Slika 45– Reakcije lastne + stalne obtežbe



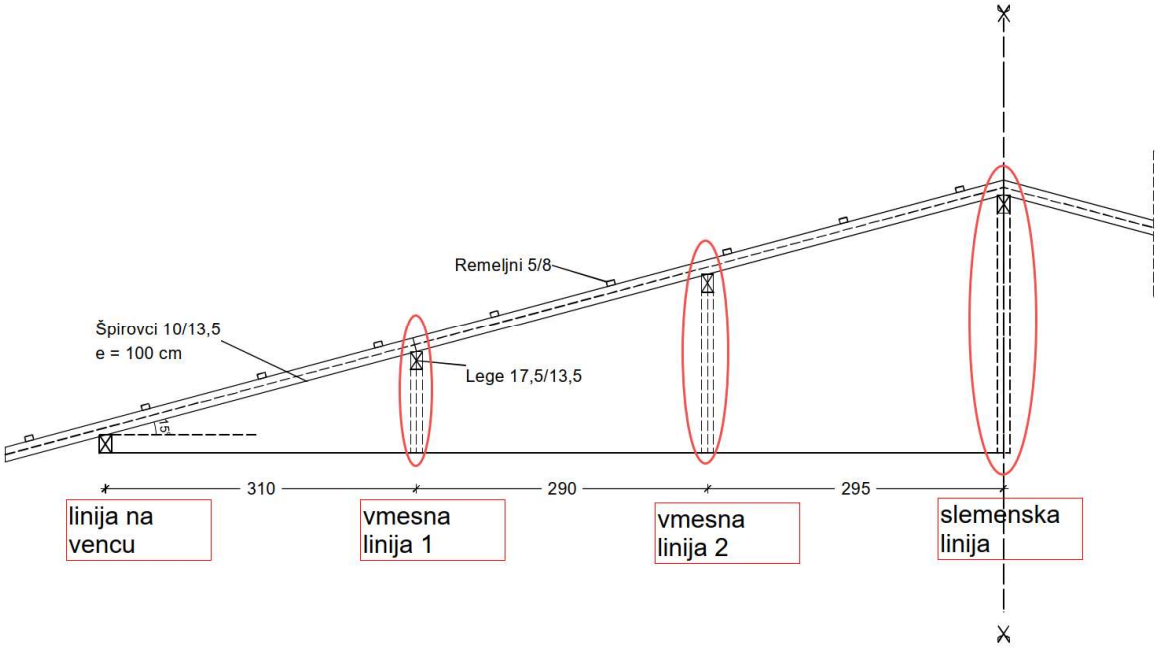
Slika 46– Reakcije obtežbe snega



Slika 47– Reakcije obtežbe vetra

16.1.6 Vzdolžne lege

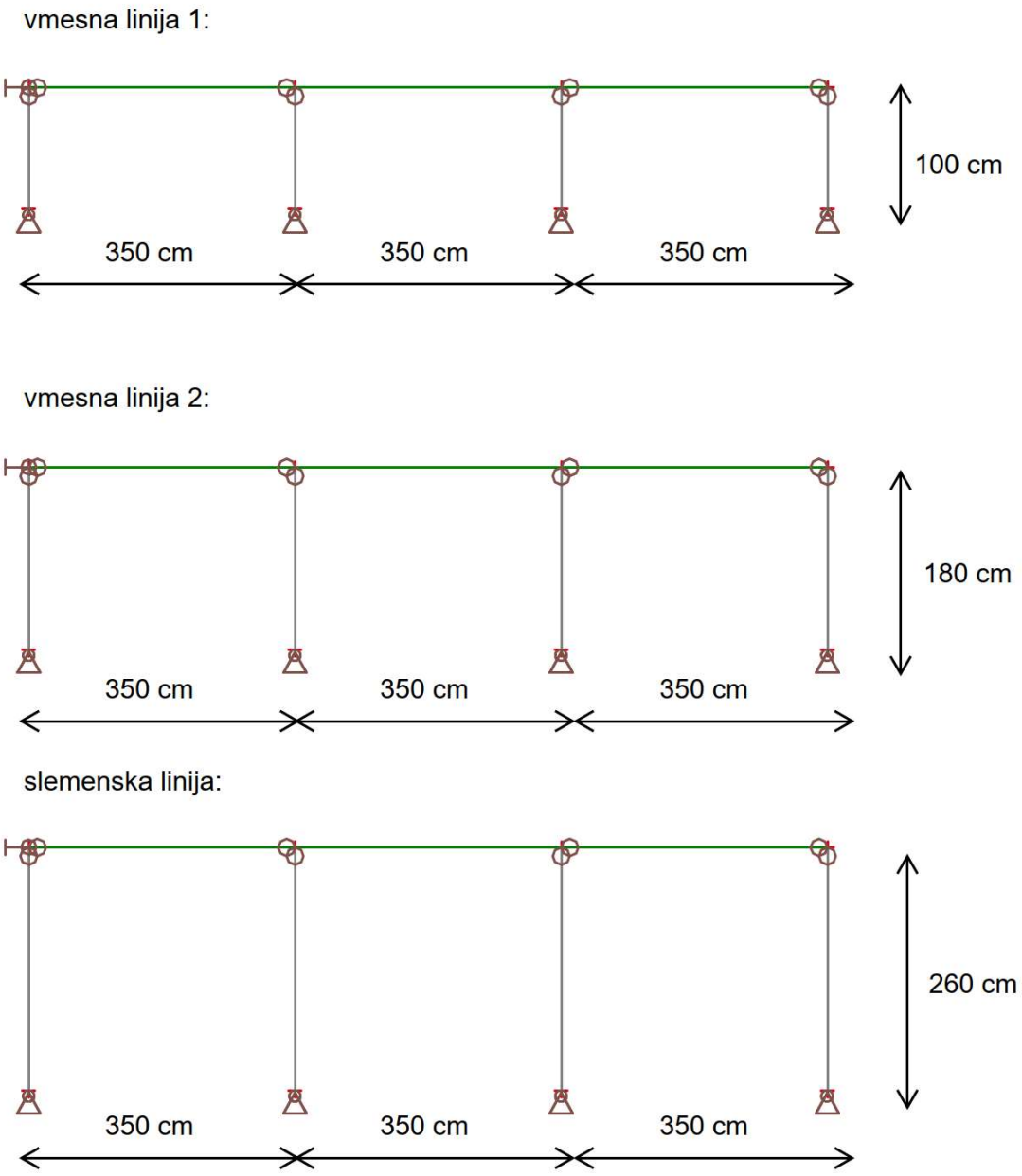
Dimenzije: b/h = 17,5/13,55 cm
Vplivno območje: glej sliko 38
Razdalja med podporo: 350 cm
Obtežba: Glej reakcije na slikah 45-47



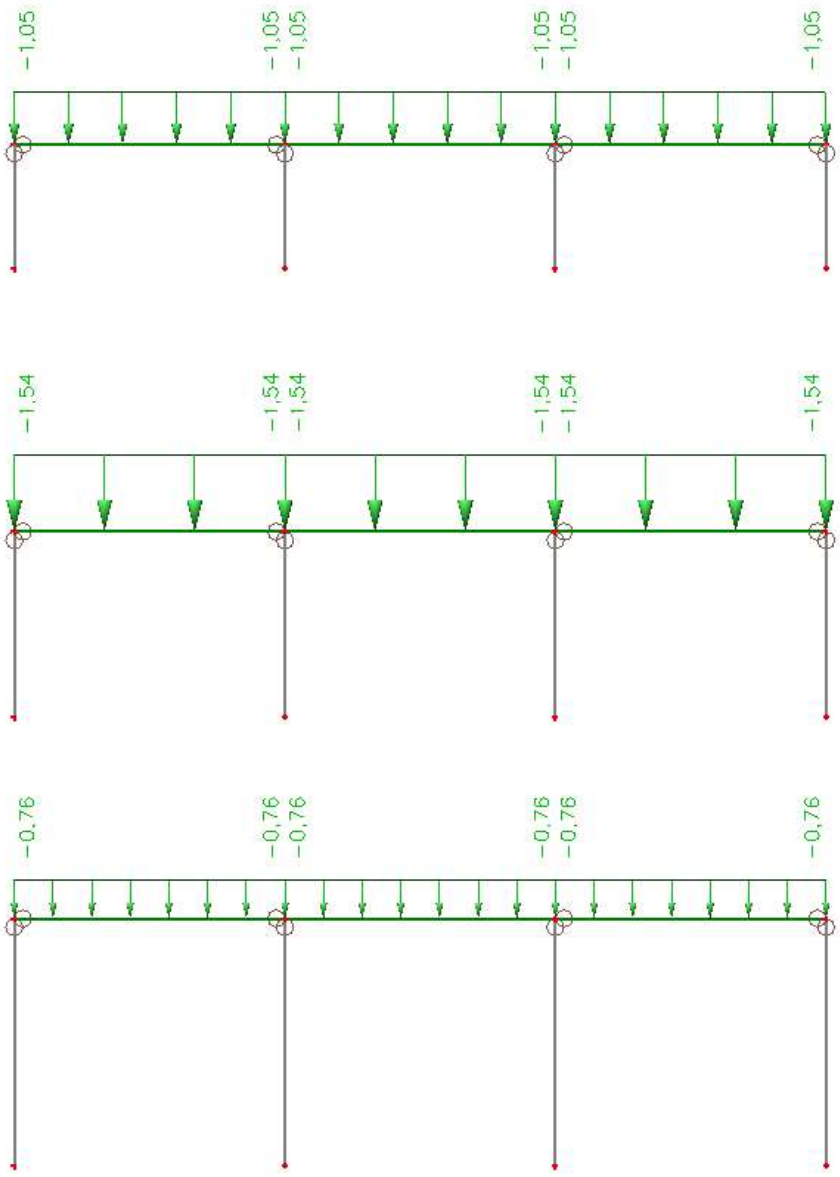
Slika 48 – Prikaz linij leg

Komentar: Obravnavali smo posebej vmesni liniji 1 in 2 ter slemensko linijo podpor. Vzdolžna lega na vencu je podprta linijsko, zato računski dokaz ni merodajen. Ročice pri izračunu nismo upoštevali, saj so le te namenjene za povečanje togosti v horizontalni smeri. Višine stebrov na sliki so približne.

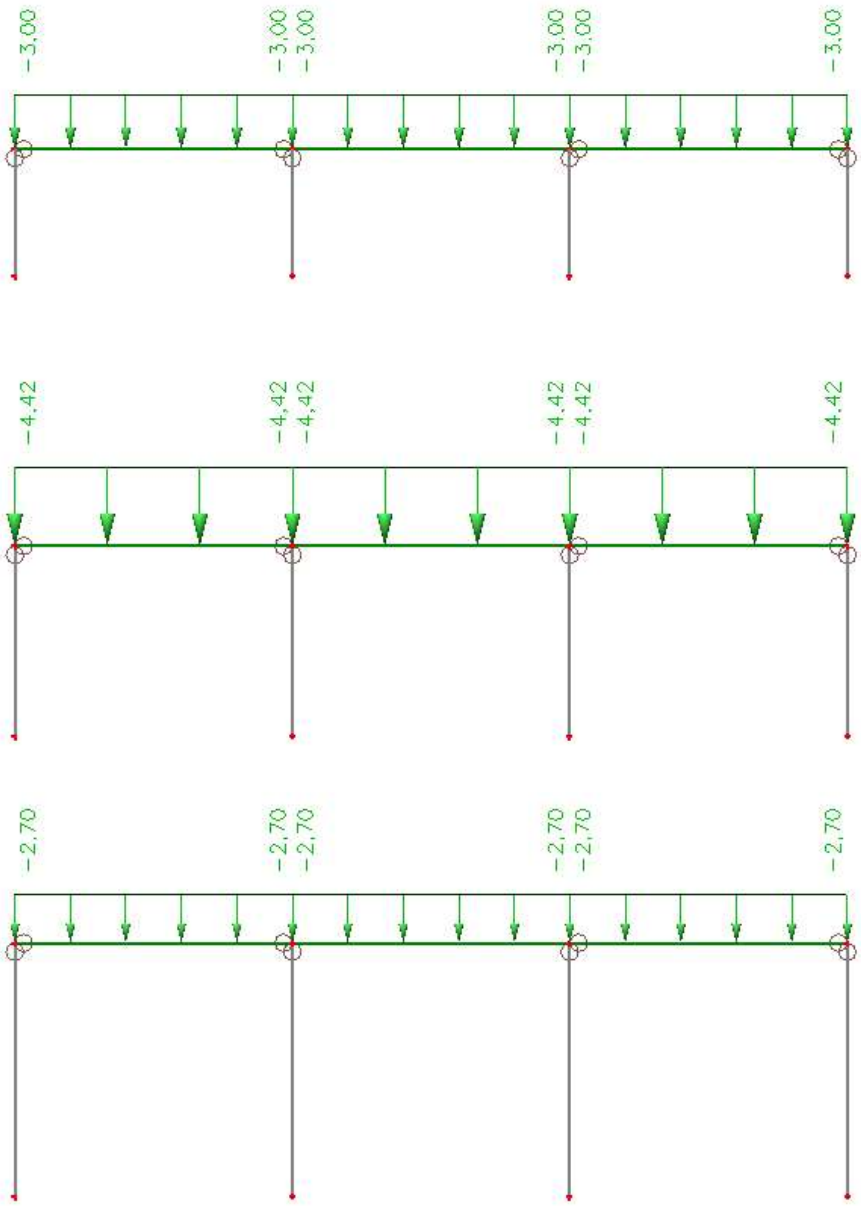
Opomba: Pri slemenski liniji smo upoštevali, da je obtežba panelov le na eni strani ostrešja. Na drugi strani je upoštevana stalna obtežba v velikosti 0,15 kN/m^2.



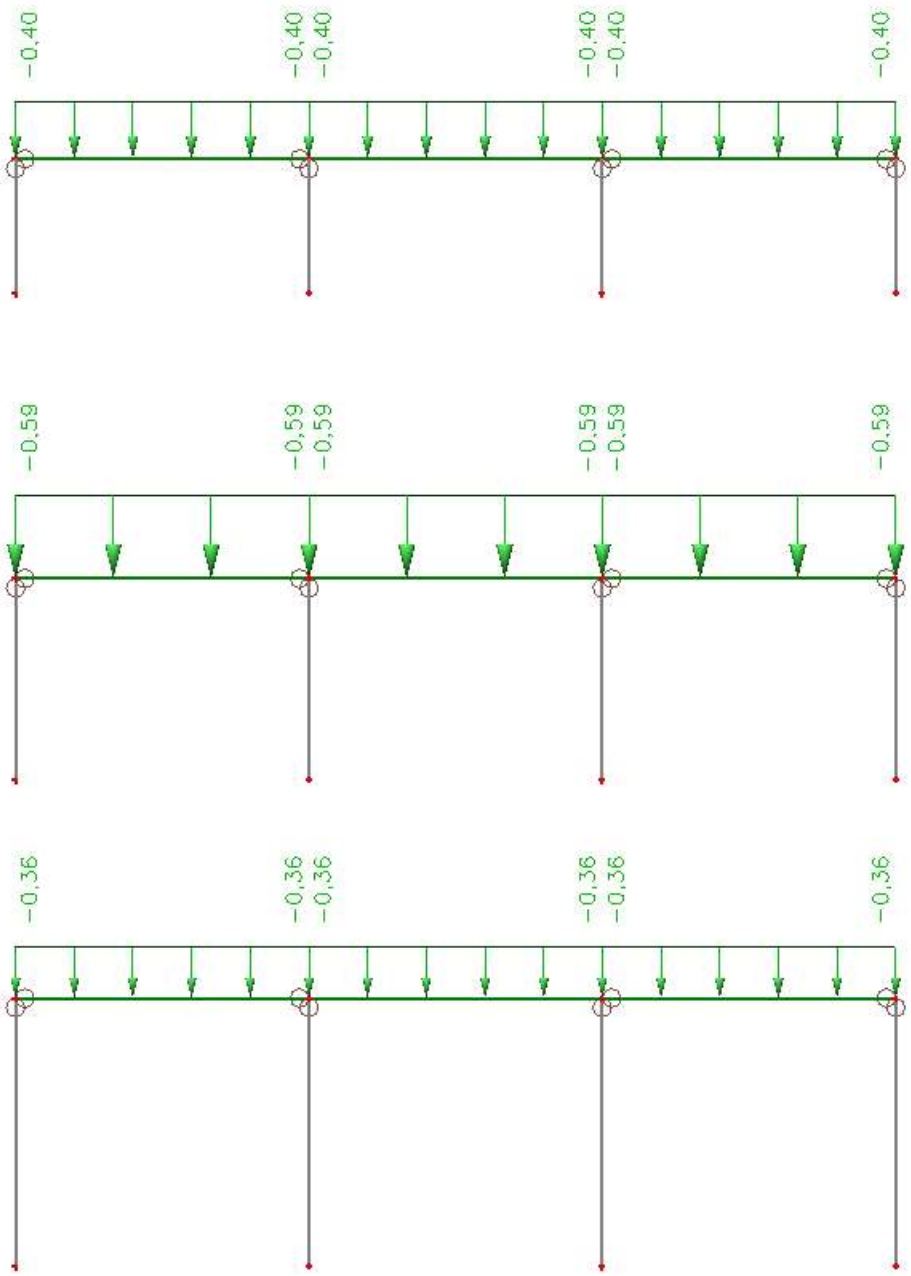
Slika 49 – Prikaz linij leg



Slika 50: Stalna obtežba vzdolžnih leg

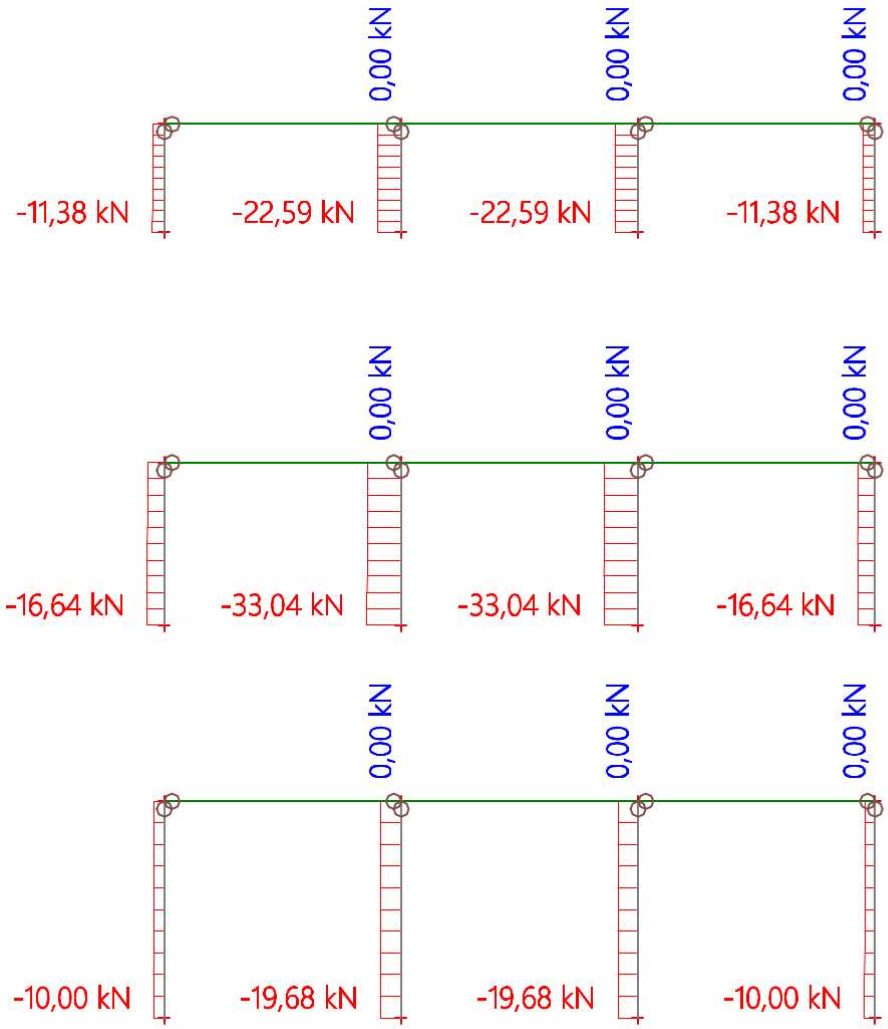


Slika 51 – Obtežba snega

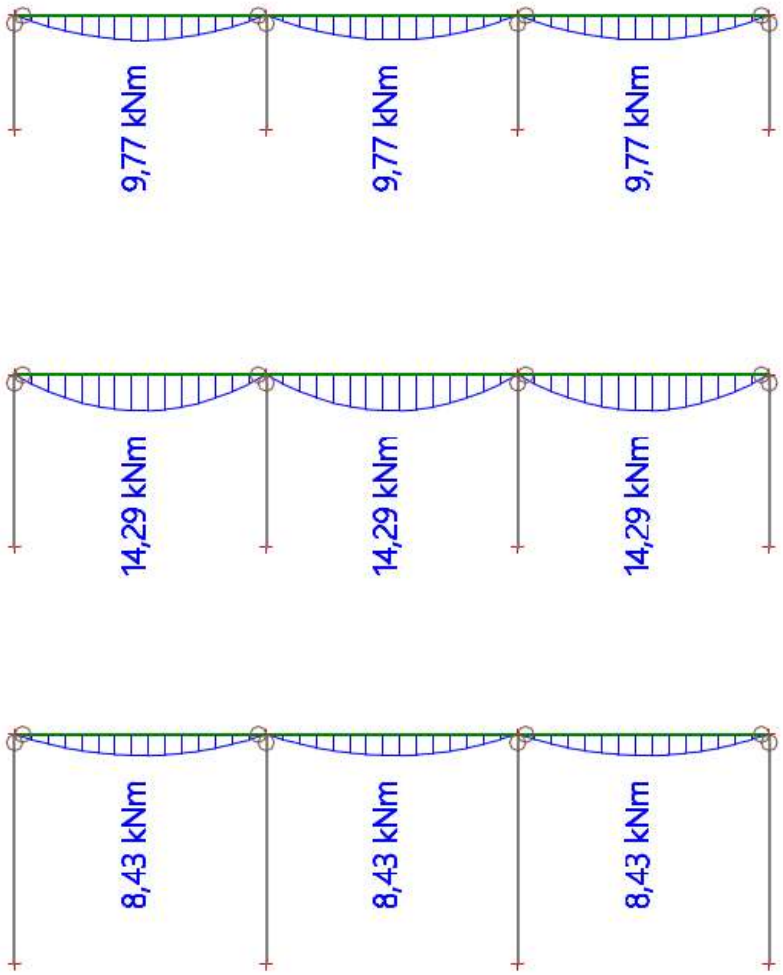


Slika 52 – Obtežba vetra

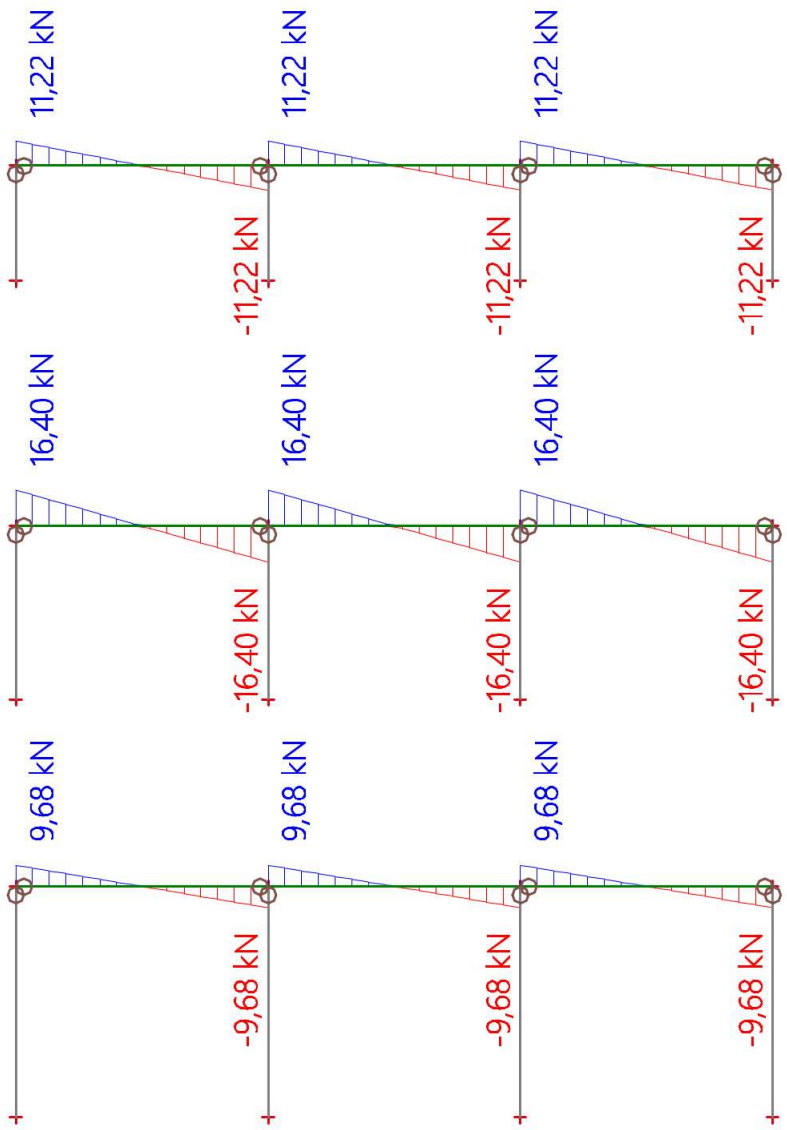
16.1.7 Rezultati



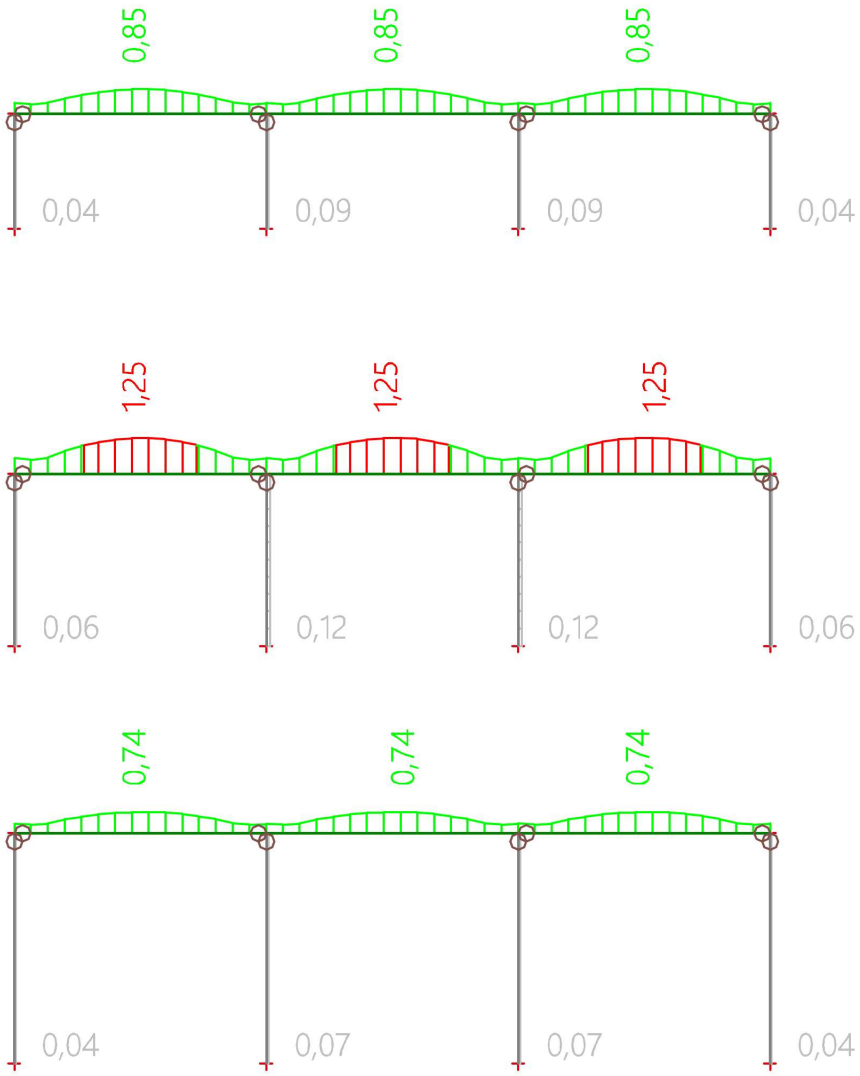
Slika 53 – Osna sila Nx



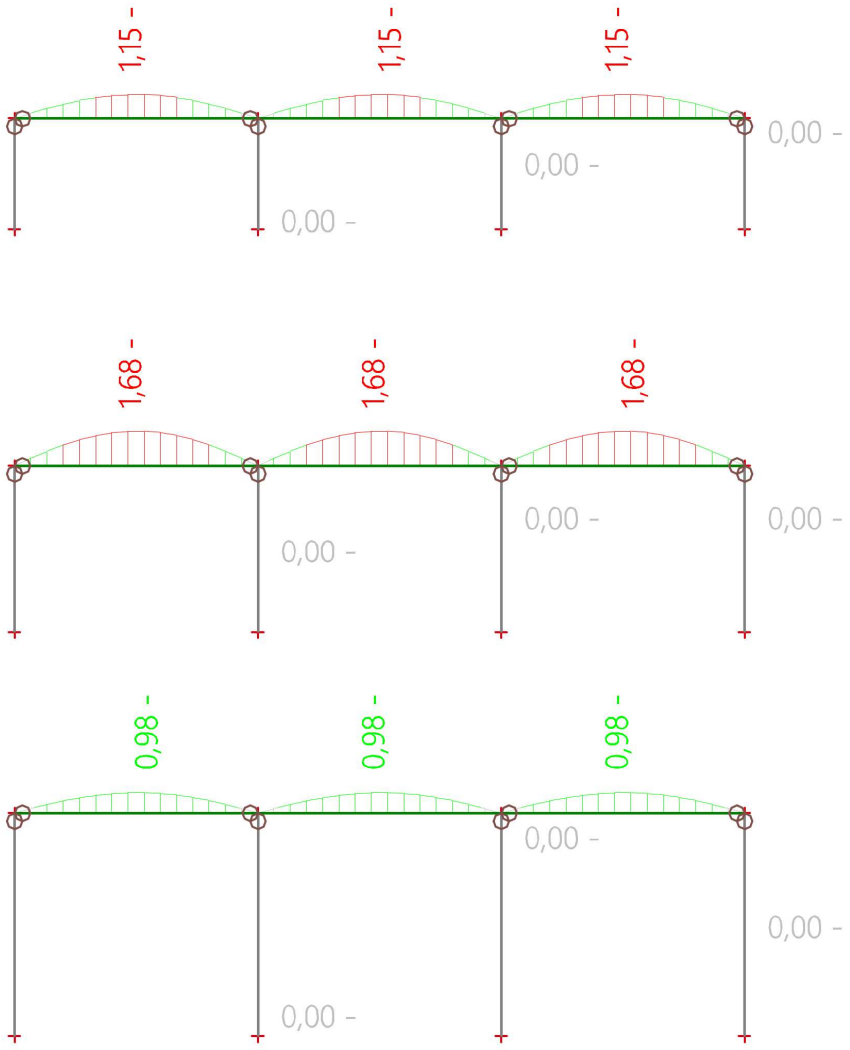
Slika 54 – Momenti My



Slika 55 – Prečne sile Vz



Slika 56 – Kontrola izkoriščenosti prečnega prereza vzdolžnih leg

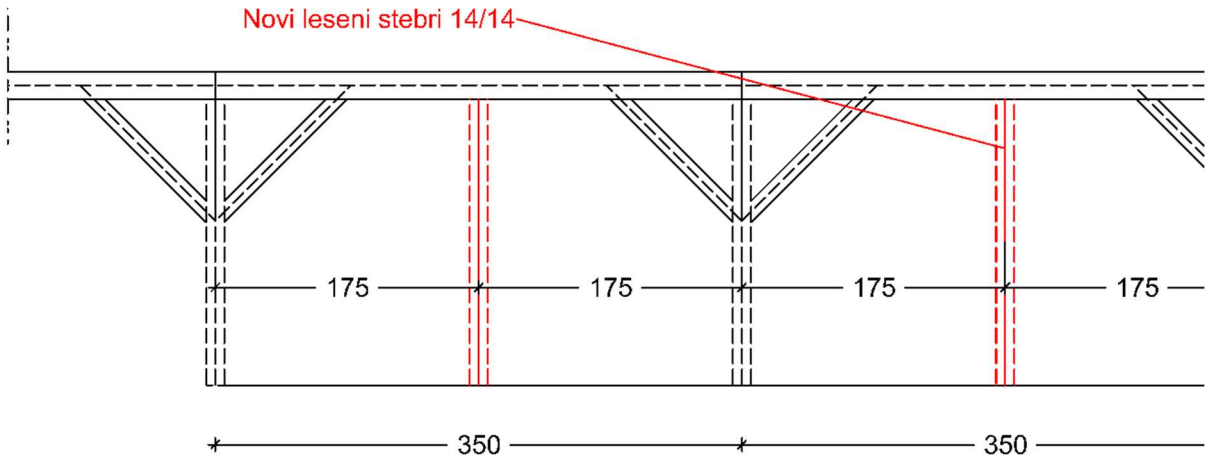


Slika 57 – Kontrola pomikov vzdolžnih leg

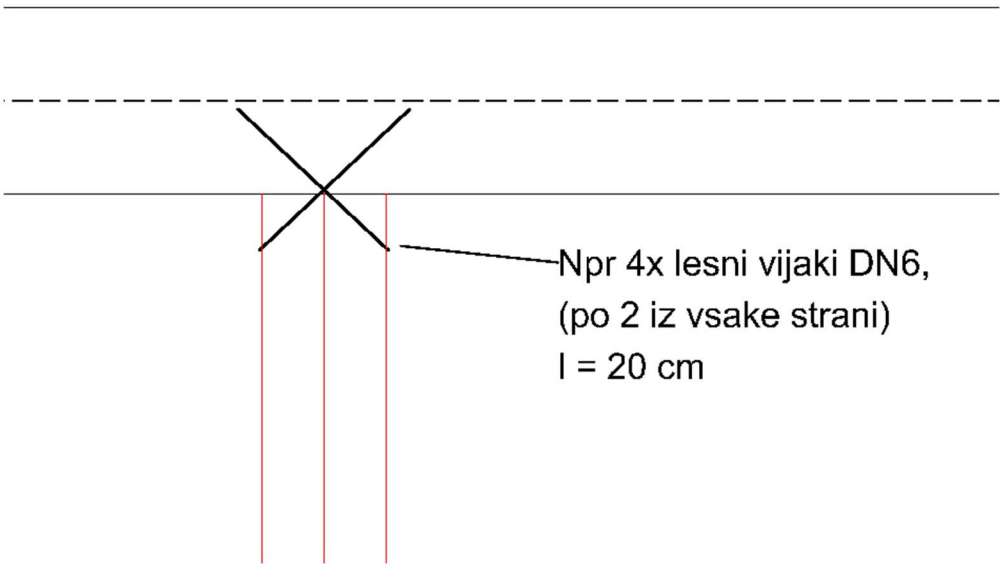
Iz zgornjih rezultatov je razvidno, da je izkoriščenost prereza vzdolžnih leg na mestu vmesne liniji 2 v mejnem stanju nosilnosti (MSN) 1,25. To pomeni, da je izkoriščenost prereza za 25% prekoračena. Pri vmesni legi 1 in pri slemenski legi je izkoriščenost prereza znotraj dovoljenih meja.

Pri mejnem stanju uporabnosti (MSU) je izkoriščenost vmesne lege 1 za 15% in vmesne lege 2 za 68% prekoračena. Pri slemenski legi je le ta manjša od 1,0, torej znotraj dovoljenih meja.

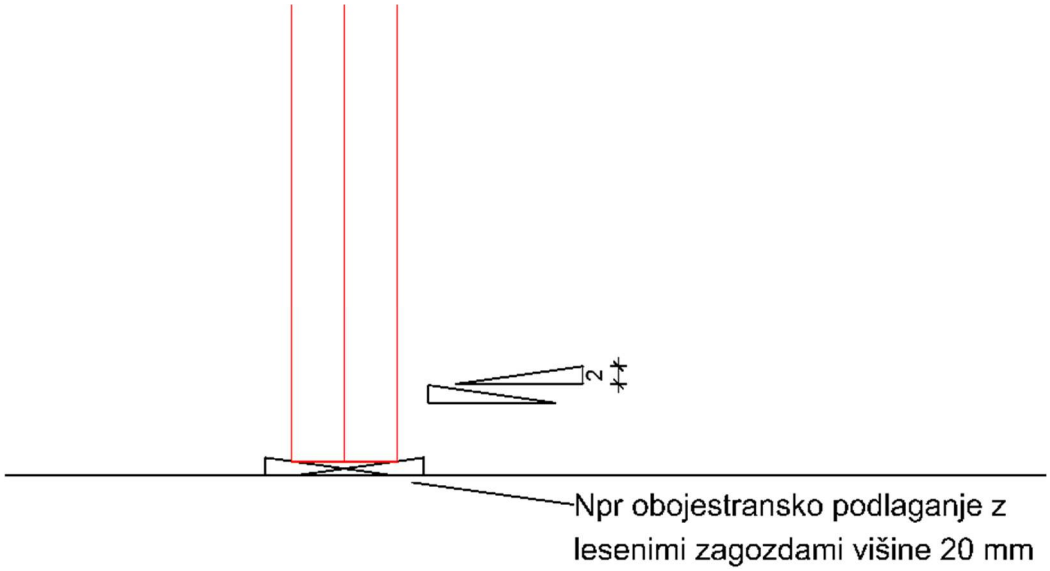
Zaradi prevelike izkoriščenosti se predlaga, da se vmesni legi 1 in vmesna lega 2 dodatno podpreta z lesenimi stebri 14/14 cm, približno na sredini polja (glej sliko 58). S tem ukrepom vplivamo ugodno tudi na spodnjo AB ploščo, saj se strešna obtežba bolj enakomerno prerazporedi po plošči.



Slika 58 – Prikaz dodatnih vmesnih podpor vzdolžne lege

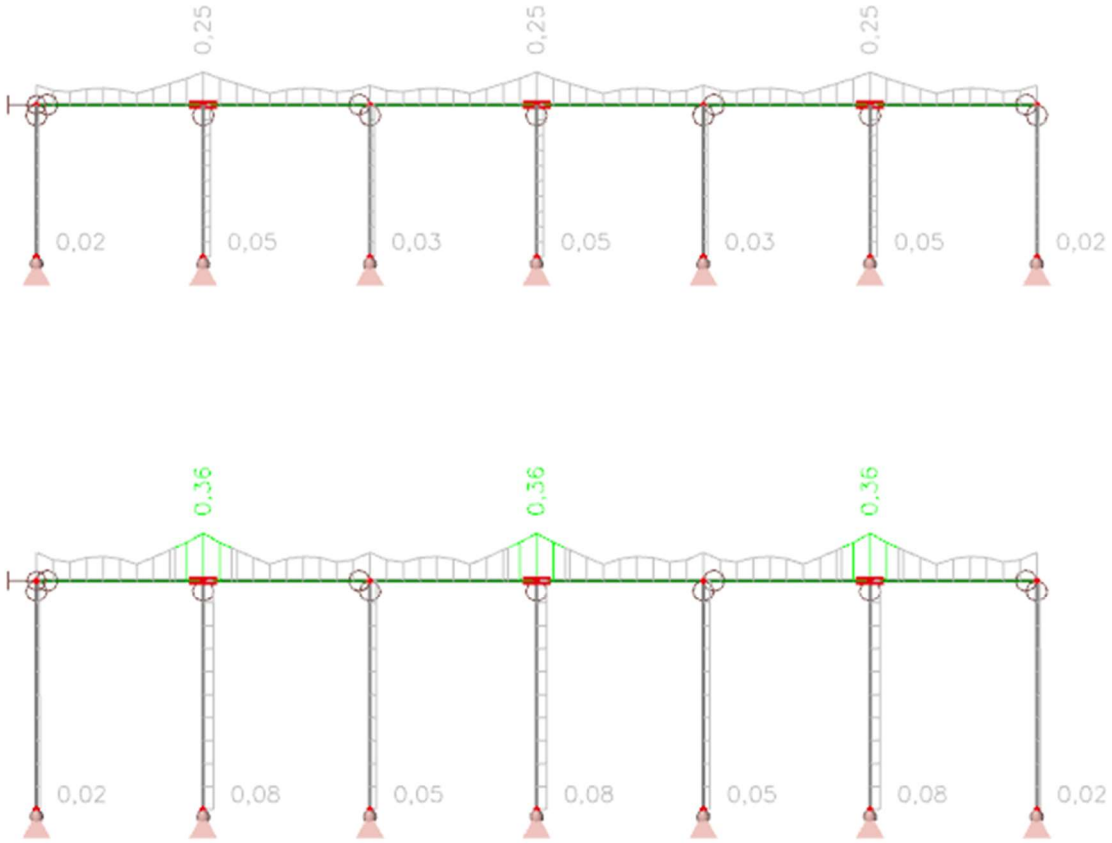


Slika 59 – Prikaz stikovanja na mestu steber/vzdolžna lega



Slika 60 – Prikaz stikovanja na spodnjem delu

V primeru dodatnih stebrov pri vmesnih legah 1 in vmesnih legah 2 je izkoriščenost le teh manjša od 1, kar prikazuje naslednja slika:



Slika 61– Prikaz izkoriščenosti leg v primeru dodatnega podpiranja

16.2 Zamenjava dotrajanih elementov

Pri pregledu ostrešja se je pokazalo, da so nektateri elementi že dotrajani in jih je potrebno Pred montažo SE zamenjati oziroma dodatno ojačati. Na naslednjih straneh so prikazani nakteri izmed njih.



Slika 62 – Prikaz dotrajanih remeljnev na ostrešju učilnice



Slika 63 – Prikaz dotrajanih remeljnev na ostrešju učilnice



Slika 64 – Prikaz povešenih škari



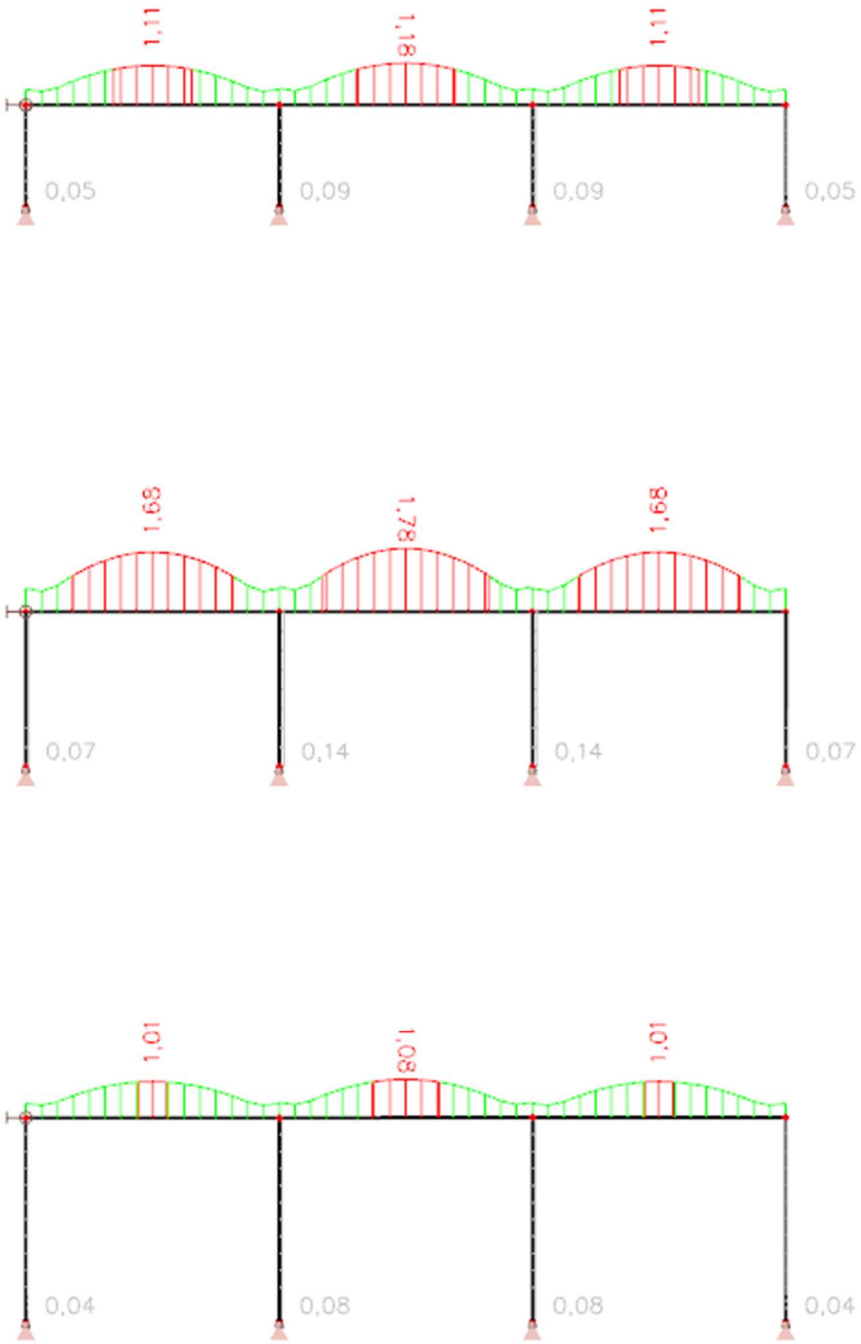
Slika 65 – Prikaz dotrajane lege pri okenski odprtini



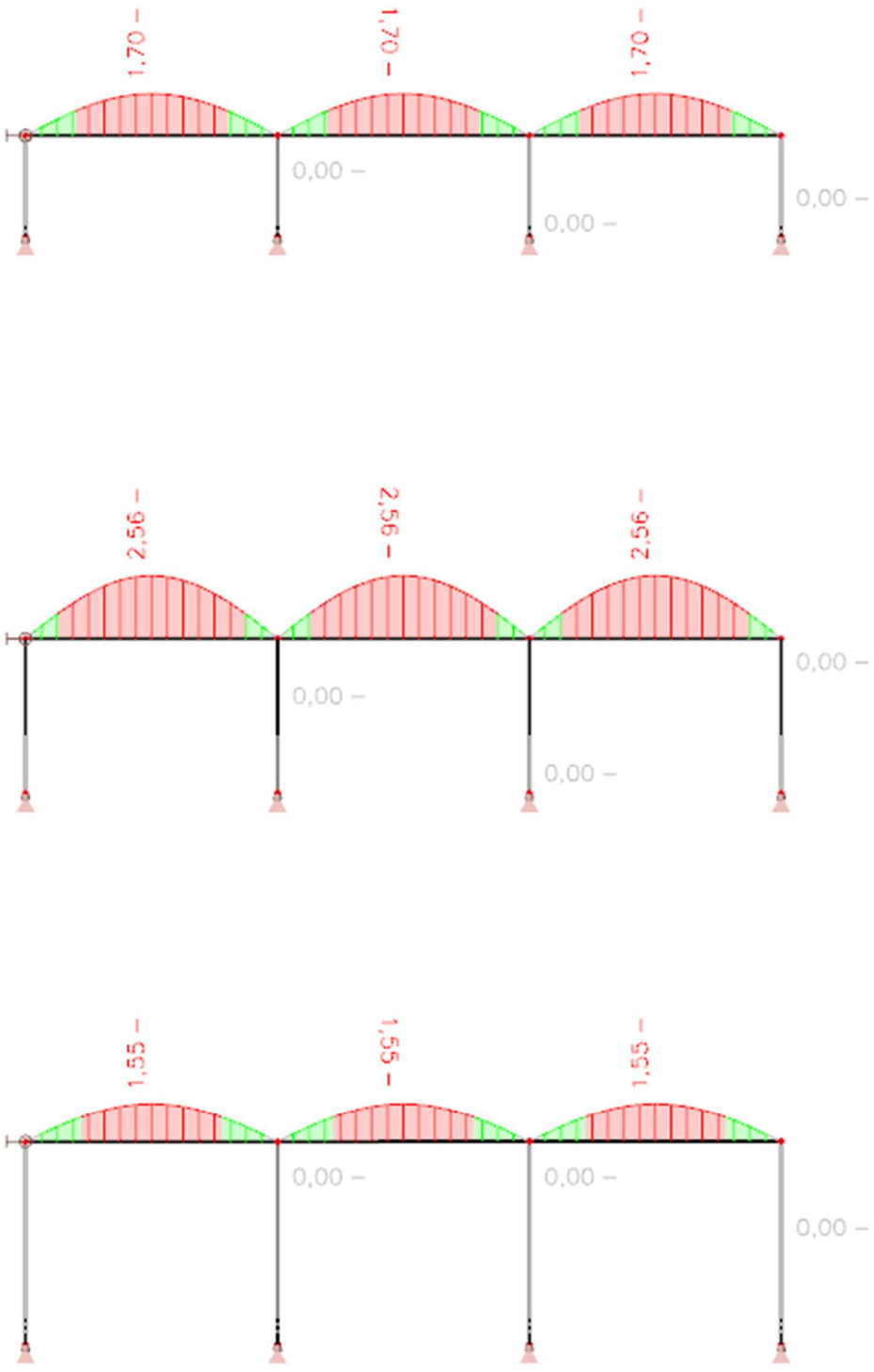
Slika 66 – Prikaz slabo pritrjen ročice

16.3 Ostrešje nad kuhinjo

Ostrešje nad kuhinjo je podobne zasnove kot ostrešje nad učilnicami. Izkaže so, da so tudi v tem primeru vzdolžne lege preobremenjene, ostali elementi ostrešja pa so znotraj dovoljenih meja.



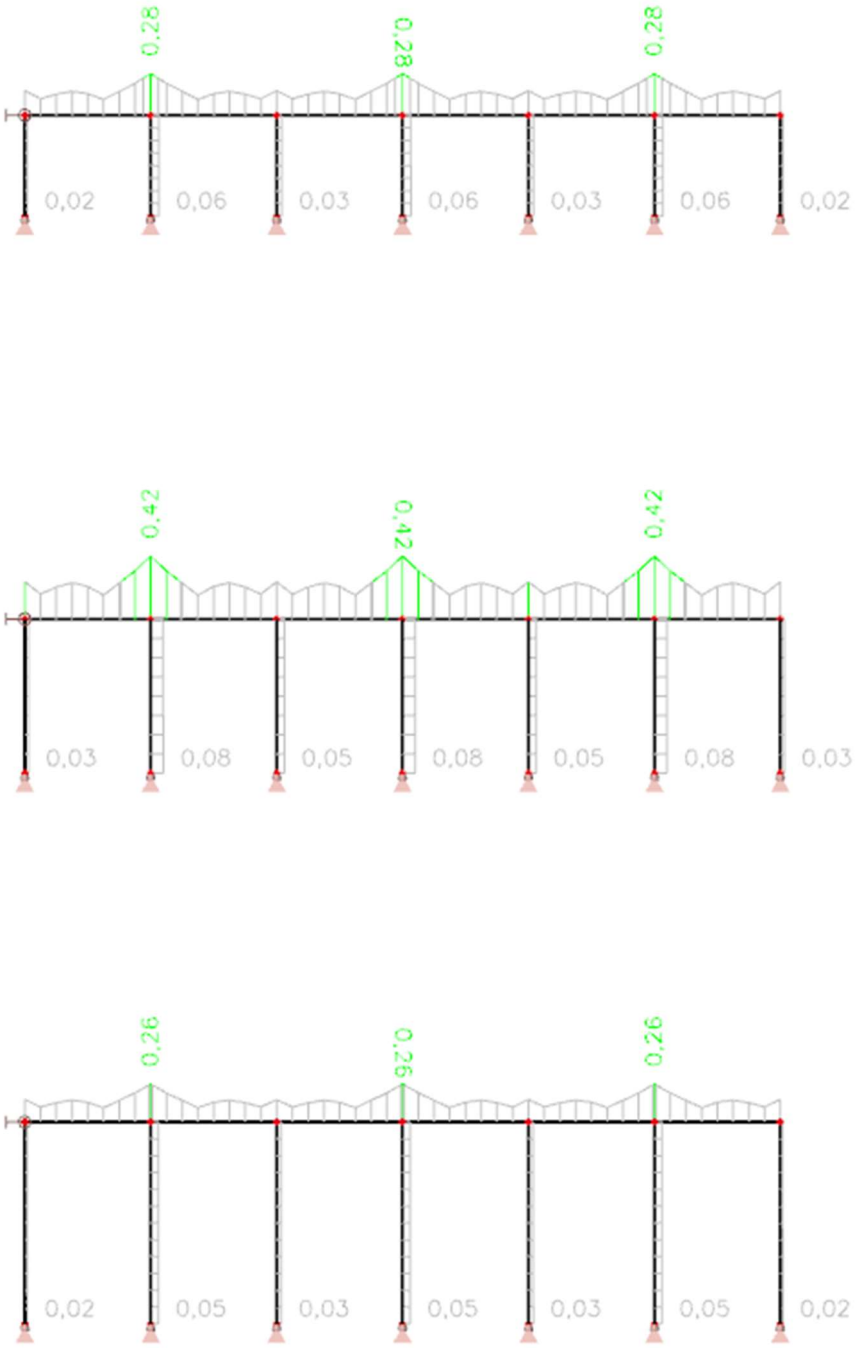
Slika 67 – Kontrola izkoriščenosti prečnega prereza vzdolžnih leg



Slika 68 – Kontrola pomikov vzdolžnih leg

Lege so v tem primeru podprte na razdalji 400 cm (pri ostrešju nad učilnicami 350 cm) in posledično so le te še bolj obremenjene. Izkaže se, da je potrebna dodatna vmesna podpora v vseh treh linijah (vmesna linija 1, vmesna linija 2 in slemenska linija). Predlaga se enak ukrep kot pri ostrešju učilnice (glej slike 58-60).

V primeru izvedbe dodatnega podpiranja je izkoriščenost vzdolžnih leg naslednja:



Slika 69 – Kontrola pomikov prečnega prereza

16.4 Ostrešje prizidka VZHOD in ZAHOD ter prizidka k telovadnici

Na naslednjih straneh so najprej prikazani rezultati za ostrešja za zahodni prizidek. Preverili smo ustreznost vzdolžnih leg in stebrov. Ker so vzdolžne lege pri zahodnem prizidku bolj obremenjene kot pri vzhodnem, z dokazom ustreznosti prerezov zahodnega dela zadostimo tudi vzhodnemu prizidku.

16.4.1 Uporabljeni prečni prerezi

Name	Type	Item material	A [m^2]	A_y [m^2]	I_y [m^4]	$W_{el.y}$ [m^3]	$W_{pl.y}$ [m^3]	Colour
	Detailed			A_z [m^2]	I_z [m^4]	$W_{el.z}$ [m^3]	$W_{pl.z}$ [m^3]	
CS1	RECT	C24 (EN 338)	2,0125e-02	1,6781e-02	5,1361e-05	5,8698e-04	7,1926e-04	
	115; 175			1,6775e-02	2,2179e-05	3,8573e-04	4,7265e-04	

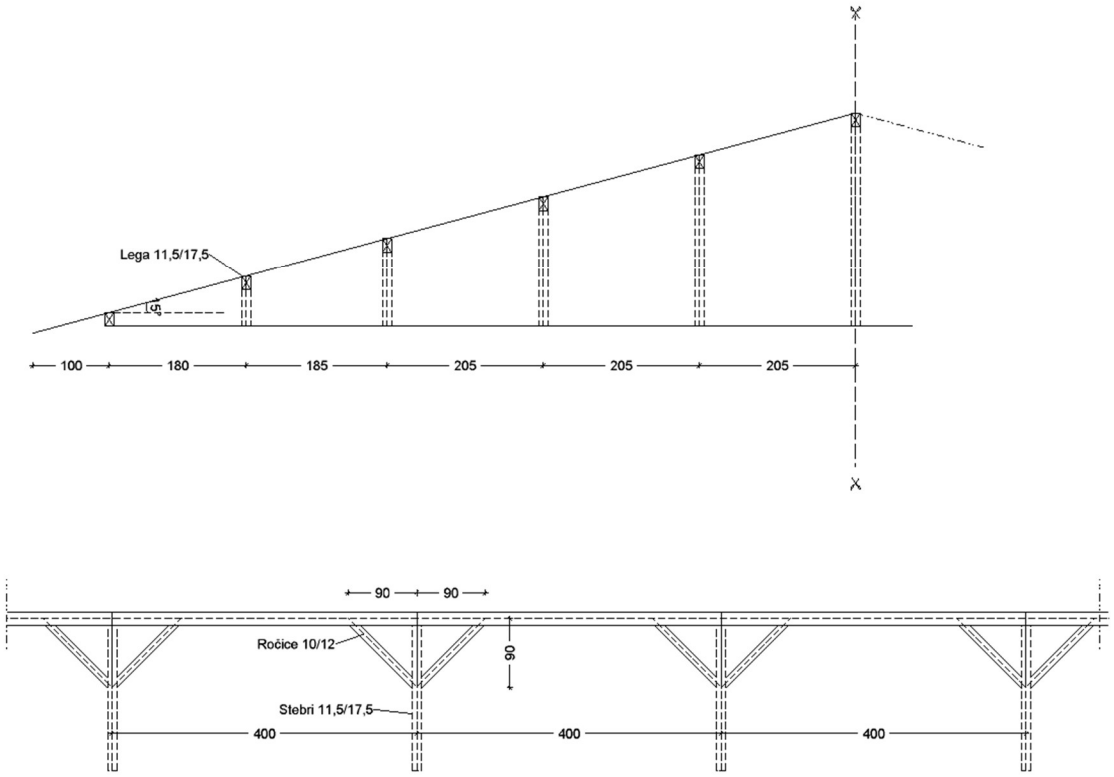
16.4.2 Obtežba

Name	Description	Action type	Load group	Direction	Duration	Master load case
	Spec	Load type				
LC1	Lastna	Permanent	LG1 - Stalna	-Z		
		Self weight				
LC2	Stalna	Permanent	LG1 - Stalna			
		Standard				
LC3	Sneg	Variable	LG2 - Sneg		Medium	None
	Standard	Static				
LC4	Veter	Variable	LG3 - Veter		Short	None
	Standard	Static				

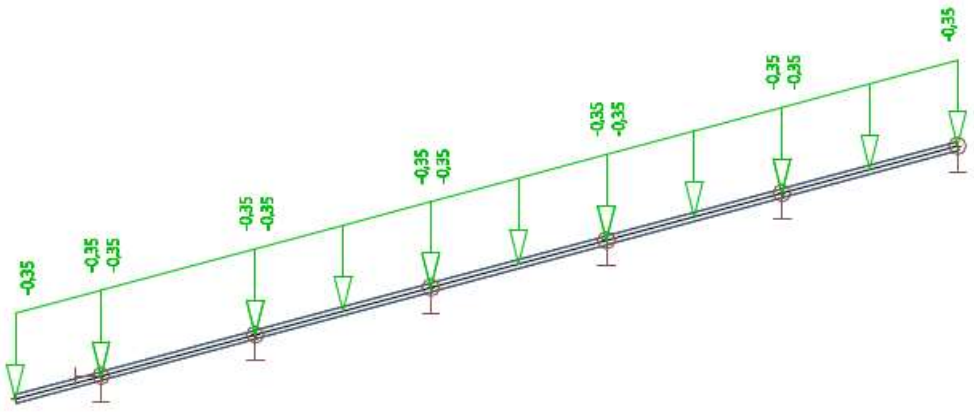
16.4.3 Kombinacije

Name	Description	Type	Load cases	Coeff. [-]
GZT		EN-ULS (STR/GEO) Set B	LC1 - Lastna	1,00
			LC2 - Stalna	1,00
			LC3 - Sneg	1,00
			LC4 - Veter	1,00
GZG		EN-SLS Characteristic	LC1 - Lastna	1,00
			LC2 - Stalna	1,00
			LC3 - Sneg	1,00
			LC4 - Veter	1,00

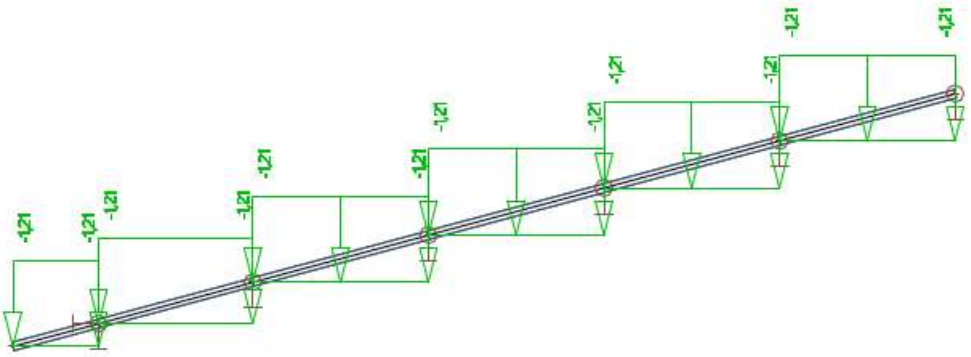
16.4.4 Vzdolžne lege



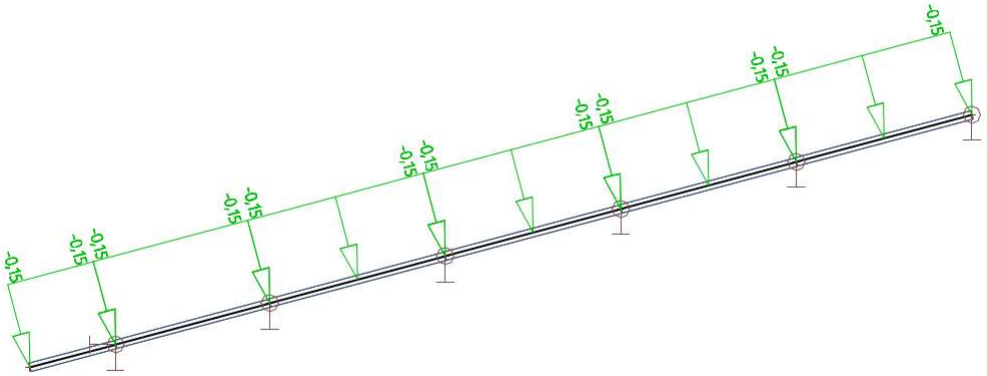
Slika 70 – Statični sistem



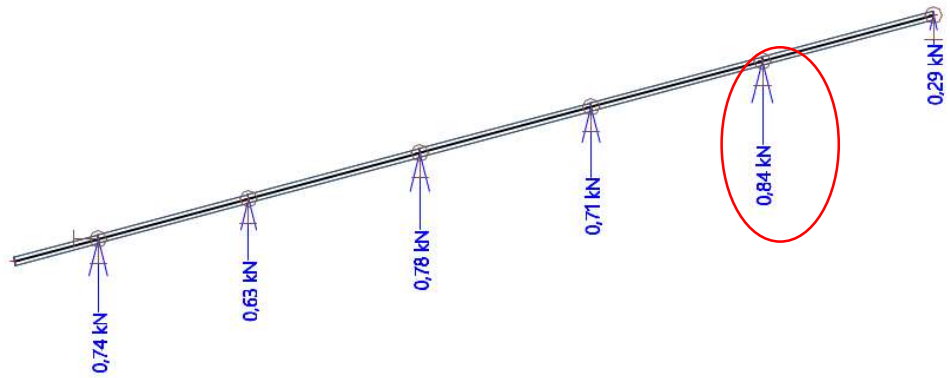
Slika 71 - Stalna obtežba



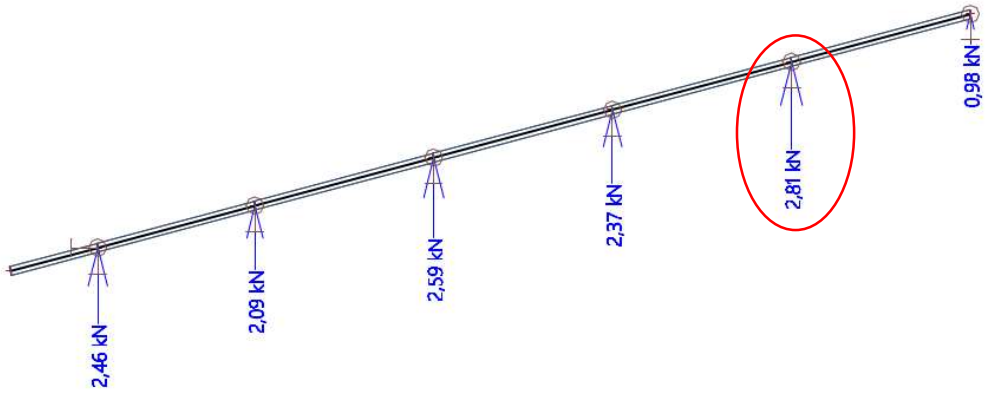
Slika 72 – Obtežba snega



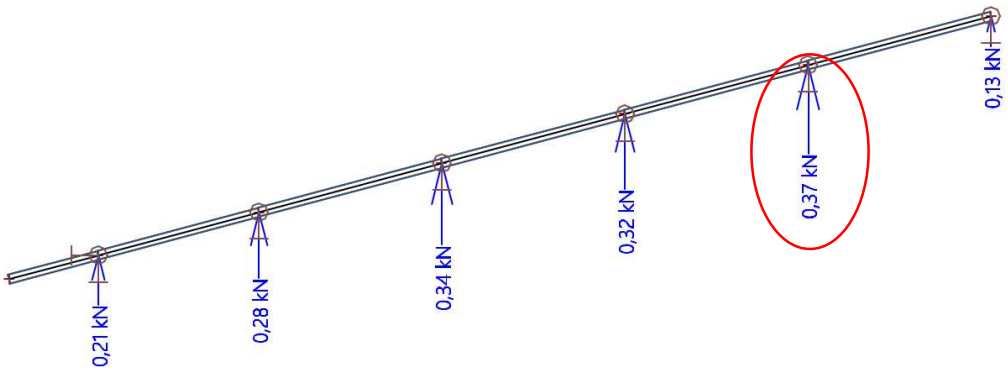
Slika 73 – Obtežba vetra



Slika 74 – Največja reakcija stalne obtežbe

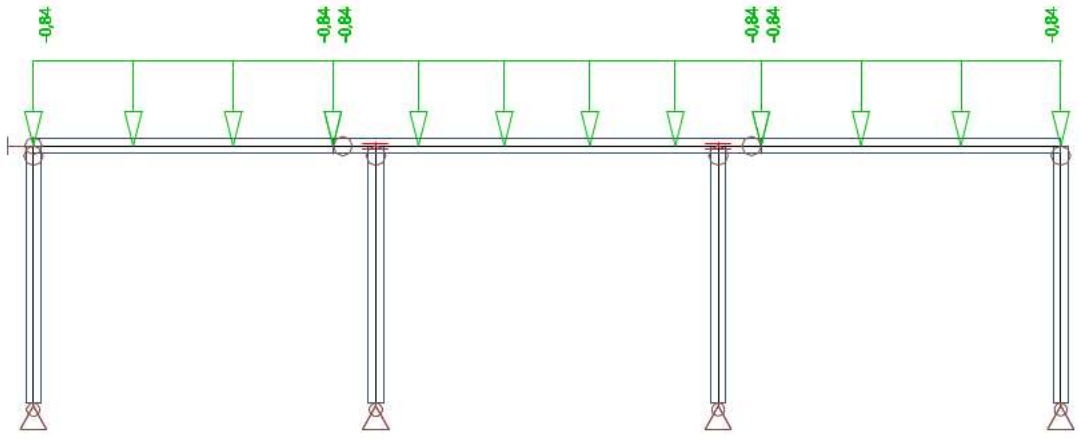


Slika 75 – Največja reakcija obtežbe snega

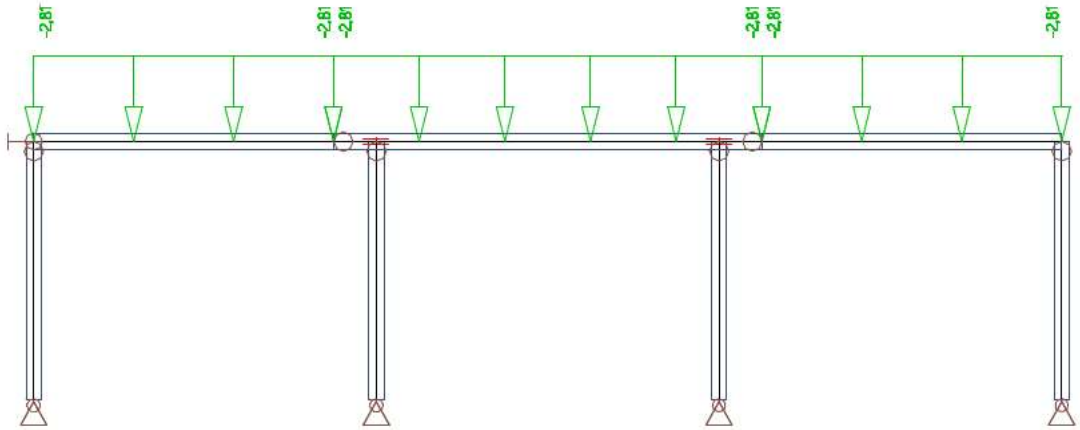


Slika 76 – Največja reakcija obtežbe vetra

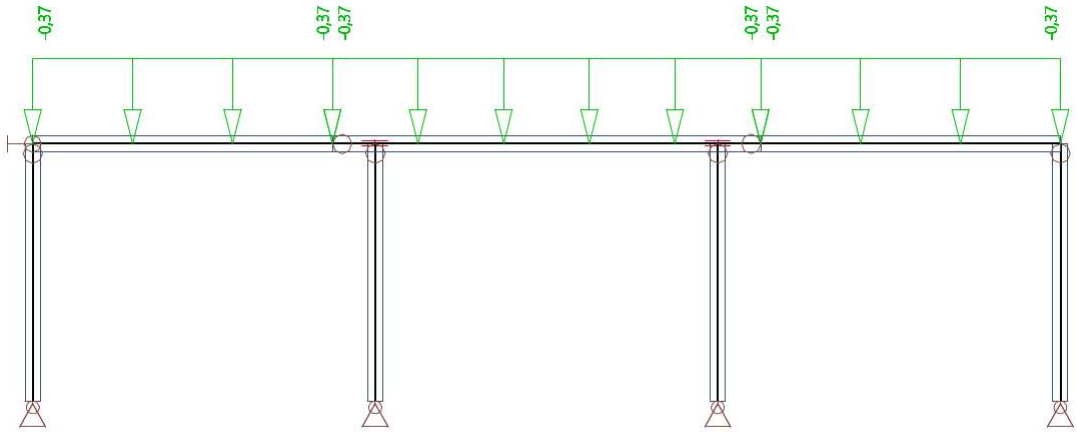
Pri kontroli vzdolžne lege smo upoštevali največjo reakcijo posameznih obtežb na slikah 74-76.



Slika 77 – Stalna obtežba vzdolžnih leg

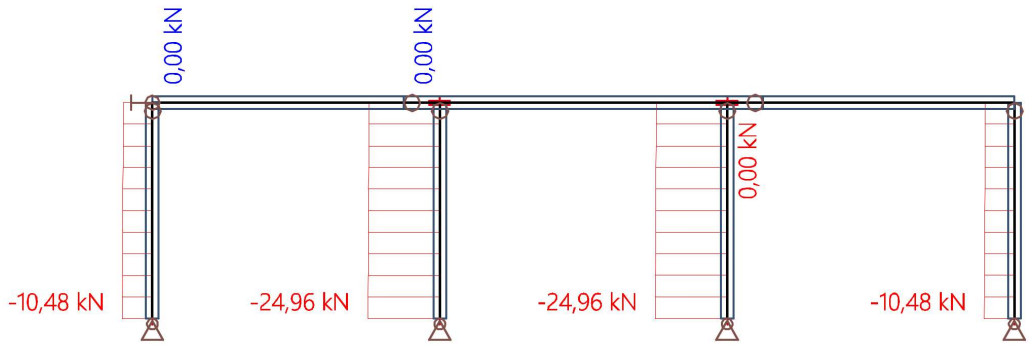


Slika 78 –Obtežba snega vzdolžnih leg

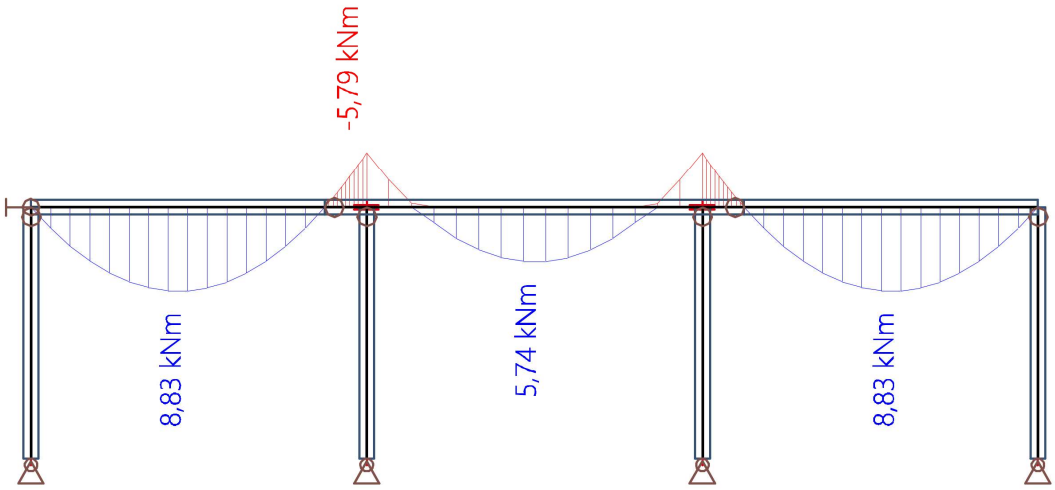


Slika 78 –Obtežba vetra vzdolžnih leg

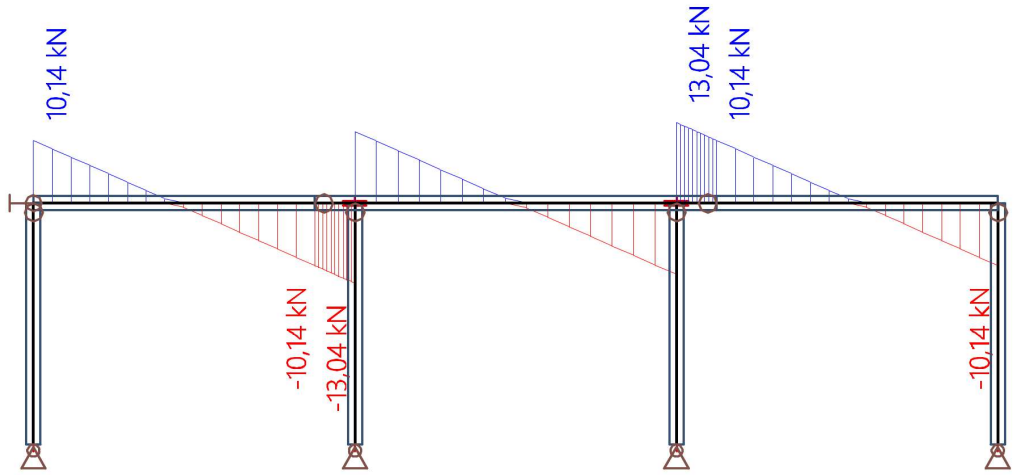
16.4.5 Rezultati



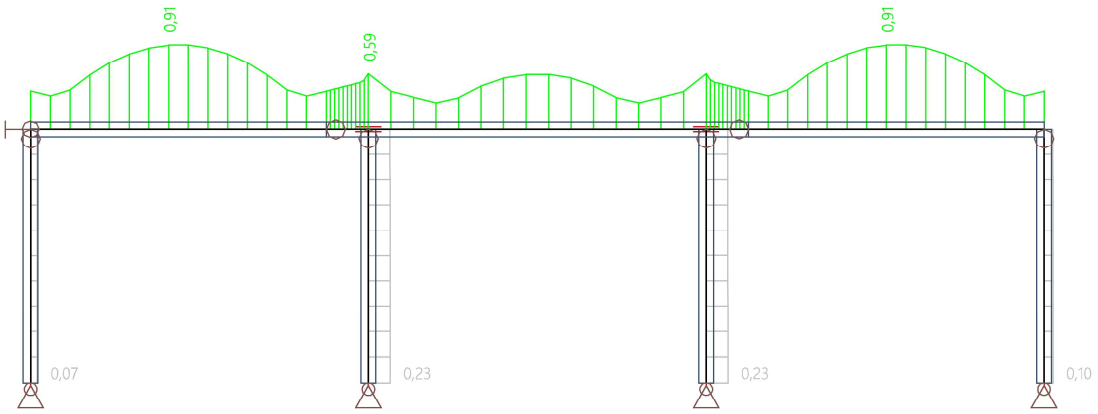
Slika 79 – Osna sila Nx



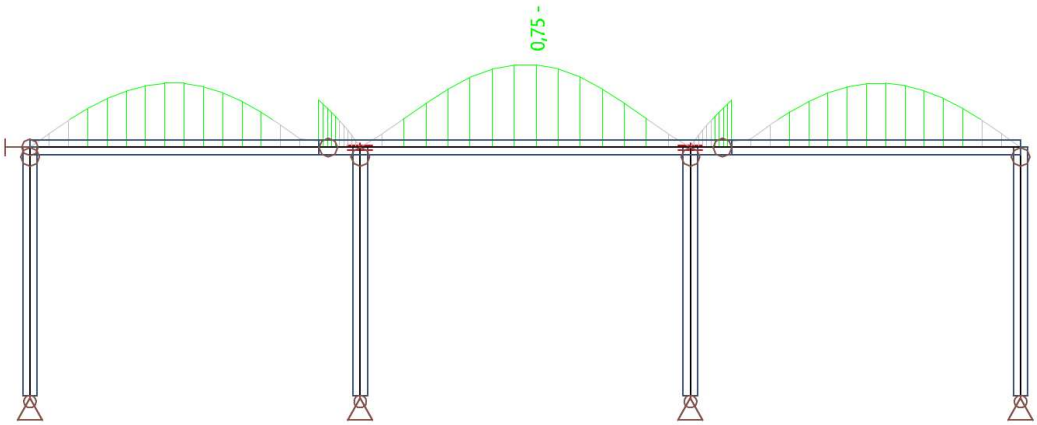
Slika 80 – Upogibni moment My



Slika 81 – Prečna sila Vz



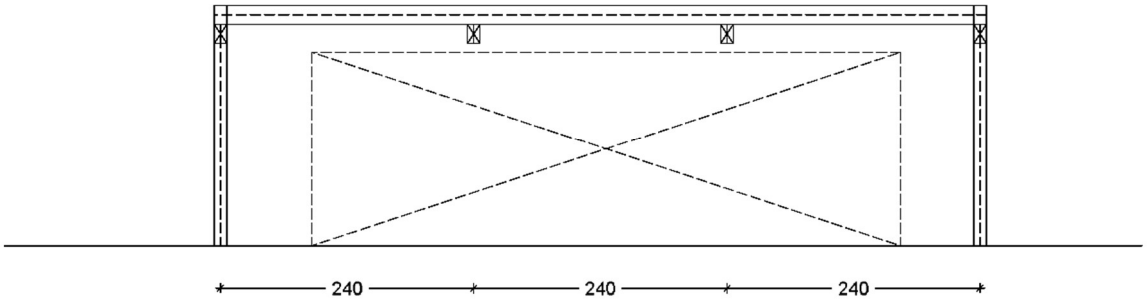
Slika 82 – Kontrola izkoriščenosti prečnega prereza vzdolžnih leg



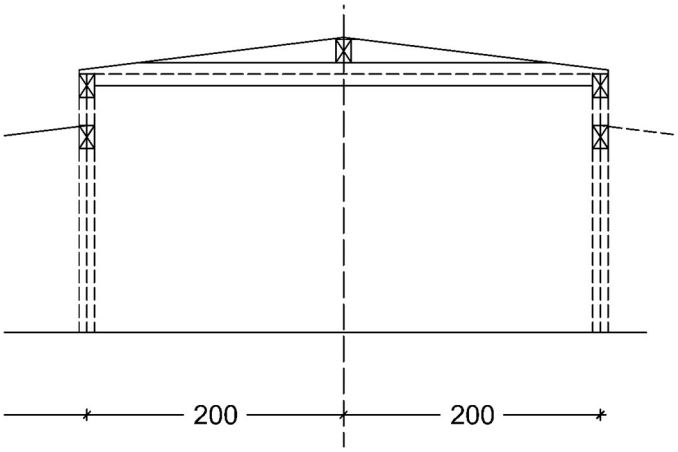
Slika 83 – Kontrola pomikov vzdolžnih leg

Izkaže se, da je zadoščeno tako pogoju nosilnosti prečnega prereza v mejnem stanju nosilnosti kot tudi pogoju pomikov v mejnem stanju uporabnosti, saj je izkoriščenost prereza v obeh primerih manj od ena. Tako lahko zaključimo, da je ostrešje vzhodnega in zahodnega dela prizidka ustrezno.

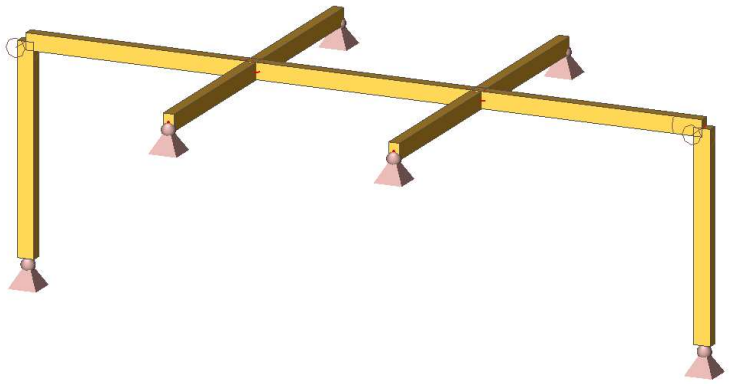
V nadaljevanju prikažemo še rezultate za prizidek k telovadnici. Najprej smo obravnavali nadvišani del (slika 84), ki je sestavljen iz slemenske lege in dveh prečnih leg, ki delujejo kot dodatni podpori slemena. Rekacija le teh pa obremenjuje vzdolžne lege sistema.



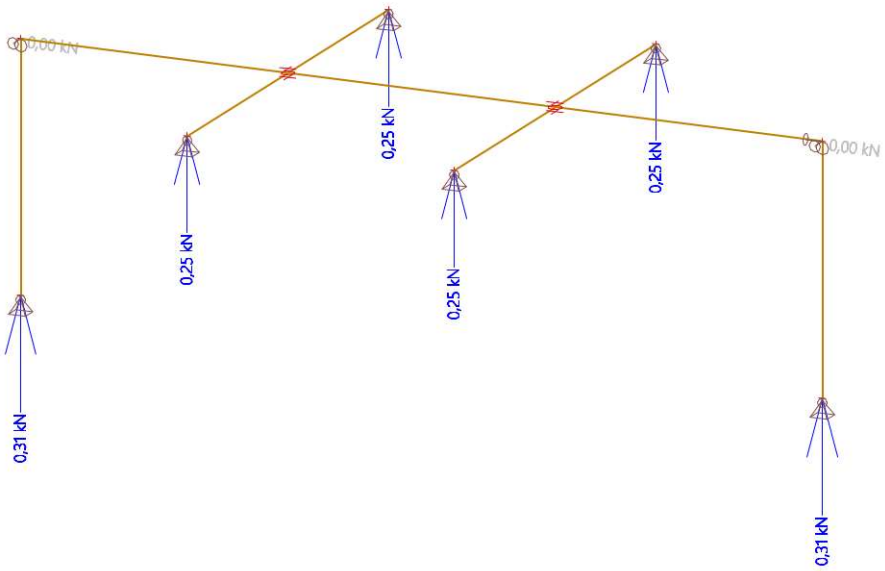
Slika 84 – Prikaz vzdolžnega prereza nadvišanega dela



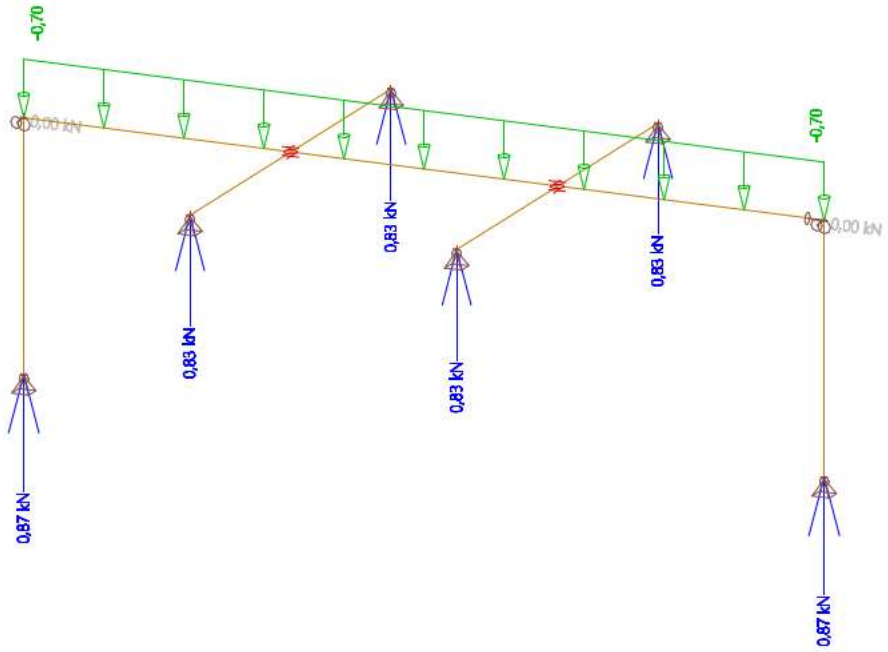
Slika 85 – Prikaz prečnega prereza nadvišanega dela



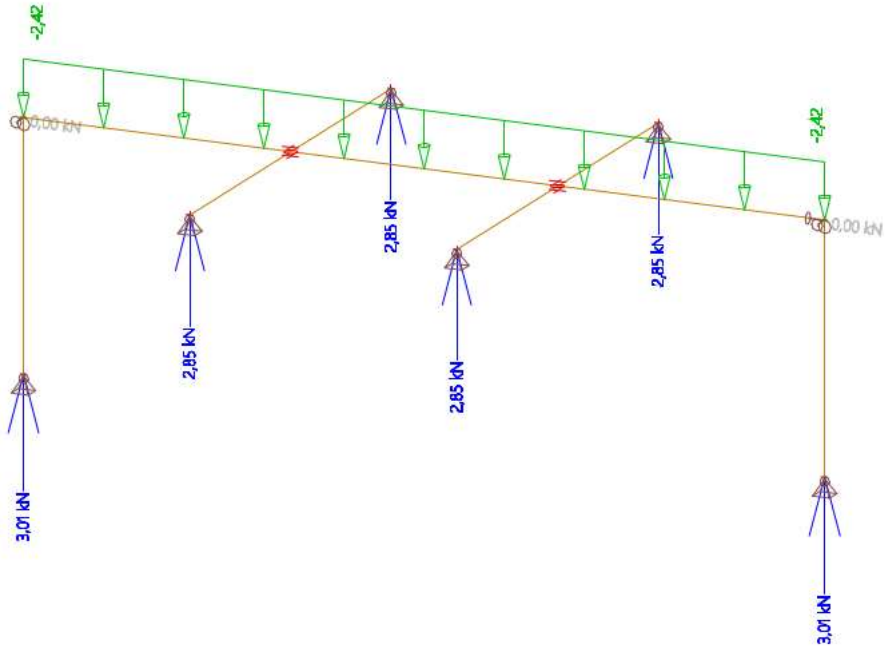
Slika 86 – prikaz 3-d sistema nadvišanega dela



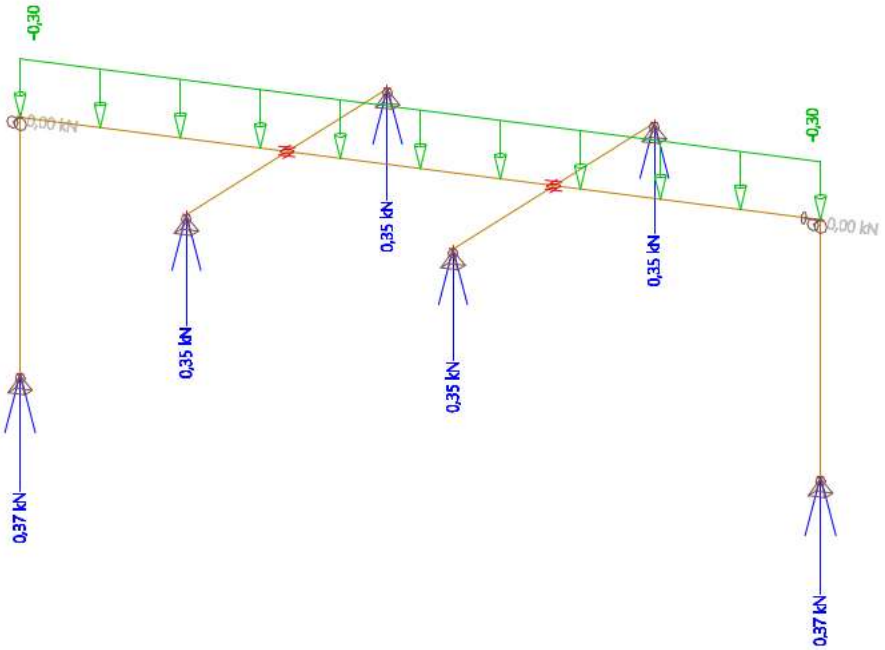
Slika 87 – prikaz reakcije od lastne teže



Slika 88 – prikaz reakcije od stalne obtežbe

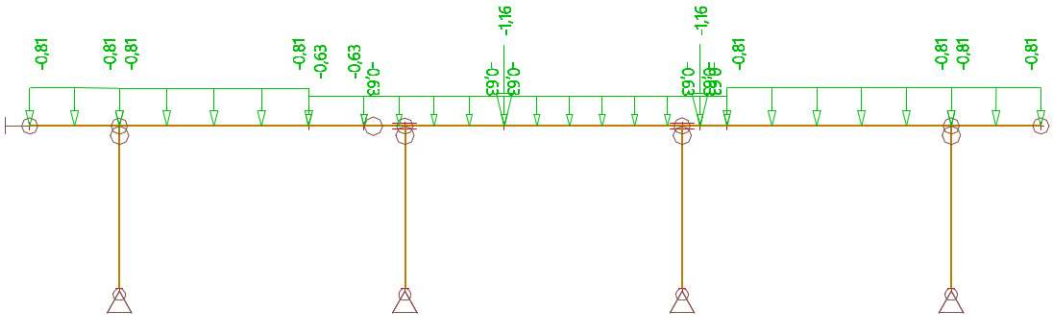


Slika 89 – prikaz reakcije od obtežbe snega

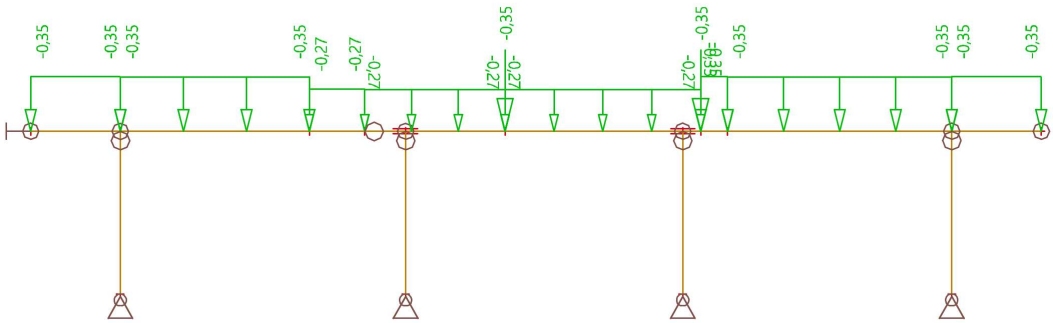


Slika 90 – prikaz reakcije od obtežbe vetra

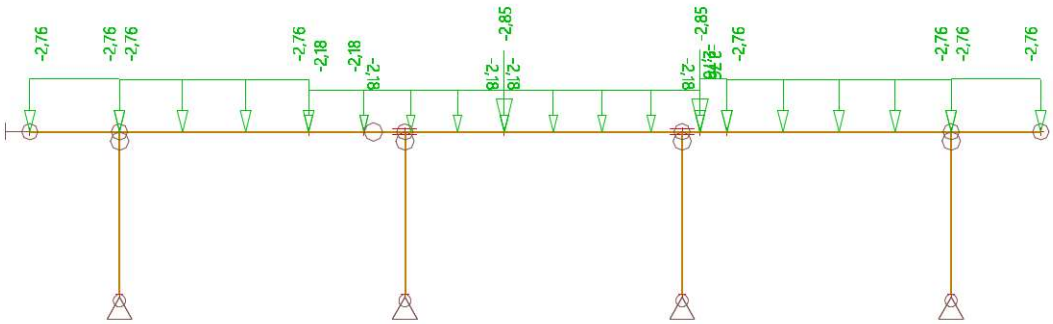
Po podobnem postopku kot pri prizidku zahod smo določili še reakcije iz ostalega dela ostrešja. Tako smo dobili naslednji sistem za preračun vzdolžnih leg:



Slika 91 – Stalna + lastna obtežba vzdolžnih leg

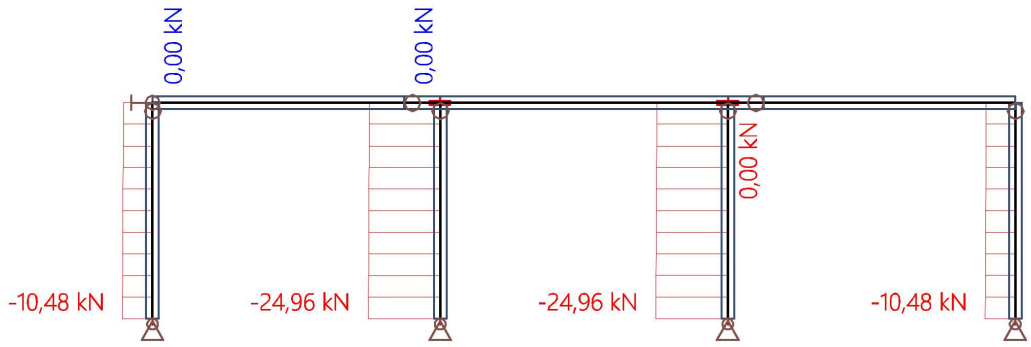


Slika 92 –Obtežba snega vzdolžnih leg

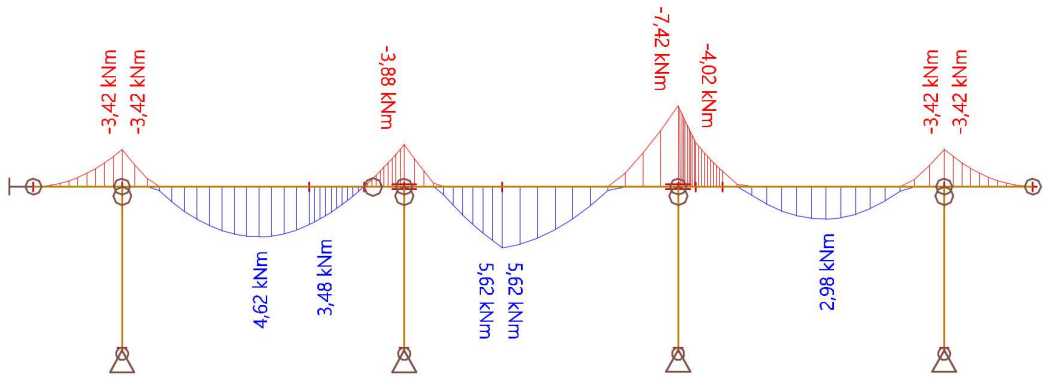


Slika 93 –Obtežba vetra vzdolžnih leg

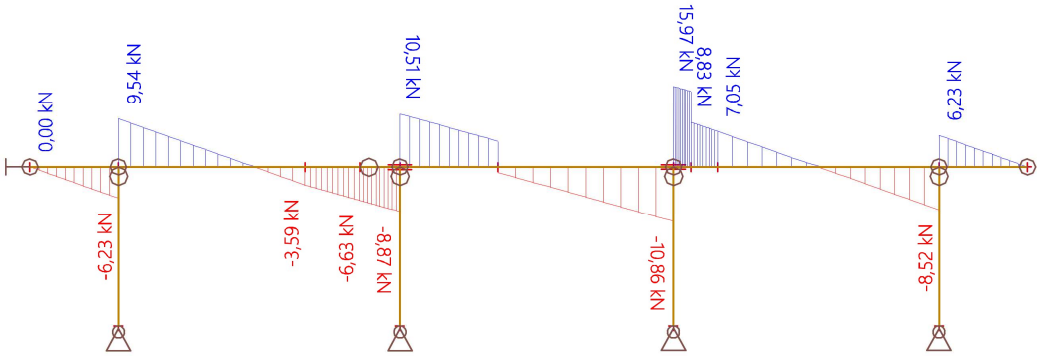
16.4.6 Rezultati



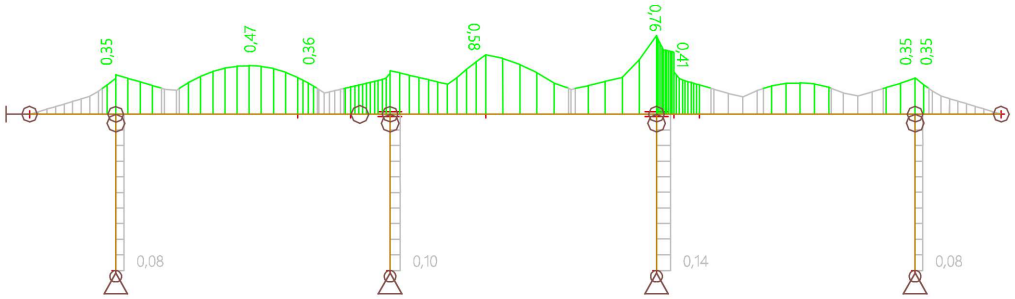
Slika 79 – Osna sila Nx



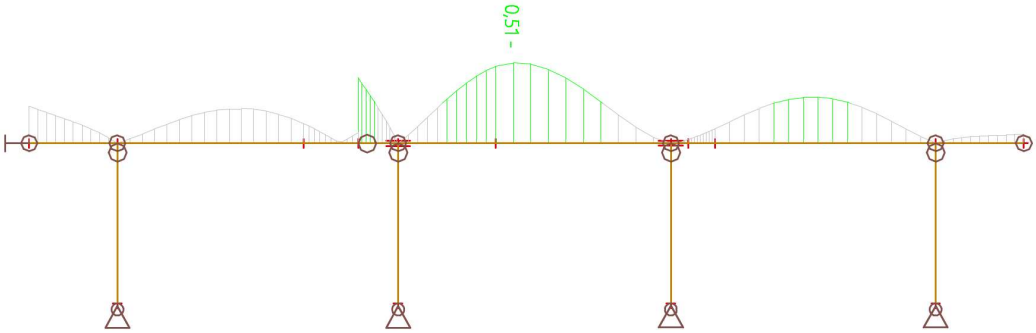
Slika 80 – Upogibni moment My



Slika 81 – Prečna sila Vz



Slika 82 – Kontrola izkoriščenosti prečnega prereza vzdolžnih leg



Slika 83 – Kontrola pomikov vzdolžnih leg

Izkaže se, da je zadoščeno tako pogoju nosilnosti prečnega prereza v mejnem stanju nosilnosti kot tudi pogoju pomikov v mejnem stanju uporabnosti, saj je izkoriščenost prereza v obeh primerih < 1. Tako lahko zaključimo, da je tudi ostrešje prizidka k telovadnici ustrezno.

Ravno tako, kot pri prvotnem ostrešju (nad učilnicami in nad kuhinjo) je potrebno tudi ostrešja prizidkov dobro pregledati in zamenjati morebitne poškodovane elemente. Na naslednjih straneh so prikazani nekateri izmed njih.



Slika 93 – Prikaz slabega spoja vzdolžnih diagonal pri vzhodnem prizidku



Slika 93 – Prikaz dotrajane lege pri prizidku k teelovadnici

17. Zaključek

Preverili smo ostrešje objekta na naslovu Mengeška cesta 7b, 1236 Trzin. Gre za objekt, kjer se nahajata naslednji dve merilni mesti:

- OŠ Trzin, Mengeška cesta 7B, Trzin, merilno mesto 3-10134,
- Vrtec Trzin, Mengeška cesta 7B, Trzin, merilno mesto 3-3281.

Kontrole nosilnost kritičnih konstrukcijskih elementov **pri prvotnem delu [1]** so pokazale, da je potrebno za dodatna obremenitev ostrešja, ki je posledica montaže sončne elektrarne izvesti določene statične utrditve, ki so opisane v tem elaboratu (glej strani 47-50, 54-56). Po izvedbi teh utrditev bodo zahteve standardov Evrokod izpolnjene.

Kontrole nosilnost kritičnih konstrukcijskih elementov **pri prizidku [2]** so pokazale, da dodatna obremenitev, ki je posledica montaže sončne elektrarne, **ne bo odločilno spremenila njegove mehanske odpornosti in stabilnosti**. Zahteve standardov Evrokod so na tem delu objekta izpolnjene.

V elaboratu smo opozorili tudi na določene pomanjkljivosti in na dotrajenost posameznih strešnih elementov katere je potrebno pred namestitivijo SE utrditi oziroma zamenjati.

Opomba:
Pravilnost oziroma točnost statičnih izračunov in predpostavk iz načrtov gradbenih konstrukcij PGD ter pravilnost podatkov iz načrtov arhitekture PID, ki so služili kot osnova za izdelavo mnenja, niso predmet te statične presoje. Enako velja za lokalno mehansko odpornost strešnih nosilcev in gred na mestih pritrditev podkonstrukcije SE ter tudi za nosilnost same podkonstrukcije SE. Napake v izvedbi oziroma neskladnost izvedbe s projektno dokumentacijo niso odgovornost izdelovalca te presoje, temveč izvajalca in nadzornika pri gradnji.